# Utjecaj sušnog stresa na urod zrna, morfološka i agronomska svojstva ozime pšenice

Ivanka Habuš Jerčić1, Marijana Barić1, Snježana Kereša1, Hrvoje Šarčević1, Jerko Gunjača1, Ivica Buhiniček2

1Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska (ihabus@agr.hr)

2Bc Institut d.d. Zagreb, Dugoselska 7, Dugo Selo, Hrvatska

**Sažetak**

Stres suše u pojedinim godinama ograničava proizvodnju pšenice u Hrvatskoj smanjujući urod i do 50%. Cilj ovog rada je bio utvrditi reakciju na sušu u nalijevanju zrna za šest genotipova ozime pšenice, 12 morfoloških i agronomskih svojstva, te utvrditi utjecaj svojstava na formiranje uroda. Najveće smanjenje u suši utvrđeno je za urod zrna po klasu i masu 1000 zrna, a značajno su se smanjili i urod, broj klasova po m2, broj zrna u klasu, hektolitarska masa i žetveni indeks. Genotipovi kod kojih je utvrđen najveći urod u suši su Kaja i ZGM3. Na formiranje većeg uroda u suši utjecali su broj klasova po m2, broj zrna u klasu i masa 1000 zrna.

**Ključne riječi**: pšenica, tolerantnost na sušu, morfološka svojstva, agronomska svojstva

**Uvod**

Pojava i intenzitet suše razlikuje se s obzirom na proizvodno područje te vegetacijsku godinu. Tri su važne fenološke faze u razvoju pšenice tijekom kojih nedostatak vode različito utječe na rast i razvoj: faza klijanja zrna i rani porast, vegetativna faza rasta i faza cvatnje i nalijevanja zrna (Fukai i Cooper, 1995). U Hrvatskoj se suša u proizvodnji pšenice javlja rjeđe u nicanju, a češće u nalijevanju zrna smanjujući urod kod osjetljivih genotipova i do 50% (Barić i sur., 2008). Tolerantnost genotipa na sušu uvjetovana je brojnim fiziološkim i morfološkim svojstvima, međutim oplemenjivači najčešće kao glavni kriterij za utvrđivanje tolerantnosti koriste rodni potencijal i stabilnost uroda zrna kod različitih intenziteta sušnog stresa (Ahmad i sur., 2003).

Selekcija tolerantnih genotipova na sušu je zahtjevna zbog velikog broja mehanizama kojima se biljka prilagođava na stres. Komponente uroda se mogu djelomično kompenzirati jedna s drugom, a uspješnost kompenzacije ovisi o trajanju i intenzitetu sušnog stresa. Kompenzaciju komponenta uroda kontroliraju kompleksni mehanizami otpornosti pojedinog genotipa (Kostukova i sur., 2008).

Cilj ovog rada bio je utvrditi reakciju na sušu induciranu u nalijevanju zrna za šest genotipova ozime pšenice, 12 morfoloških i agronomskih svojstava, te utvrditi utjecaj svojstva na formiranje uroda.

**Materijal i metode**

U istraživanje je bilo uključeno šest genotipova (Kuna, Karla, Kaja, ZGM3, ZGM11, ZGM6) ozime pšenice iz oplemenjivačkog programa Zavoda za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Pokus je bio postavljen tijekom vegetacijske godine 2009/2010. na eksperimentalnom polju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, prema shemi slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja i dvije okoline: kontrola – poljski uvjeti koji su definirani uvjetima vegetacijske godine (količina oborina koje je usjev primio u vegetaciji) i suša – potaknuti vodni stres (uskraćena količina oborina u periodu nakon cvatnje do žetve). Sušni uvjeti su osigurani tako što je iznad pokusa za vrijeme oborina (kiše) postavljen mobilni krov, dok je preostalo vrijeme pokus bio nenatkriven. Razlika u količini oborina između kontrole i suše iznosila je 160 mm oborina. U žetvenoj zriobi uzeti su uzorci od po deset klasova (iz svakog genotipa i svake repeticije), te požete parcelice na kojima su analizirana i izmjerena slijedeća svojstva (Tablica 1).

Tablica 1. Prikaz agronomskih i morfoloških svojstava

|  |  |
| --- | --- |
| **Svojstva analizirana i izračunata na osnovi 10 klasova** | **Svojstva mjerena i izračunata na osnovu parcelice (2 m2)** |
| 1Duljina zadnjeg internodija (cm) (DUZI)  2Relativna duljina zadnjeg internodija (cm)(RDZI)  3Relativna izduženost zadnjeg internodija (%) (RIZI)  4Duljina klasa (cm) (DUKL)  Broj zrna u klasu (BRZUKL) | 5Visina genotipa do baze klasa (cm) (VISB)  Broj klasova po m2  (BRKLM)  Masa 1000 zrna (g) (MTZ)  Urod zrna po klasu (g) (UZKL)  Urod (t ha-1)  Žetveni Index (%) (ŽI)  Hektolitarska masa (kg hl-1) (HL) |

1 **Duljina zadnjeg internodija** je udaljenost od zadnjeg nodija do baze klasa,2 **Relativna izduženost zadnjeg internodija i**zračunata je dijeljenjem relativne duljine zadnjeg internodija s duljinom zadnjeg internodija, 3 **Relativna duljina zadnjeg internodija** je udaljenost od završetka rukavca lista zastavice do baze klasa, 4 **Duljina klasa** mjerena je od baze klasa do vrha vršnog klasića, ne uključujući osje, 5 **Visina genotipa** mjerena od tla do baze klasa (cm) u nalijevanju zrna

Analiza varijance šest genotipova provedena je za urod, urod zrna po klasu, masu 1000 zrna, broj zrna u klasu, broj klasova po m2, hektolitarsku masu i žetveni indeks. Genotipovi su uzeti kao fiksni efekti, a okoline te interakcija genotip x okolina kao slučajni efekti. Za usporedbu genotipskih prosjeka korišten je Bonferronijev test za višestruke usporedbe. Sve statističke analize izvedene su pomoću statističkog programa SAS (SAS Institute, 2007).

**Rezultati i rasprava**

Analizom varijance za morfološka svojstva utvrđena je značajna razlika među genotipovima za visinu biljke, duljinu zadnjeg internodija, relativnu izduženost zadnjeg internodija te relativnu duljinu zadnjeg internodija, dok za okolinu i interakciju genotip x okolina nije utvrđena značajna razlika ni za jedno svojstvo (Tablica 2). Dobiveni rezultati u suglasnosti su s rezultatima Van Ginkel i sur. (1998) koji također nisu utvrdili značajnu razliku među okolinama za navedena morfološka svojstva. Razlog tome je što je stres suše nastupio nakon što su ta svojstva bila već determinirana.

Tablica 2. Rezultati analiza varijance morfoloških svojstava

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Izvor |  | Svojstva | | | | |
| varijabilnosti | n-1 | VISB | DUZI | RDZI | RIZI | DUKL |
| Genotip (G) | 5 | 4,48\*\* | 20,55\*\* | 30,95\*\* | 19,56\*\* | 1,48 |
| Okolina (O) | 1 | 3,38 | 0,1 | 1,08 | 0,76 | 0,11 |
| G x O | 5 | 0,54 | 0,09 | 0,75 | 1,4 | 0,55 |

Analiza varijance agronomskih svojstava u dvije okoline (suša, kontrola) ukazuje na postojanje statistički značajne razlike između genotipova i okolina za broj klasova po m2, žetveni indeks, hektolitarsku masu, masu 1000 zrna i urod, dok je značajna razlika među okolinama utvrđena za broj zrna u klasu i urod zrna po klasu (Tablica 3). Interakcija genotip x okolina nije bila značajna niti za jedno od navedenih svojstava.

Tablica 3. Rezultati analize varijance agronomskih svojstava i uroda

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Izvor |  | Svojstva | | | | | | |
| varijabilnosti | n-1 | BRZUKL | BRKLM | UZKL | MTZ | HL | ŽI | UROD |
| Genotip (G) | 5 | 2,13 | 20,72\*\* | 2,32 | 8,87\*\* | 9,77\*\* | 5,47\*\* | 13,07\*\* |
| Okolina (O) | 1 | 9,59\*\* | 13,29\*\* | 12,59\*\* | 49,08\*\* | 8,55\*\* | 15,46\*\* | 28,12\*\* |
| G x O | 5 | 0,82 | 1,14 | 0,78 | 2,02 | 0,39 | 0,39 | 2,2 |

Kod testiranih genotipova utvrđeno je značajno smanjenje vrijednosti svojstava u suši u odnosu na kontrolu za broj klasova po m2, broj zrna u klasu, urod zrna po klasu, masu 1000 zrna, hektolitarsku masu i žetveni indeks (Tablica 4). Urod zrna po klasu i masa 1000 zrna svojstva su najosjetljivija na stres suše, budući da je kod njih utvrđeno najveće smanjenje u odnosu na kontrolu od 17% i 12%. Ovi rezultati u suglasnosti su s rezultatima Entz i Fowler (1990) koji su utvrdili da sušni stres usporava formiranje komponenti uroda koje se aktivno razvijaju u vrijeme suše.

Tablica 4. Srednje vrijednosti genotipova za svojstva u kontroli (K) i suši (S)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GENOTIP | BRKLM2 | | BRZUKL | | UZKL (g) | | MTZ (g) | | HL  (kg hl-1) | | ŽI (%) | | UROD  (t ha-1) | |
|  | K | S | K | S | K | S | K | S | K | S | K | S | K | S |
| Kuna | 619 | 606 | 53 | 45 | 2,3 | 2 | 52,7 | 48 | 79,8 | 79,5 | 43,6 | 39,7 | 9,2 | 7,7 |
| Karla | 638 | 522 | 48 | 47 | 2,2 | 2 | 48,3 | 42,3 | 81,1 | 79,1 | 45,8 | 41,7 | 8,5 | 7,4 |
| Kaja | 812 | 723 | 44 | 42 | 2,1 | 1,9 | 49,7 | 45 | 80,6 | 79,1 | 50,2 | 46,3 | 11,2 | 9,3 |
| ZGM3 | 617 | 611 | 53 | 45 | 2,2 | 1,7 | 44 | 39,3 | 82,4 | 81,6 | 52 | 45,1 | 9,5 | 9,3 |
| ZGM11 | 560 | 489 | 54 | 47 | 2,7 | 2,1 | 52,7 | 43,7 | 78,3 | 76,6 | 50 | 46,1 | 9 | 8,5 |
| ZGM6 | 543 | 477 | 46 | 43 | 2,1 | 1,9 | 58,7 | 45,3 | 81,8 | 80,8 | 44,5 | 42,6 | 9,2 | 8,7 |
| Prosjek | 632 | 571 | 19 | 18 | 2,3 | 1,94 | 51 | 43,94 | 80,7 | 79,47 | 47,7 | 43,58 | 9,4 | 8,47 |
| K-S | 60,31\*\* | | 0,75\*\* | | 0,36\*\* | | 6,06\*\* | | 1,33\*\* | | 4,12\*\* | | 0,93\*\* | |

Urod (prosjek pokusa) se značajno smanjio u stresu suše (Tablica 4). Kod šest genotipova urod se kretao od 8,5 t ha-1 do 11,2 t ha-1 u kontroli i od 7,4 t ha-1 do 9,3 t ha-1 u suši. Kaja (11,2 t ha-1; 9,3 t ha-1) i ZGM3 (9,5 t ha-1; 9,3 t ha-1 ) su genotipovi koji su ostvarili najviši urod u kontroli i suši (Grafikon 1). Kod sorte Kaje utvrđeno je i najveće smanjenje uroda u suši, što je u suglasnosti sa Sio Se Mardeh i sur. (2006) koji su također utvrdili da su visokourodni genotipovi pokazali najveće smanjenje uroda. Kaja i linija ZGM3 su u suši ostvarile jednak urod, međutim Kaja je u suši smanjila urod za 17%, a linija ZGM3 je smanjila svega 2%. Budući da se tolerantnost na sušu, sa agronomskog stajališta, može objasniti kao sposobnost genotipa da zadrži visoki urod i u sušnim uvjetima (Clarke i McCaig, 1982), možemo liniju ZGM3 smatrati tolerantnom na sušu.

Grafikon 1. Urod (t ha-1) u kontroli (K) i suši (S)

Genotipovi su urod ostvarili kombinacijom različitih komponenti uroda. Sorta Kaja ostvarila je velik urod u suši kroz veći broj klasova po m2 i veću masu 1000 zrna, dok je linija ZGM3 velik urod ostvarila kroz, prije svega, veći broj zrna u klasu, a zatim i velikog broja klasova po m2 (Tablica 4).

Budući da je broj klasova po m2 komponenta uroda koja se formira ranije u vegetaciji, sušni stres induciran u nalijevanju zrna ne bi trebao značajno utjecati na smanjenje ove komponente. Međutim u provedenom istraživanju utvrđeno je značajno smanjenje broja klasova po m2 u suši. Duggan i suradnici (2000) pretpostavljaju da je smanjenje broja vlati tijekom vegetacije rezultat ograničenih resursa (vode, hranjiva) nakon vlatanja u toku vegetativnog rasta i razvoja, a vrlo malo pod utjecajem sušnog stresa u nalijevanju zrna. Ipak prema brojnim autorima ovo svojstvo je vrlo važno za postizanje visokog uroda u sušnim uvjetima (Garcia del Moral i sur., 2003; Van Ginkel i sur., 1998), što je dokazano i u provedenom istraživanju.

**Zaključak**

Suša u nalijevanju zrna je značajno utjecala na smanjenje uroda kao i broja klasova po m2, broja zrna u klasu, uroda zrna po klasu, mase 1000 zrna, hektolitarske mase i žetvenog indeksa. Najveće smanjenje u suši utvrđeno je za urod zrna po klasu i masu 1000 zrna. Genotipovi kod kojih je utvrđen najveći urod u suši su Kaja i ZGM3. Linija ZGM3 smanjila je urod za 2% u suši i možemo je smatrati tolerantnom na sušu u nalijevanju zrna. Visokorodna sorta Kaja usprkos najvećem gubitku uroda u suši ostvarila je visok urod. Linija ZGM3 zbog njezine visokorodnosti te kao izvor gena za tolerantnost na sušu može se koristiti kao roditelj, a sorta Kaja se može preporučiti za proizvodnju u područjima koja imaju sušu u periodu nalijevanja zrna.

**Napomena**

Istraživanja neophodna za ovaj rad dio su projekta 178-1780691-2043 kojeg financira MZOŠ RH.

**Literatura**

Ahmad R., Qadir S., Ahmad N., Shah K. H. (2003). Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. International Journal of Agriculture and Biology 5: 7-9.

Barić M., Kereša S., Habuš Jerčić I., Havrda S., Gelenčir D. (2008). Evaluation and characterization of Croatian winter wheat genotypes (T. aestivum L.) for drought tolerance. Cereal Research Communcations 36: 1031-1034.

Clarke J. M., McCaig T. N. (1982). Evaluation techniques for screening for drought resistance in wheat. Crop science 22: 503-506.

Duggan B. L., Domitruk D. R., Fowler D. B. (2000). Yield component variation in winter wheat grown under drought stress. Canadian Journal of Plant Science80:739-745.

Entz M. H., Fowler D. B. (1990). Differential agronomic response of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. Crop Science 30: 1119-1123.

Fukai S., Cooper M. (1995). Development of drought-resistant cultivars using physio-morphological traits in rice. Field Crops Research 40:67-86.

Garcia del Moral L. F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in Durum Wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. Agronomy Journal 95: 266-274.

Kostukova G., Todorova R., Sokthivelu G., Akitha Devi M. K., Giridhar P., Rajasekaran T., Ravishankar G. A. (2008). Response of Bulgarian and Indian soybean genotypes to drought and water deficiency in field and laboratory conditions. General and Applied Plant Physiology 34: 239-250.

SAS Institute Inc. (2007). SAS/STAT® 9.2 User’s Guide. Second Edition. SAS Institute Inc Cary NC

Sio-Se Mardeh A., Ahmadi A., Poustini K., Mohammadi V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research98: 222-229.

Van Ginkel M., Calhoun D. S., Gebeyehu G., Miranda A., Tian-you C., Pargas Lara R., Trethowan R. M., Sayre K., Crossa J., Rajaram S. (1998). Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. Euphytica 100: 109–121.

# Effects of Drought Stress on Grain Yield, Morphological and Agronomic Traits of Winter Wheat

**Abstract**

Drought stress is limiting wheat production in Croatia in some years, reducing the yield to 50%. The aims of this study were to determine the response of six winter wheat genotypes, 12 morphological and agronomic traits to drought in the grain filling period, and to determine the impact of traits on yield formation. The largest decrease in drought was found for grain yield per spike and 1000 grain weight, and significant reduction were determined for yield, number of spikes per m2, number of grains per spike, test weight and harvest index. Genotypes with the highest yield in drought condition were Kaja and ZGM3. The formation of higher yield in drought was influenced by the number of spikes per m2, number of grains per spike and 1000 grain weight.

**Key words**: wheat, drought tolerance, morphological traits, agronomic traits