

Prinos paprike pri variranju koncentracije kalijevih soli u hranjivoj otopini

Kazimir KORACA, Ana GOLEMAC, Božidar BENKO, Josip BOROŠIĆ, Marko PETEK, Sanja FABEK, Sanja STUBLJAR

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
(e-mail: bbenko@agr.hr)

Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi komponente prinosa hidroponski uzgajanih kultivara paprike pri povećanim koncentracijama kalijevih soli u hranjivoj otopini. Za prihranu su korištene standardna otopina s koncentracijom kalijevih iona 7,5 mmol/L i tri otopine s koncentracijom kalijevih iona 11 mmol/L. Povećana koncentracija K^+ iona ostvarena je povećanjem koncentracije KNO_3 , KH_2PO_4 ili K_2SO_4 . Utvrđeno je pozitivno djelovanje povećane koncentracije KNO_3 i KH_2PO_4 na masu i prinos tržnih plodova paprike te na smanjenje udjela netržnih plodova. Otopina s povećanom koncentracijom K_2SO_4 je kod nekih kultivara imala negativan utjecaj na analizirana svojstva.

Ključne riječi: *Capsicum annuum* L., kamena vuna, hranjiva otopina, kalij, komponente prinosa

Pepper yield as affected by potassium salts concentration in the nutrient solution

Abstract

The aim of this research was to ascertain the influence of higher concentration of potassium salts in the nutrient solution on soilless grown pepper yield components. Beside the standard nutrient solution with 7.5 mmol/L of K^+ , three nutrient solutions with 11 mmol/L of K^+ were used for fertigation. The higher concentration of potassium ion was achieved by using higher concentration of potassium salts: KNO_3 , KH_2PO_4 or K_2SO_4 . The positive effects of higher KNO_3 and KH_2PO_4 concentration to the fruit weight, marketable yield and unmarketable fruit share were founded. Nutrient solution with increased K_2SO_4 concentration had a negative impact on the analyzed properties at some cultivars.

Key words: *Capsicum annuum* L., rockwool, nutrient solution, potassium, yield components

Uvod

U Hrvatskoj se površine pod hidroponskim uzgojem paprike iz godine u godinu povećavaju i zbog toga je potrebno utvrditi optimalne količine soli, a time i pojedinih hranjiva u hranjivoj otopini za domaće agroekološke uvjete. Kalij, jedan od biogenih elemenata, ima važnu ulogu u biljci, sudjeluje u mnogim biogenim procesima i zbog toga ima veliki utjecaj na kvalitetu i prinos plodova paprike. Iz tog je razloga tijekom 2010. provedeno istraživanje s ciljem utvrđivanja utjecaja povećanih koncentracija kalijevih soli u hranjivoj otopini na komponente prinosa kultivara paprike zvonolikog ploda u hidroponskom uzgoju.

Materijal i metode

Istraživanje je provedeno u negrijanom plasteniku. Pokus je postavljen po metodi slučajnog blokno rasporeda u tri ponavljanja. Sjetva sjemena hibridnih kultivara paprike Atol (Enza Zaden), Blondy (S&G), Mazurka (Rijk Zwaan), Vedrana (Enza Zaden), 35-404 (Rijk Zwaan) obavljena je 26. veljače, a pikiranje u kocke kamene vune brida 10 cm dva tjedna nakon nicanja, kada su biljke paprike razvile prvi pravi list. Presadnice su sadene na ploče kamene vune 3. svibnja 2010. godine. Sklop je iznosio 2,5 biljke/m², a osnovnu parcelu predstavljala je ploča kamene vune s tri biljke.

Od sadnje do 25. svibnja sve presadnice su prihranjivane standardnom hranjivom otopinom (Enzo et al., 2001). Od 25. svibnja su uz standardnu otopinu primijenjene i 3 hranjive otopine s povećanim koncentracijama kalijevih soli: KNO₃, KH₂PO₄ i K₂SO₄. Koncentracija K⁺ iona u standardnoj hranjivoj otopini (K1) iznosila je 7,5 mmol/L dok je u ostale tri otopine povećana na 11 mmol/L. U otopini K2 koncentracija K⁺ iona povećana je pomoću KNO₃, u otopini K3 pomoću KH₂PO₄, a u otopini K4 pomoću soli K₂SO₄ (tablica 1). Gotova hranjiva otopina je sustavom navodnjavanja kapanjem distribuirana do svake biljke. Broj obroka fertirigacije varirao je od 12 do 24 puta dnevno po 2 do 5 minuta, ovisno o fenofazi rasta paprike i mikroklimatskim uvjetima u zaštićenom prostoru.

Tablica 1. Koncentracija kalijevih soli u primijenjenim hranjivim otopinama

Hranjiva sol	Hranjive otopine			
	K1	K2	K3	K4
KNO ₃	4,75 mmol/L	8,25 mmol/L	4,75 mmol/L	4,75 mmol/L
KH ₂ PO ₄	1,75 mmol/L	1,75 mmol/L	5,25 mmol/L	1,75 mmol/L
K ₂ SO ₄	0,5 mmol/L	0,5 mmol/L	0,5 mmol/L	2,25 mmol/L
Ukupna koncentracija K ⁺	7,5 mmol/L	11 mmol/L	11 mmol/L	11 mmol/L

Vegetativni i generativni rast reguliran je uzgojem na dvije grane. Prema potrebi biljke su pincirane i usmjeravane vezanjem na postavljeno PVC vezivo. Prva berba je obavljena 24. lipnja i u periodu do 13. listopada obavljeno je devet berbi. Kod berbe su utvrđeni masa i prinos tržnih plodova te udio netržnih plodova (plodova s vršnom truleži).

Statistička obrada rezultata obavljena je analizom varijance (ANOVA), a prosječne vrijednosti testirane su LSD testom na razini signifikantnosti p≤0,05 i p≤0,01.

Rezultati i rasprava

Testirani kultivari razvili su tržne plodove mase od 100 do 102 g (tablica 2). Jedino je kultivar 35-404 imao značajno sitnije plodove mase 90 g. Koncentracija K⁺ iona, odnosno, soli koje su korištene imala je utjecaj na prosječnu masu ploda. Povećanje koncentracije K⁺ iona sa 7,5 na 11 mmol/L koristeći KNO₃ utjecalo je na statistički značajno povećanje mase ploda (105 g) u odnosu na kontrolu (99 g). Međutim, kod povećanja koncentracije K⁺ iona pomoću soli K₂SO₄ prosječna masa ploda se statistički značajno smanjila (91 g). Među interakcijama kultivar x otopina utvrđene su značajne razlike u masi tržnih plodova koja je varirala od 84 do 112 g. Biljke su pozitivno reagirale na povećanu koncentraciju kalijevih iona u hranjivoj otopini ako su se za povećanje koncentracije K⁺ iona koristile soli KNO₃ ili KH₂PO₄. Osim kultivara Atol, biljke prihranjivane otopinom K4 (viša koncentracija soli K₂SO₄) razvijale su najsitnije plodove.

Prinos tržnih plodova (tablica 2) testiranih kultivara bio je u rasponu od 5,66 kg/m² kod kultivara Atol do 7,67 kg/m² kod kultivara 35-404. Kultivari Blondy i 35-404 ostvarili su znatno veći tržni prinos od kultivara Atol i Mazurka, dok je kultivar Vedrana ostvario statistički podjednak prinos kultivarima Blondy i 35-404. Različita koncentracija kalija u hranjivoj otopini, ali i vrsta soli koja je bila izvor kalija značajno je utjecala na prinos tržnih plodova paprike. Biljke prihranjivane otopinama K2 i K3 dale su statistički značajno veći prinos u odnosu na biljke prihranjivane kontrolnom otopinom K1 i otopinom K4. Prinos tržnih plodova biljaka prihranjivanih otopinom K2 bio je oko 38 % viši nego K1, dok je prinos tržnih plodova biljaka prihranjivanih otopinom K3 bio oko 29 % viši nego K1. Kod svih pet kultivara u pokusu najveći tržni prinos je ostvaren primjenom otopine K2, dok je nešto manji prinos ostvaren primjenom otopine K3. Kultivarima je pogodovala povećana koncentracija K⁺ iona u hranjivoj otopini, što se vidljivo iz statistički značajnog povećanja tržnog prinosa ukoliko su se za povećanje koncentracije kalijevih iona koristile KNO₃ i KH₂PO₄.

Korištenje K_2SO_4 (otopina K4) za povećanje koncentracije kalijevih iona nije rezultiralo statistički većim prinosom od kontrole, a kod kultivara Blondy i Mazurka postignuti su manji prinosi u odnosu na kontrolu.

Udio netržnih plodova sa simptomima vršne truleži je kod testiranih kultivara znatno varirao. Najmanje plodova sa simptomima vršne truleži (13,3 %) utvrđeno je kod kultivara Blondy, koji se značajno razlikovao od svih ostalih. Najveći udio netržnih plodova (30,6 %) zabilježen je kod kultivara Atol (tablica 2). Statistički podjednak udio imao je i kultivar Mazurka. Ovisno o primijenjenoj otopini, mijenjao se i udio tržnih, odnosno, netržnih plodova. Biljke prihranjivane otopinama K1 i K4 imale se statistički veći udio netržnih plodova (26,9, odnosno, 28,3 %) od biljaka prihranjivanih otopinama K2 i K3 (18,4, odnosno, 19,7 %). Kultivar Blondy je ovisno o primijenjenoj hranjivoj otopini razvio najmanje plodova sa simptomima vršne truleži (od 7,6 do 18,1 %). Istovremeno je udio netržnih plodova kod kultivara Atol varirao od 23,9 % uz primjenu otopine K3 do 36,3 % uz primjenu otopine K1. Najveći udio plodova sa simptomima vršne truleži (39,6 %) razvile su biljke kultivara Mazurka prihranjivane otopinom K4. Osim kod kultivara Mazurka, primjena otopine K4 rezultirala je najvećim udjelom netržnih plodova i kod kultivara 35-404. Kod ostalih kultivara najviše plodova sa simptomima vršne truleži ubrano je s biljaka prihranjivanih standardnom hranjivom otopinom. Kod svih kultivara u istraživanju biljke prihranjivane otopinama K2 i K3 imale su manji udio netržnih plodova u odnosu na biljke prihranjivane otopinama K1 i K4.

Tablica 2. Masa i pinos tržnih plodova te udio netržnih plodova pri fertirigaciji paprike otopinama različite koncentracije kalijevih soli

	Masa tržnih plodova, g	Prinos tržnih plodova, kg/m^2	Udio netržnih plodova, %
Kultivar (K)			
Atol	102 A	5,66 B	30,6 A
Blondy	101 A	7,20 A	13,3 D
Mazurka	100 A	5,78 B	28,6 AB
Vedrana	101 A	6,71 AB	22,9 BC
35-404	90 B	7,67 A	21,2 C
LSD _{0,01}	7,116	1,329	6,834
Otopina (O)			
K1	99 B	5,84 B	26,9 A
K2	105 A	7,74 A	18,4 B
K3	101 AB	7,19 A	19,7 B
K4	91 C	5,89 B	28,3 A
LSD _{0,01}	6,364	1,144	6,112
Interakcija K x O			
Signifikantnost	*	*	*
LSD _{0,05}	10,620	1,984	10,200

K1 = standardna hranjiva otopina; K2 = standardna otopina + KNO_3 ; K3 = standardna otopina + KH_2PO_4 ; K4 = standardna otopina + K_2SO_4

Škrobot (2010) je kod istih kultivara kao i u našem istraživanju ostvarila veću masu plodova. Masa plodova kultivara Blondy iznosila je 110 g, dok su kultivari Atol, Mazurka i Vedrana razvili krupnije plodove mase od 117 do 125 g, no ta razlika nije bila statistički značajna. García Lozano et al. (2005) navode kako povećanje koncentracije K^+ iona nema utjecaja na prosječnu masu ploda. Rubio et al. (2010) su pri povećanju koncentracije K^+ iona sa 7 na 12 mmol/L dobili plodove manje prosječne mase što se ne slaže s rezultatima ovog istraživanja.

Škrobot (2010) navodi variranje prinosa s obzirom na kultivar od 9,65 kg/m^2 kod kultivara Blondy do 13,88 kg/m^2 kod kultivara Vedrana. Rubio et al. (2010) navode rezultate prema kojima su povećanjem koncentracije K^+ iona sa 7,0 na 14,0 mmol/L ostvarili 25 % niži prinos tržnih plodova. García Lozano et al. (2005) su također povećanjem koncentracije K^+ iona s 2,75 na 5,0 mmol/L postigli značajno niži (12 %) tržni prinos. Rubio et al. (2009) su u uvjetima zaslanjene hranjive otopine s 30 mmol/L NaCl i povećanjem koncentracije K^+ iona s 7 na 14 mmol/L postigli 24 % niži tržni prinos, no to je vjerojatno posljedica zaslanjenosti otopine. Borošić et al. (2008) su pri sklopu od 2,5 biljke/ m^2 ostvarili tržni prinos u rasponu od 8,2 do 8,8 kg/m^2 .

Marcelis i Ho (1999) navode kako je kod kultivara Mazurka udio netržnih plodova iznosio oko 25 % dok su kod nekih kultivara zabilježene vrijednosti i iznad 35 %. Ostvareni rezultati su u skladu s istraživanjem Škrobot (2010) koja također navodi Blondy kao kultivar s najmanjim udjelom netržnih plodova (oko 14 %), dok je kultivar s najvećim udjelom netržnih plodova bio Mazurka (oko 29 %). Rubio et al. (2009) navode da povećanje koncentracije K^+ iona sa 7 na 14 mmol/L nije utjecalo na udio netržnih plodova. Međutim, otopina je u tom istraživanju bila zaslanjena s 30 mmol/l NaCl pa se rezultati vjerojatno zbog toga ne podudaraju. Borošić et al. (2008) su u svojim istraživanjima utvrdili da je oko trećina ubranih plodova imala simptome vršne truleži.

Najpovoljniji utjecaj pojedine otopine na svaki kultivar u istraživanju u odnosu na istraživana svojstva prinosa prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Otopine najpovoljnijeg utjecaja na istraživana svojstva testiranih kultivara

Kultivar	Prosječna masa ploda	Prosječan prinos po biljci	Udio netržnih plodova	Najpovoljnija otopina
Atol	K ₂	K ₂ / K ₃	K ₃	K ₃
Blondy	K ₂ / K ₃	K ₂	K ₂	K ₂
Mazurka	K ₃	K ₂	K ₂	K ₂
Vedrana	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂
35-404	K ₂	K ₂	K ₂	K ₂

Guohua et al. (2001) su utvrdili kako niska koncentracija hranjive otopine s 3-0,5-1,25 mmol/L N-P-K pri uzgoju u malom volumenu supstrata (9 dm³) inducira ranu ali kratkotrajnu cvatnju, odnosno, brzo zametanje i dozrijevanje plodova te nizak prinos. Pri uzgoju u malom i srednjem (14 dm³) volumenu supstrata nisu utvrđene razlike u cvatnji, zametanju i prinosu plodova pri primjeni srednje (6-1-2,5 mmol/L) i visoke (9-1,5-3,75 mmol/L) koncentracije hranjiva. Biljke uzgajane u velikom volumenu (33 dm³) supstrata po biljci su značajno kasnije cvale pri visokoj koncentraciji hranjiva, zametnule više plodova i ostvarile veći prinos.

Zaključci

Utvrđene su značajne razlike između kultivara u pogledu njihove reakcije na povećanje i izvor K^+ iona. Koncentracija kalija u hranjivoj otopini također ima značajan utjecaj na trži prinos i komponente prinosa kao što su masa trži plodova i udio netržnih plodova. Osim koncentracije kalija, bitan je i izvor kalija (hranjiva sol) budući da se povećanjem koncentracije kalija povećava i koncentracija drugih iona.

Primjenom otopina s povećanom koncentracijom KNO₃ i KH₂PO₄ dobiveni su najkrupniji plodovi, dok je primjena otopine s povišenom koncentracijom K₂SO₄ rezultirala najsitnijim plodovima. Biljke prihranjivane otopinama s povećanom koncentracijama KNO₃ i KH₂PO₄ postigle su najviši trži prinos i razvile najmanje netržnih plodova. Kultivari Blondy i 35-404 najbolje su reagirali na primjenu tih otopina

Fertirigacija otopinom s povećanom koncentracijom KNO₃ je kod većine testiranih kultivara pokazala najveći pozitivni utjecaj na masu i prinos trži plodova uz istodobno smanjenje udjela netržnih plodova. Razlog tome je najvjerojatnije povećanje K^+ iona uz istodobno povećanje koncentracije NO₃⁻ iona, ali uz zadržavanje optimalnog odnosa N:K. S druge strane, povećanje koncentracije K^+ iona pomoću soli K₂SO₄ nije pozitivno utjecalo na navedena svojstva, već je u nekim slučajevima učinak bio i negativan.

Literatura

- Borošić, J., Benko B., Novak B. (2008). Uzgoj paprike na kamenjari. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronoma. Opatija, Hrvatska, 452-456
- Enzo, M., Gianquinto, G., Lazzarin, R., Pimpini, F., Sambo, P. (2001). Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo. Tipografia-Garbin, Padova, Italy
- García Lozano, M., Escobar, I., Berenguer, J. J. (2005) Green-pepper fertirrigation in Soliless Culture. Acta Hort. 697: 543-547

- Guohua, X., Wolf, S., Kafkafi, U. (2001). Interactive effect of nutrient concentration and container volume on flowering, fruiting and nutrient uptake of sweet pepper. *Journal of plant nutrition* 24(3): 479-501
- Marcelis, L.F.M., Ho, L.C. (1999) Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Experimental Botany* 50(332): 357–363
- Rubio, J.S., García – Sánchez, F., Rubio, F., Martínez, V. (2009). Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. *Scientia Horticulturae* 119(2): 79–87
- Rubio, J.S., García – Sánchez, F., Flores, P., Navarro, J. M., Martínez, V. (2010). Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilisation with Ca^{2+} and K^+ . *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(1): 170–177
- Škrobot, M. (2010). Prinos i kvaliteta hidroponski uzgojenih kultivara paprike. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

sa2012_0405