

## **ANALIZA ZMIAN W STANIE UWODNIENIA LIŚCI KUKURYDZY PODDANYCH SUSZY I ŻEROWANIU PRZĘDZIORKA CHMIELOWCA (*TETRANYCHUS URTICAE* KOCH)**

ANNA CZAPLA, MICHAŁ ŚWIĄTEK, MAŁGORZATA KIELKIEWICZ

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu  
Katedra Entomologii Stosowanej  
Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
anna\_czapla@wp.pl

### **I. WSTĘP**

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) jest rośliną uprawną o wysokim potencjale plonotwórczym. W Polsce, od 1995 roku, areał tej uprawy systematycznie wzrasta. Wysokie i dobre jakościowo plony mogą być jednak ograniczane przez wiele czynników klimatycznych, w tym długotrwałe okresy suszy (Michalski 2009), w czasie których dodatkowym zagrożeniem stają się fitofagi (Bereś 2007).

W warunkach suszy glebowej, ograniczenie względnej zawartości wody (RWC) najwcześniej następuje w liściach (Kacperska 2002). Deficyt wody w roślinach kukurydzy negatywnie wpływa na wzrost komórek, sprawność aparatu fotosyntetycznego, transpirację, pobieranie i transport substancji odżywczych (Tanguilig i wsp. 1987; Ephrath i Hesketh 1991; Reddy i wsp. 2004; Michałek i Borowski 2005). Zwiększa się też poziom osmoprotektantów, dochodzi do nadprodukcji reaktywnych form tlenu ( $O_2^-$ ,  $^1O_2$ , OH,  $H_2O_2$ ), co skutkuje uszkodzeniem błon komórkowych i rozprężeniem metabolizmu w kierunku wzmożenia aktywności białek obronnych i gromadzenia związków metabolizmu wtórnego (Gershenson 1984; Zhang i Kirkham 1994; English-Loeb i wsp. 1997; Hasegawa i Bressan 2000; Jung 2004; Reddy i wsp. 2004; Moussa i Abdel-Aziz 2008).

Stres suszy w zróżnicowany sposób modyfikuje wzrost, przeżywalność i tempo rozwoju szkodników (Mellors i wsp. 1984; Klubertanz i wsp. 1990; English-Loeb i wsp. 1997; Sadras i wsp. 1998; Inbar i wsp. 2001; Huberty i Denno 2004).

W literaturze przedmiotu, brak jest danych porównujących reakcje kukurydzy na krótkotrwały stres suszy i żerowanie szkodników.

Celem badań było określenie stanu uwodnienia liści roślin różnych odmian kukurydzy w zależności od czasu trwania suszy glebowej i żerowania przędziorka chmielowca

(*Tetranychus urticae* Koch) (Acarina: Tetranychidae), roztocza, który obok szkodników owadzych chętnie zasiedla uprawę kukurydzy.

## II. MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w dwóch seriach, w warunkach szklarniowych. Do badań wybrano kukurydzę zwyczajną (*Z. mays*): 1) odmianę Bosman (Hodowla Roślin Smolice), 2) transgeniczną odmianę MON 810 (DKC 3421 YG, Monsanto) (YG) z ekspresją genu *cry* z *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Berliner), który warunkuje odporność na omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Lepidoptera) i 3) odmianę wyjściową dla MON 810 (DKC 3420, Monsanto) (ISO).

W I serii porównywano wpływ czasu trwania stresu suszy glebowej i żerowania *T. urticae* na względną zawartość wody (RWC) w liściach 3 genotypów (Bosman, YG i ISO) kukurydzy. Rośliny (4-tygodniowe) podzielono na 4 grupy doświadczalne, po 4 rośliny w każdej:

(1) rośliny kontrolne (nietraktowane żadnym czynnikiem stresowym, podlewano codziennie 100 ml H<sub>2</sub>O/doniczkę);

(2) rośliny poddane żerowaniu *T. urticae*;

(3) rośliny poddane suszy glebowej (bez podlewania);

(4) rośliny poddane równocześnie stresowi żerowania i suszy glebowej.

W II serii oceniano zmiany RWC w liściach w różnym wieku 2 genotypów (YG i ISO) kukurydzy traktowanych stresem suszy i żerowania szkodnika. Rośliny (8-tygodniowe) podzielono na 3 grupy doświadczalne, po 3 rośliny w każdej:

(1) rośliny kontrolne;

(2) rośliny poddane żerowaniu *T. urticae*;

(3) rośliny poddane suszy glebowej.

W obu seriach badań na rośliny nakładano 40 samic *T. urticae* na liść 7. (seria I) i na liść 7., 8., 9. (seria II), na okres 4 i 6 dni (seria I) i 6 dni (seria II).

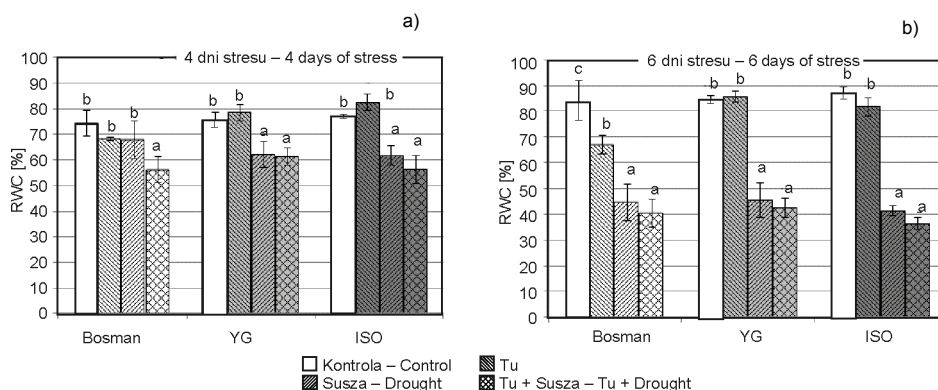
Po 4 i 6 dniach, ze wszystkich roślin wszystkich grup doświadczalnych odcinano liść 7. (seria I) lub liść 7., 8., 9. i 10. (seria II). Ze środkowej części każdego liścia wycinano krążki ( $\varnothing = 20$  mm) i natychmiast ważono (świeża masa, ang. fresh weight, FW). Następnie krążki infiltrowano wodą przez 24 h (temperatura pokojowa/ciemność). Wysycone wodą krążki ponownie ważono (ang. saturated weight, SW). Po wysuszeniu krążków (105°C) określano ich suchą masę (ang. dry weight, DW). RWC obliczano według wzoru:  $RWC (\%) = (FW - DW) / (SW - DW) \times 100\%$ . Zawartość suchej masy w liściach obliczono według wzoru:  $DW (\%) = DW / FW \times 100\%$  (Barrs 1968).

## III. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

### I seria

Zawartość wody w kontrolnych (nietraktowanych stresami) liściach kukurydzy wszystkich genotypów (Bosman, YG i ISO) była bardzo podobna (rys. 1a, b). Bez względu na genotyp, żerowanie *T. urticae* przez okres 4 dni nie wywołało istotnych zmian w zawartości wody w liściu 7., podczas gdy susza spowodowała istotny ubytek

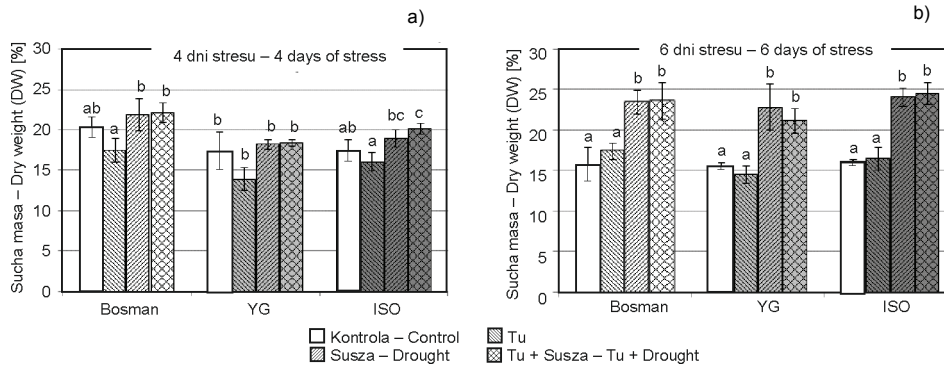
wody u genotypów YG ( $F_{3,12} = 21,99$ ,  $p < 0,0001$ ) i ISO ( $F_{3,12} = 45,19$ ,  $p < 0,0001$ ). Stres podwójny (*T. urticae* + susza) istotnie ograniczył zawartość wody w liściu 7. wszystkich 3 genotypów: Bosman ( $F_{3,12} = 8,70$ ,  $p = 0,0024$ ), YG ( $F_{3,12} = 21,99$ ,  $p < 0,0001$ ) i ISO ( $F_{3,12} = 45,19$ ,  $p < 0,0001$ ). W większości zastosowanych kombinacji, przedłużenie okresu oddziaływania stresów do 6 dni (rys. 1b) pogłębiło zmiany zaobserwowane po 4 dniach. Po 6 dniach żerowania *T. urticae* tylko liść 7. odmiany Bosman wykazywał istotne obniżenie zawartości wody ( $F_{3,12} = 34,44$ ,  $p < 0,0001$ ). W porażonym liściu 7. roślin YG i ISO zawartość wody była porównywalna z jej zawartością w liściu kontrolnym (odpowiednio  $F_{3,12} = 138,21$ ,  $p < 0,0001$ ;  $F_{3,12} = 260,91$ ,  $p < 0,0001$ ). Po 6 dniach oddziaływania suszy oraz 2 stresów jednocześnie, wartość RWC w liściu 7. wszystkich genotypów została ograniczona prawie 2-krotnie (Bosman:  $F_{3,12} = 34,44$ ,  $p < 0,0001$ ; YG:  $F_{3,12} = 138,21$ ,  $p < 0,0001$ ; ISO:  $F_{3,12} = 260,91$ ,  $p < 0,0001$ ) (rys. 1b).



Rys. 1a, b. RWC ( $\bar{x} \pm SD$ ) w liściach 3 genotypów kukurydzy (Bosman, YG, ISO) nietraktowanych (kontrola) i traktowanych przez okres 4 (a) i 6 dni (b) stresami: żerowanie *T. urticae* (Tu); susza glebowa (susza); Tu + susza. Istotność różnic (ANOVA) oceniano po transformacji danych metodą Blissa dla każdego genotypu oddzielnie. Różne litery nad słupkami oznaczają różnice statystycznie istotne przy  $p = 0,05$  (test HSD Tukeya)

Fig. 1a, b. RWC ( $\bar{x} \pm SD$ ) in leaves of 3 maize genotypes (Bosman, YG, ISO) untreated (control) and stress-treated for 4 (a) and 6 days (b) by: *T. urticae* feeding (Tu); soil drought (drought); Tu + drought. Analysis of variance (ANOVA) was estimated after Bliss transformation of data, for each genotype separately. Different letters above the bars indicate significant differences (HSD Tukey test;  $p = 0.05$ )

Zawartość suchej masy w liściu 7. była ściśle uzależniona od wartości RWC (rys. 2a, b). Spośród analizowanych czynników stresowych istotny wzrost kumulacji suchej masy w liściu 7. roślin odmiany Bosman ( $F_{3,12} = 19,66$ ,  $p = 0,0001$ ), YG ( $F_{3,12} = 25,52$ ,  $p < 0,0001$ ) i ISO ( $F_{3,12} = 67,37$ ,  $p < 0,0001$ ) odnotowano po 6 dniach działania suszy i stresu podwójnego. Stwierdzono też interesujące zmiany w zawartości suchej masy w liściu zasiedlonym przez *T. urticae* w zależności od czasu żerowania (rys. 2a, b). Po 4 dniach stresu, zawartość suchej masy uległa obniżeniu i wyrównała się do poziomu kontroli po stresie przedłużonym do 6 dni.

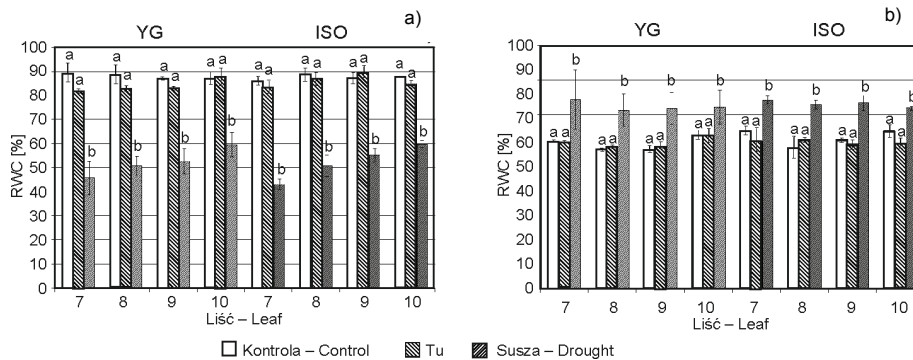


Rys. 2a, b. DW ( $x \pm SD$ ) liści 3 genotypów kukurydzy (Bosman, YG, ISO) nietraktowanych (kontrola) i traktowanych przez okres 4 (a) i 6 dni (b) stresami: zerowanie *T. urticae* (Tu); susza glebowa (susza); Tu + susza. Istotność różnic (ANOVA) oceniano po transformacji danych metodą Blissa dla każdego genotypu oddzielnie. Różne litery nad słupkami oznaczają różnice statystycznie istotne przy  $p = 0,05$  (test HSD Tukeya)

Fig. 2a, b. DW ( $x \pm SD$ ) of 3 maize genotypes leaves (Bosman, YG, ISO) untreated (control) and stress-treated for 4 (a) and 6 days (b) by: *T. urticae* feeding (Tu); soil drought (drought); Tu + drought. Analysis of variance (ANOVA) was estimated after Bliss transformation of data, for each genotype separately. Different letters above the bars indicate significant differences (HSD Tukey test;  $p = 0.05$ )

**II seria**

Odpowiadające sobie pozycją i wiekiem liście obu genotypów kukurydzy (YG i ISO) nie różniły się ani względną zawartością wody (rys. 3a), ani zawartością suchej



Rys. 3a, b. RWC ( $x \pm SD$ ) (a) i DW ( $x \pm SD$ ) (b) w liściach 2 genotypów kukurydzy (YG i ISO) nietraktowanych (kontrola) i traktowanych przez okres 6 dni stresami: zerowanie *T. urticae* (Tu), susza glebowa (susza). Istotność różnic (ANOVA) oceniano po transformacji danych metodą Blissa dla każdego liścia/genotypu oddzielnie. Różne litery nad słupkami oznaczają różnice statystycznie istotne przy  $p = 0,05$  (test HSD Tukeya)

Fig. 3a, b. RWC ( $x \pm SD$ ) (a) and DW ( $x \pm SD$ ) (b) of 2 maize genotypes leaves (YG, ISO) untreated (control) and stress-treated for 6 days by: *T. urticae* feeding (Tu); soil drought (drought). Analysis of variance (ANOVA) was estimated after Bliss transformation for each leaf/genotype separately. Different letters above the bars indicate significant differences (HSD Tukey test;  $p = 0.05$ )

masy (rys. 3b). Żerowanie *T. urticae* na liściu 7., 8. i 9. roślin YG i ISO nie wywoływało istotnych zmian ani w zawartości wody (rys. 3a), ani w zawartości suchej masy (rys. 3b). Natomiast susza glebowa istotnie obniżyła poziom wody i wpłynęła na kumulację suchej masy w liściach obu genotypów – silniej w liściach starszych, niż młodszych (rys. 3a, b).

#### IV. DYSKUSJA

Wielkość i struktura plonu kukurydzy zależy od wielu czynników, wśród których najważniejsze to dobór odmiany, stosowane metody agrotechniczne oraz warunki klimatyczne (Michalski 1990; Adamczyk 2001). Typową zmianą w tkankach roślin narażonych na niedostatek wody w glebie jest spadek RWC oraz kumulacja suchej masy (Hida i wsp. 1995; Kacperska 2002; Michałek i Borowski 2005). W tych badaniach zmiany w RWC i DW liści dotyczyły wszystkich badanych genotypów kukurydzy (Bosman, YG i ISO) i były tym silniej wyrażone, im liść był bliżej źródła stresu, czyli im był starszy. O podobnym rozkładzie zmian w uwodnieniu liści donoszą prace innych autorów (Epharth i Hesketh 1991; Jung 2004; Moussa i Abdel-Aziz 2008).

O ile u roślin rozwijających się w warunkach suszy glebowej zmiany wartości RWC liści następują już w pierwszym dniu trwania stresu (Zhang i Kirkham 1994), to zmiany tego samego parametru w tkankach roślin poddanych żerowaniu fitofagów występują zwykle później i uzależnione są od sposobu pobierania pokarmu/aparatu gębowego. Schmidt i wsp. (2009) wykazali zróżnicowany wpływ różnych gatunków szkodników na wartość RWC. Cztery dni stresu wywołanego żerowaniem przędziorka chmielowca na 4-tygodniowych roślinach bawełny nie miało istotnego wpływu na stan uwodnienia liści. Natomiast żerowanie gąsienic sówki bawełnowki (*Spodoptera littoralis* Boisduval) przez 48 godzin wywoływało wyraźny spadek zawartości wody w zaatakowanych liściach.

Z przedstawionych przez nas badań wynika, że żerowanie *T. urticae* przez okres 6 dni skutkowało istotnym obniżeniem RWC tylko u roślin odmiany Bosman. Natomiast względna zawartość wody w liściach genotypów YG i ISO zasiedlonych przez roztocze przez 6 dni nie zmieniła się. Ponadto wykazano, że oddziaływanie suszy oraz 2 stresów równocześnie (susza i żerowanie *T. urticae*) przez okres 6 dni istotnie obniżyło RWC w liściach od 7. do 10., co wiązało się z istotnym wzrostem w tych liściach suchej masy. Kierunek i wielkość zmian w wartości RWC w liściach od 7. do 10., w odpowiedzi na stres suszy glebowej i oba stresse jednocześnie (susza i żerowanie *T. urticae*) u 3 genotypów kukurydzy (Bosman, YG i ISO) była podobna.

Zakres uszkodzeń roślin kukurydzy powodowanych przez szkodniki zależy w dużym stopniu od warunków klimatycznych (Lisowicz i wsp. 2005; Waligóra i wsp. 2008). Przypuszcza się więc, że rośliny lepiej znoszące suszę, lepiej też powinny znosić atak szkodników i odwrotnie – rośliny słabiej zasiedlane przez szkodniki, lepiej powinny znosić suszę glebową.

#### V. WNIOSEK

Krótkotrwały stres suszy glebowej zdecydowanie szybciej i efektywniej niż krótki okres żerowania szkodnika – przędziorka chmielowca obniża względną zawartość wody i podnosi zawartość suchej masy w liściach młodych roślin kukurydzy.

## VI. LITERATURA

- Adamczyk J. 2001. Rola nowych mieszańców w podnoszeniu efektywności różnych kierunków użytkowania kukurydzy. Dodatek pisma Agro Serwis, Biznes-Press Warszawa: 7–12.
- Barrs H.D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. p. 235–368. In: „Water Deficits and Plant Growth. Vol. I: Development, Control and Measurement” (T. Kozłowski, ed.). Academic Press, New York, 394 pp.
- Bereś P. 2007. Szkodniki zagroziły plonom kukurydzy. Ochrona Roślin nr 10: 23–27.
- English-Loeb G., Stout M.J., Duffey S.S. 1997. Drought stress in tomatoes: changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. OIKOS 79: 456–468.
- Ephrath J.E., Hesketh J.D. 1991. The effects of drought stress on leaf elongation, photosynthetic and transpiration rates in maize (*Zea mays* L.) leaves. Photosynthetica 25: 607–619.
- Gershenson J. 1984. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. Phytochemistry 18: 273–320.
- Hasegawa P.M., Bressan R.A. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51: 463–499.
- Hida Y., Hirasawa T., Ishihara K. 1995. Differences in dry matter production and root system development between soybean cultivars under deficient soil moisture conditions. Jap. J. Crop. Sci. 64: 573–580.
- Huberty A.F., Denno R.F. 2004. Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: A new synthesis. Ecology 85: 1383–1398.
- Inbar M.I., Doostdar H., Mayer R.T. 2001. Suitability of stressed and vigorous plants to various insect herbivores. OIKOS 94: 228–235.
- Jung S. 2004. Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. Plant Sci. 166: 459–466.
- Kacperska A. 2002. Bilans wodny rośliny. s. 224–227. W: „Fizjologia Roślin” (J. Kopcewicz, S. Lewak, red.). PWN, Warszawa, 806 ss.
- Klubertanz T.H., Pedigo L.P., Carlson R.E. 1990. Effects of plant moisture stress and rainfall on population dynamics of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 19: 1773–1779.
- Lisowicz F., Tekiel A., Bereś P. 2005. Zagrożenia kukurydzy przez choroby i szkodniki. Dodatek pisma Agro Serwis, Biznes-Press Warszawa: 50–57.
- Mellors W.K., Allegro A., Hsu A.N. 1984. Effects of carbofuran and water stress on growth of soybean plants and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) populations under greenhouse conditions. Environ. Entomol. 13: 561–567.
- Michalski T. 1990. Wpływ stopnia dojrzałości i struktury kolb kukurydzy na plony i jakość uzyskanej z nich kiszonki. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk. 194, 81 ss.
- Michalski T. 2009. Nie rezygnować z kukurydzy. Kukurydza – nowe perspektywy. Agro Serwis 5: 3–8.
- Michalek S., Borowski E. 2005. Effect of simulated drought on stomatal conductance, transpiration and growth of Polish soybean cultivars. Ann. UMCS, Lublin 15: 105–110.
- Moussa H.R., Abdel-Aziz S.M. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. Aust. J. Crop Sci. 1: 31–36.
- Reddy A.R., Chaitanya K.V., Vivekanandan M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 1189–1202.
- Sadras V.O., Wilson L.J., Lally D.A. 1998. Water deficit enhanced cotton resistance to spider mite herbivory. Ann. Bot. 81: 273–286.
- Schmidt L., Schurr U., Röse U.S.R. 2009. Local and systemic effects of two herbivores with different feeding mechanisms on primary metabolism of cotton leaves. Plant Cell Environ. 32: 893–903.

- Tanguilig V.C., Yambao E.B., O'Toole J.C., Datta S.K. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant Soil* 103: 155–168.
- Waligóra H., Skrzypczak W., Szulc P. 2008. Podatność odmian kukurydzy cukrowej na ploniarke zbożówkę (*Oscinella frit* L.) i omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 48 (1): 150–154.
- Zhang J., Kirkham M.B. 1994. Drought-stress-induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. *Plant Cell Physiol.* 35: 785–791.

ANNA CZAPLA, MICHAŁ ŚWIĄTEK, MAŁGORZATA KIELKIEWICZ

CHANGES IN WATER STATUS OF MAIZE LEAVES  
INFLUENCED BY DROUGHT AND TWO-SPOTTED SPIDER MITE  
(*TETRANYCHUS URTICAE* KOCH) FEEDING

SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.) hybrid with the *Bt* transgene from the bacterium *Bacillus thuringensis* (*Bt*) (DKC 3421 YG) and its non-*Bt* near-isoline (DKC 3420) as well as Polish cultivar Bosman (HR Smolice) were subjected to drought stress and/or the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*, Acarina: Tetranychidae) feeding to assess changes in the relative water content (RWC) and dry weight (DW) in leaves of different age (leaf: 7th, 8th, 9th, 10th). All plants were at the vegetative stage and grew under greenhouse conditions. The effect of both abiotic and biotic stress was analysed 4 and 6 days after treatment. The experiments conducted in two series showed that among examined maize cultivars, *T. urticae* feeding decreased RWC in Bosman cv. leaves only, while drought altered leaf RWC of plants in a similar manner – the older the leaf, the greater reduction of RWC. Drought alone and drought accompanied by *T. urticae* feeding significantly decreased RWC of maize leaves in all cultivars (DKC 3421 YG, DKC 3420, Bosman). Concluding, drought had a greater impact on leaf RWC of young maize plants than mite feeding.

**Key words:** transgenic maize, biotic and abiotic stress, DW, RWC