

## Uticaj biljnih regulatora rasta na kvalitet i skladišni potencijal plodova jabuke

Slavica Spasojević\*, Dejan Đurović, Jasminka Milivojević, Dragan Radivojević

*Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija*  
\*E-mail: [slavica.spasojevic@agrif.bg.ac.rs](mailto:slavica.spasojevic@agrif.bg.ac.rs)

*Received: 04 July 2023; Accepted: 31 July 2023*

**Rezime.** Kao moćno sredstvo za regulisanje rodnoći i kvaliteta ploda, upotreba biljnih regulatora rasta je postala uobičajena praksa u proizvodnji jabuke. Tokom rasta i razvoja ploda se primenjuju brojni tretmani sa ciljem postizanja kvaliteta u skladu sa zahtevima tržišta, a takođe i nakon berbe, kako bi se isti kvalitet očuvao i omogućilo dugo skladištenje i snabdevanje tržišta svežim plodovima. Uticaj biljnih regulatora rasta na kvalitet i trajnost ploda može biti ostvaren preko regulisanja bujnosti i rodnoći stabla jabuke, popravke kvaliteta plodova, sprečavanja opadanja plodova pre berbe i poboljšanja skladišne sposobnosti. U te svrhe se najčešće upotrebljavaju sintetički biljni regulatori rasta iz grupe auksina, giberelina, citokinina i jasmonske kiseline, zatim etefon, inhibitori sinteze giberelina i inhibitori sinteze ili dejstva etilena.

**Ključne reči:** NAA, 6-BA, GA, etefon, 1-MCP, AVG

### Uvod

Plodovi jabuke se nakon berbe mogu čuvati i duže od 12 meseci (Mratinić & Đurović, 2015), dostupni su na tržištu tokom cele godine i konzumiraju se u najvećoj meri kao sveže voće. Kvalitetan i rentabilan proces čuvanja plodova jabuke moguće je postići samo ukoliko se skladište plodovi koji u trenutku berbe ispunjavaju određene kriterijume u pogledu kvaliteta. Na kvalitet i skladišni potencijal plodova jabuke utiče veliki broj faktora, među kojima su najvažniji: sorta, podloga, ekološki faktori, berba u optimalnoj fazi zrelosti (Mratinić & Đurović, 2015), kao i pravilna primena agro- i pomotehničkih mera u voćnjaku, pre berbe, a koje podrazumevaju adekvatnu ishranu, navodnjavanje, optimalnu rezidbu, tretiranje sa preparatima na bazi kalcijuma, i primenu biljnih regulatora rasta (Magazin & Đurović, 2017).

Biljni regulatori rasta imaju široku upotrebu u voćarstvu i ostvaruju značajan uticaj na kvalitet i trajnost plodova. Najpoznatije klase biljnih regulatora su: auksini (IAA), giberelini (GA), citokinini (CK), abscisinska kiselina (ABA) i etilen. Pored njih novije otkrivene grupe jedinjenja su: brasinosteroidi, jasmonati, oligosaharini, salicinati i poliamini. Primena biljnih regulatora rasta uglavnom ima za cilj da optimizuje rodnoću i kvalitet plodova, pri tom neki od njih imaju direktno za cilj poboljšanje kvaliteta i trajnosti plodova, dok se u drugim slučajevima taj uticaj ispoljava indirektno. U proizvodnji jabuke se upotrebljavaju u cilju regulisanja bujnosti i rodnoći, popravke kvaliteta plodova, sprečavanja opadanja plodova, odlaganja sazrevanja i poboljšanja skladišne sposobnosti ploda (Radivojević et al., 2017). Njihova upotreba je postala redovna i neizostavna u tehnologiji gajenja jabuke, a mogu biti moćno sredstvo za postizanje

i održavanje visokog kvaliteta ploda, u cilju zadovoljavanja zahteva tržišta. Prema rezultatima ankete koju su sprovedi Đekić *et al.* (2019), potrošačima u Srbiji najvažnije parametre kvaliteta prilikom kupovine jabuke predstavljaju: aroma, svežina, sočnost i bezbednost hrane.

## Uticaj biljnih regulatora rasta na bujnost jabuke

Savremena tehnologija gajenja jabuke podrazumeva sistem guste sadnje, sa malim rastojanjem između biljaka, što pre svega podrazumeva korišćenje slabo bujnih podloga, kao i kontrolu bujnosti primenom adekvatnih pomotehničkih operacija (Keserović *et al.*, 2017; Radivojević *et al.*, 2019). Pored pomotehničkih mera, često su neophodne hemijske mere za regulisanje bujnosti, odnosno primena biljnih regulatora rasta. U te svrhe koriste se retardanti, odnosno inhibitori rasta, čiji se način delovanja najčešće zasniva na inhibiciji sinteze giberelina, koji podstiče izduživanje mladara. Za ovu namenu je registrovano sredstvo sa aktivnom materijom proheksadion-kalcijum (ProCa), koje deluje tako što smanjuje nivo aktivnog ( $GA_1$ ), a povećava nivo neaktivnog ( $GA_{20}$ ) giberelina u biljci. Rezultat njegove primene su kraće internodije mladara, odnosno manje izduživanje, što dalje doprinosi lakšem obavljanju rezidbe i folijarnih tretmana, boljem prodiru svetlosti u krošnju i poboljšanju kvaliteta ploda (Rademacher, 2015). Pored inhibicije biosinteze giberelina, ProCa takođe utiče na inhibiciju sinteze etilena i aktivnosti flavanon-3-hidroksilaze. Usled promena koje nastaju u spektru fenolnih jedinjenja dolazi do formiranja 3-dioksiflavonoida za koje se smatra da povećavaju otpornost biljke na prouzrokovane čađave krastavosti (*Venturia inaequalis*) i bakterijske plamenjače (*Erwinia amylovora*) (Mikulić Petkovšek *et al.*, 2009), a takođe je primećen i smanjen napad štetnih insekata (Rademacher, 2015). Mikulić Petkovšek *et al.* (2009) su utvrdili značajno veći sadržaj fenolnih jedinjenja u listu jabuke nakon primene ProCa, međutim njihov sadržaj u plodovima je bio smanjen, kao i ukupna antioksidativna aktivnost plodova. Obzirom da ovaj biljni regulator rasta utiče na inhibiciju sinteze etilena, smatra se da zbog toga doprinosi većem zameatanju plodova, što je podstaknuto i usled smanjenog porasta mladara te veće dostupnosti hranljivih materi-

ja plodovima. Veće zameatanje ima za posledicu smanjenje prosečne veličine plodova, ali postoji i direktnim uticaj sredstva na smanjenje veličine plodova, što je izraženo sa povećanjem koncentracije (Greene, 2008). U eksperimentu koji su realizovali Zadravec *et al.* (2008), ProCa nije imao uticaj na zameatanje plodova, ali je uzrokovao smanjenje mase ploda pri najvišoj koncentraciji primene od 250 mg l<sup>-1</sup>. Pri nižoj koncentraciji od 125 mg l<sup>-1</sup>, Atay & Koyuncu (2017) nisu uočili negativan uticaj na parametre kvaliteta ploda i rodnošću i čak su zabeležili povećanje veličine ploda.

S obzirom na to da giberelini pospešuju razvoj gorkih pega na plodovima inhibitorynim dejstvom na transport Ca u biljci i povećavanjem rasta mladara, inhibitori GA, kao što je to ProCa mogu doprineti smanjenju pojave ovog fiziološkog poremećaja (Griffith *et al.*, 2021). Tretmani sa ProCa povećavaju sadržaj Ca u plodovima, kao i njegov odnos prema K, Mg i N (do Amarante *et al.*, 2020). U studiji Uselis *et al.* (2020), ProCa nije uticao na povećanje sadržaja Ca u plodu, već samo u listu, a takođe nije ispoljio pozitivan uticaj na obojenost ploda. Suprotno tome, Wan Sembok (2009) ističe da ProCa poboljšava obojenost plodova sorte jabuke 'Crisp Pink', što je potvrđeno i većim sadržajem antocijana, cijanidin-3-O-galaktosida i svih individualnih kvercetin glikozida. Ipak, kasno primenjen, u toku perioda sazrevanja plodova, ProCa utiče na smanjenje sadržaja flavonola, antocijana i obojenosti pokožice ploda, a dolazi do povećanja sadržaja fenolnih jedinjenja u mezokarpu ploda (Bizjak *et al.*, 2012). Međutim, u vreme berbe nije bilo značajne razlike između tretiranih i kontrolnih stabala. Autori zaključuju da ovakav efekat na razvoj dopunske boje može biti iskorišćen za sprečavanje pojave crvenila kod sorti jabuke kod kojih je to nepoželjno, kao što je Granny Smith. ProCa može ispoljiti uticaj na smanjenje pojave rđaste prevlake i rđaste prevlake pokožice ploda (McArtney *et al.*, 2007; Cline, 2017).

Etefon se takođe može koristiti za regulisanje bujnosti, obzirom da nakon primene oslobađa i podstiče sintezu etilena, koji je retardant rasta. Njegova primena je ograničena kod stabala u periodu rodnošću zbog mogućnosti izazivanja opadanja plodova. Stoga se preporučuje za primenu kod mladih stabala gde će podstaci formiranje rodni pupoljaka i ubrzati početak rodnošću (Duyvelshoff & Cline, 2013).

## Uticaj biljnih regulatora rasta na rodnost jabuke

U cilju regulisanja rodnosti u zasadu jabuke, najčešće se izvodi hemijska mera koja podrazumeva upotrebu biljnih regulatora rasta za proređivanje cvetova i plodova (Spasojević *et al.*, 2022; 2023). Sredstva koja se koriste za ovu namenu su: iz grupe sintetičkih auksina a-naftil sirćetna kiselina (NAA) i njen amid (NAD), sintetički citokinin 6-benziladenin (BA) i etefon (2-hloretil fosfonska kiselina) koji podstiče oslobađanje i biosintezu etilena. Nedavno je potvrđena efikasnost i abscisinske kiseline (ABA) u proređivanju plodova, ali nije šire prihvaćena u praksi zbog negativnog efekta koji izaziva u vidu hloroze i opadanja listova (Greene & Costa, 2013). Prekursor etilena 1-aminociklopropan 1-karboksilna kiselina (ACC) se takođe koristi za proređivanje plodova, međutim sredstvo nije registrovano za upotrebu u Srbiji.

Jabuka u normalnim uslovima, obilno cveta i zameće veći broj plodova nego što je potrebno, usled čega oni ostaju sitni, lošeg su kvaliteta i ne zadovoljavaju kriterijume tržišta. Uklanjanjem suvišnog broja plodova, utiče se pre svega na povećanje krupnoće preostalih plodova na stablu. Nepovoljan odnos broja plodova i listova u krošnji utiče na slabije snabdevanje plodova ugljenim hidratima, što se negativno odražava na krupnoću i obojenost plodova (Đurović *et al.*, 2023). Proređivanje plodova pozitivno utiče na povećanje sadržaja rastvorljive suve materije (Radivojević *et al.*, 2020) i ukupnih kiselina i razvoj dopunske boje na plodovima (Link, 2000), povećava čvrstoću plodova i sadržaj fenolnih jedinjenja u plodu (Stopar *et al.*, 2002). Proređivanje plodova može imati uticaj na veću pojavu gorkih pega na plodovima, što je više ispoljeno sa ranijom primenom sredstava i pri jačem intenzitetu proređivanja (Link, 2000). Ovo može biti povezano sa uticajem na krupnoću ploda koji se ostvaruje smanjenjem broja plodova na stablu, a koja je u pozitivnoj korelaciji sa pojavom gorkih pega. Poznato je da BA dodatno ispoljava pozitivan uticaj na povećanje mase i prečnika ploda, primenjen kako samostalno tako i u kombinaciji sa drugim sredstvima (Dussi *et al.*, 2006), delujući podsticanjem deobe ćelije. Suprotno tome, sredstva iz grupe auksina (NAA i NAD) mogu imati negativan uticaj na veličinu ploda, izazivajući prestanak rasta. Kod sorti Fuji, Elstar i naročito Golden Delicious, primenjena koncentracija NAA je u li-

nearnoj korelaciji sa brojem sitnih plodova koji ostaju na stablu (Hladnik & Stopar, 2021). Kod sorti Gala i Golden Delicious, koje ne pokazuju ovu osetljivost, u zavisnosti od vremena primene, NAA doprinosi povećanju krupnoće kroz smanjenje zastupljenosti kategorija sitnijih plodova (Radivojević *et al.*, 2022).

Kao mera za regulisanje rodnosti biljni regulatori rasta se mogu primeniti u cilju povećanja zametanja plodova, kao i povećanja ili smanjenja obima cvetanja. Primena NAA i etefona tokom leta uspešno može povećati obim cvetanja u narednoj godini, čak i kod stabala kod kojih je cvetanje bilo visokog intenziteta u godini primene (Hladnik & Stopar, 2021; Stopar, 2022). Kao negativan efekat primene etefona, bilo u cilju proređivanja cvetova i plodova ili u kasnijim fazama razvoja ploda, može doći do smanjenja čvrstoće plodova i njihovog ubrzanog sazrevanja (Embree *et al.*, 2001; Meland & Kaiser, 2011; Spasojević *et al.*, 2022; Tešić *et al.*, 2022). U godinama kada nema dovoljno plodova na stablu, kod sorti koje su sklone alternativnoj rodnosti, mogu se primeniti giberelini u cilju smanjenja diferenciranja cvetnih pupoljaka, gde se kao efikasnija pokazala formulacija GA<sub>4+7</sub> (Radivojević *et al.*, 2017). Sredstva GA<sub>4</sub> i GA<sub>4+7</sub> efikasno smanjuju cvetanje u godini nakon primene, ali pokazuju različit uticaj na kvalitet ploda u zavisnosti od sorte (Schmidt *et al.*, 2008). Dok na plodove sorte Cameo tretmani nisu ispoljili negativan uticaj, kod sorte Honeycrisp došlo je do ubrzanog sazrevanja plodova, što se ogledalo u smanjenoj čvrstoći sadržaju kiselina i ubrzanom konverziji skroba. NAA i NAD se mogu primenjivati u cilju povećanja obima zametanja plodova, odnosno podsticanja partenokarije kod jabuke (Rademacher, 2015). U iste svrhe se koristi i GA<sub>3</sub>, koja uzrokuje formiranje besemenih plodova, koji su uži zbog redukovano rasta ćelija ovarijuma i imaju niži sadržaj kiselina, dok ostali parametri kvaliteta ploda ostaju nepromenjeni (Galimba *et al.*, 2019).

## Uticaj biljnih regulatora rasta na kvalitet ploda jabuke

Plodovi jabuke se pretežno konzumiraju u svežem stanju, stoga moraju ispuniti kriterijume tržišta u pogledu kvaliteta, pre svega veličine, izgleda i oblika karakterističnih za određenu sortu, koje potrošači jasno razlikuju. U cilju zadovoljavanja zahteva tržišta, za poboljšanje opšteg kvaliteta ploda mogu se upotrebljavati biljni regulatori rasta, a najčešće se za ovu name-

nu koriste giberelini. Sa aspekta čuvanja plodova, najvažnija je uloga giberelina u sprečavanju nastanka rđaste prevlake na plodu jabuke (Đurović *et al.*, 2023). Na pojavu rđaste prevlake su posebno osetljive neke sorte, npr. Golden Delicious pokazuje izrazitu sklonost, a osetljivost je najveća prvih 40 dana nakon cvetanja (Radivojević *et al.*, 2017), pa se u tom periodu i primenjuju tretmani za sprečavanje njenog nastanka. Najčešće se koristi formulacija giberelina  $GA_{4+7}$ , a uobičajeno se vrše četiri tretmana od precvetavanja u intervalu od 7–10 dana (Knoche *et al.*, 2011; Curry, 2012), pri preporučenoj koncentraciji od 15 do 20 mg l<sup>-1</sup> (McArtney *et al.*, 2007). Kombinacija giberelina  $GA_{4+7}$  i citokinina BA se takođe pokazala kao efikasna, a dodatno ispoljava uticaj na veličinu ploda, povećavajući odnos dužine i širine ploda (Lee *et al.*, 2022). Upravo ova kombinacija se primenjuje u cilju poboljšanja oblika ploda kod jabuke, što se ostvaruje delovanjem citokinina na podsticanje deobe ćelija i giberelina na njihovo izduživanje. Tako se postiže izgled izduženih plodova i povećava izraženost rebara na čašici, što je poželjno i karakteristično kod određenih sorti, npr. Golden Delicious. Citokinin kinetin u kombinaciji sa giberelinima  $GA_{4+7}$  ili  $GA_3$ , kao i samostalno primenjen, takođe daje efikasne rezultate (Koukourikou-Petridou *et al.*, 2007).

Boja ploda predstavlja važan parametar kvaliteta ploda jabuke, gde je kod crveno obojenih sorti poželjna intenzivna boja, ravnomerno zastupljena na površini ploda, a kod sorti bez dopunske boje odsustvo crvenila. Za poboljšanje obojenosti može se koristiti biljni regulator rasta etefon čijom primenom se oslobađa i podstiče sinteza etilena – hormona zrenja, koji podstiče dozrevanje plodova i samim tim i razvoj boje. Efekat se ostvaruje kroz značajno povećanje ukupnih antocijana i cijanidin-3-galaktozida (Singh & Shafiq, 2008), koji predstavlja najvažniji antocijanin u pokožici ploda jabuke. Rizik od ubrzanog zrenja ili opadanja plodova usled primene etefona može biti otklonjen prethodnom primenom aminoetoksivinilglicina (AVG), inhibitora sinteze etilena koji sprečava dozrevanje, uz ostvarenje efekta etefona na poboljšanje boje (Whale *et al.*, 2008). Autori su utvrdili efikasnost pri primeni AVG pet nedelja pre predviđene berbe, praćeno tretmanom etefonom dve nedelje potom. Abscisinska kiselina takođe može podstaći razvoj dopunske boje, ispoljavajući dejstvo preko redukcije akumulacije azota u plodu i povećanjem sinteze antocijana u pokožici ploda (Wang *et al.*, 2019).

Jedinjenja koja pripadaju grupi jasmonske kiseline – metil estar jasmonske kiseline – metil jasmonat (MeJA) i sintetički derivat propil dihidrojasmonat (PDJ) se upotrebljavaju za poboljšanje obojenosti plodova jabuke. U cilju poboljšanja obojenosti ploda, PDJ se može primeniti dve nedelje pre planirane berbe, a indeks crvene boje dostiže maksimum pri primeni 16 i potom 11 dana pre berbe (Atay, 2015). Shafiq *et al.* (2013) su postigli najefikasnije povećanje zastupljenosti dopunske boje na površini ploda jednom primenom MeJA u koncentraciji od 10 mmol l<sup>-1</sup>, 169 dana nakon punog cvetanja. Ovaj tretman je rezultirao povećanjem akumulacije antocijana, cijanidin-3-galaktozida, hlorogenske kiseline, floridzina, flavanola i flavonola u pokožici ploda. Jedna aplikacija se pokazala kao dovoljna za poboljšanje boje, povećanje broja tretmana nije ispoljilo efekat, a jednakom efikasnošću su se odlikovale rana i kasna primena (Rudell *et al.*, 2005; Shafiq *et al.*, 2013). Ipak, vreme primene može ispoljiti uticaj na druge parametre kvaliteta ploda. U slučaju kasnije primene (119 dana posle cvetanja) plodovi imaju veću stopu disanja i proizvodnju etilena u berbi, dok se kod ranije primene (48 dana nakon cvetanja) hidroliza skroba i omekšavanje ploda odvija sporije (Rudell *et al.*, 2005). Objašnjenje se nalazi u različitom uticaju MeJA na ekspresiju gena ACC sintetaze (MdACS1), odgovornog za sintezu etilena, koji može biti iniciran u periodu sazrevanja plodova (Liu *et al.*, 2018), ali ne i tokom perioda rasta i razvoja ploda, pre klimakterične faze (Li *et al.*, 2017).

U cilju poboljšanja obojenosti plodovi se mogu tretirati potapanjem u MeJA. Rudell *et al.* (2002) su na isti način tretirali plodove nakon berbe i potom ih izlagali UV svetlosti, čime su povećali sintezu antocijana, beta karotena i hlorofila b u plodovima sorte Fuji, a time i poboljšali obojenost plodova. Kako ne bi došlo do narušavanja kvaliteta i trajasnosti plodova usled primene MeJA u klimakteričnoj fazi, plodove je potrebno tretirati inhibitorom dejstva etilena 1-metilciklopropenom (Li *et al.*, 2017). Prilikom aplikacije MeJA u periodu pre berbe, uočeno je da je razvoj dopunske boje prisutniji sa osunčane strane ploda (Shafiq *et al.*, 2013), što ukazuje da je svetlost važan faktor u sintezi antocijana indukovanoj od strane jasmonata (Liu *et al.*, 2018). Ryu *et al.* (2022) su kod sorte Fuji ispitali efikasnost MeJA i etefona u kombinaciji sa UV-B svetlom, primenjenih na delu ploda na kom je bilo sprečeno dobijanje boje prirodnim putem. Najefika-

sniji je bio tretman sa MeJA u kombinaciji sa UV-B svetlosti gde je za 48 h sadržaj ideina (cijanidin-3-galaktozida) u pokožici, koji je bio u pozitivnoj korelaciji sa bojom, dostigao blizu 100% u odnosu na deo ploda obojen u prirodnim uslovima.

Metil jasmonat se takođe može koristiti za odlaganje razgradnje hlorofila u plodu, što je interesantno kod sorti bez dopunske crvene boje, gde je poželjno da plodovi što duži period zadrže zelenu boju. Lv *et al.* (2023) su došli do zaključka da je koncentracija primenjenog sredstva ključna, gde MeJA pri 10  $\mu\text{M}$  usporava razgradnju hlorofila kod sorte Golden Delicious, dok primenjen u visokoj koncentraciji od 1500  $\mu\text{M}$  daje suprotan efekat.

### Uticao biljnih regulatora rasta na sprečavanje opadanja plodova jabuke

Tokom perioda razvoja plodova, kako se bliži berba, količina produkovanog etilena se povećava, a ujedno se smanjuje sadržaj auksina koji ima ulogu da spreči opadanje plodova, odnosno formiranje apscisne zone. Neke sorte imaju povećanu produkciju etilena, kao što su Jonagold, Red Delicious, Idared i u manjoj meri Golden Delicious, stoga su one sklonije prevremenom opadanju (Radivojević *et al.*, 2017), što može prouzrokovati velike ekonomske gubitke. Takođe, ubrzano sazrevanje plodova usled veće proizvodnje etilena je nepoželjno jer u tom slučaju dolazi do pogoršanja kvaliteta plodova, a time i njihove skladišne sposobnosti. Zbog toga se nastoji da se primenom regulatora rasta uspori sazrevanje plodova u voćnjaku i time spreči njihovo propadanje i omogući bolja organizacija berbe. Za kontrolu opadanja plodova uspešno se koriste sledeći biljni regulatori rasta: NAA, AVG i 1-MCP.

NAA deluje tako što povećava nivo auksina u biljci i time sprečava formiranje apscisnog sloja, međutim, ujedno podstiče sintezu etilena i tako utiče na brže dozrevanje plodova pa time smanjuje mogućnost njihovog čuvanja (Rademacher, 2015). Jedna primena 3 nedelje pre berbe nije adekvatna za sprečavanje opadanja plodova, već se tretman mora ponoviti kako bi se efekat sredstva produžio (Milić *et al.*, 2016), obzirom da dejstvo traje tokom 14 dana. U eksperimentu Yildiz *et al.* (2012), ni dva tretmana u koncentraciji od 20  $\text{mg l}^{-1}$ , primenjena 4 i 2 nedelje pre planirane berbe, nisu bila efikasna u sprečavanju opadanja plodova kod sorte Red Chief. Suprotno, Yuan & Carbaugh

(2007) pri istoj koncentraciji, jednom aplikacijom 3 ili 1 nedelju pre berbe, postižu odlaganje opadanja plodova za 14 dana, dok dve primene produžavaju efekat na 20 dana. Primena NAA u kombinaciji sa 1-MCP ili AVG pokazuje veću efikasnost u odnosu na samostalnu primenu sva tri sredstva (Yuan & Carbaugh, 2007). Na taj način se ujedno inhibira sinteza, odnosno dejstvo etilena i sprečava omekšavanje plodova indukovano primenom NAA, a ostvaruje bolja kontrola opadanja plodova povećanjem nivoa auksina.

AVG inhibira sintezu etilena, što se ostvaruje sprečavanjem dejstva enzima ACC sintetaze neophodnog za sintezu ovog hormona. Pokazao se kao veoma efikasan, međutim u godinama sa visokim temperaturama tokom leta, sa preko 35°C, kontrola apscisije nije potpuna, ali se može poboljšati u kombinaciji sa NAA (Robinson *et al.*, 2020). AVG primenjen 4 nedelje pre berbe smanjuje koncentraciju etilena, usporava hidrolizu skroba, sprečava gubitak čvrstoće i ima potencijal da smanji pojavu staklavosti ploda kod sorte Red Delicious, u berbi i nakon čuvanja (Drake *et al.*, 2005), kao i pucanje plodova oko peteljkinog udubljenja kod sorte Gala (Drake *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2022). Prilikom upotrebe AVG, nepovoljna osobina je to što sprečava razvoj boje na plodu (Whale *et al.*, 2008), a takođe je primećeno da smanjuje senzorne osobine ploda (Drake *et al.*, 2005), obzirom da usporava sazrevanje. Kada se etefon primeni nakon AVG povećava se sadržaj antocijana i procenat obojenosti, kao i senzorni kvalitet, bez gubitka čvrstoće i skladišne sposobnosti plodova (Drake *et al.*, 2005; Drake *et al.*, 2006; Whale *et al.*, 2008). Prema Elfving *et al.* (2007), AVG kontroliše unutrašnju koncentraciju etilena približno dobro kao 1-MCP primenjen u voćnjaku ili u skladištu, ali nakon čuvanja plodovi mnogo brže gube čvrstoću.

1-MCP je gas koji oponaša strukturu etilena i ima visok afinitet vezivanja za receptore etilena u biljnom tkivu (Rademacher, 2015), čime sprečava njegovo dejstvo. Formulacija koja može biti primenjena kao tečna u voćnjaku se koristi za odlaganje zrenja i sprečavanje opadanja plodova pre berbe. Sredstvo se može primeniti od 14 do 3 dana pre predviđene berbe (Šestić *et al.*, 2023), što predstavlja njegovu prednost u odnosu na prethodno pomenute biljne regulatore rasta koji nisu jednako efikasni primenjeni bliže datumu berbe (Yuan & Carbaugh, 2007; Robinson *et al.*, 2010). Druge prednosti se ogledaju u odlaganju sazrevanja kroz

usporenu razgradnju skroba i održavanje čvrstoće čime se postiže bolja organizacija berbe, a ujedno omogućava razvoj dopunske boje na plodovima (Šestić *et al.*, 2023). Može umanjiti prisustvo fiziološkog oboljenja tokom čuvanja kod sorte Gala, poznatog kao unutrašnje tamnjenje mezokarpa u predelu peteljke („stem end flesh browning“), ali ne sprečava njegovu pojavu u potpunosti (Doerflinger *et al.*, 2017). Sa povećanjem koncentracije odlaže se sazrevanje plodova i razvoj dopunske boje, s tim što povećanje preko 135 mg l<sup>-1</sup> ne doprinosi daljem očuvanju čvrstoće ploda (do Amarante *et al.*, 2022). Primenom 1-MCP u voćnjaku ostvaruje se efikasna kontrola koncentracije etilena i gubitka čvrstoće ploda tokom 225 dana u skladištu, kao i 7 dana nakon iskladištavanja plodova u uslovima sobne temperature (Elfving *et al.*, 2007). Sredstvo ima potencijal da smanji produkciju etilena tokom skladištenja samo ukoliko su plodovi ubrani u optimalnom terminu, dok kasno ubrani plodovi stvaraju istu količinu etilena kao i netretirani plodovi (Malachowska & Tomala, 2022). Ovaj efekat zakasnele berbe otklanja se ukoliko se plodovi tretiraju sa 1-MCP i u skladištu nakon berbe.

### Uticaj biljnih regulatora rasta na poboljšanje skladišne sposobnosti plodova jabuke

S obzirom da jabuka pripada grupi klimakteričnih voćki, kako bi se kvalitet ploda nakon berbe očuvao, potrebno je sprečiti dozrevanje i smanjiti respiraciju i produkciju etilena. To se ostvaruje skladištenjem plodova, a kako bi se dodatno očuvao kvalitet plodova tokom ali i nakon čuvanja, prilikom skladištenja se primenjuje 1-MCP, koji će blokirati dejstvo etilena. Za kontinentalne voćke optimalna koncentracija 1-metilciklopropena je 1 µl l<sup>-1</sup>, primenjena u roku od 12–24 h nakon berbe, pri temperaturi od 0°C u hladnom skladištu (Zhang *et al.*, 2020). Efekat primene 1-MCP na plodove jabuke je sledeći: smanjuje koncentraciju etilena u plodovima do 89 % i njegovu produkciju, kao i stopu disanja do 69%, inhibira dejstvo enzima koji su uključeni u proces degradacije ćelijskog zida, tamnjenje ploda i biosintezu etilena, održava čvrstoću ploda i smanjuje gubitak mase i odnosa rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina, redukuje sintezu antocijana, likopena i karotenoida, kao i isparljivih jedinjenja, a poboljšava održanje sadržaja hlorofila i fenola (Zhang *et al.*, 2020).

1-MCP ne bi trebalo primenjivati u skladištu kod sorte Braeburn, koja već ima usporeno disanje, jer može izazvati unutrašnje tamnjenje mesa (Šestić *et al.*, 2023) i pojačati pojavu šupljina bez obzira na uslove čuvanja, dok su plodovi manje podložni oboljenjima bez njegove primene, u uslovima dinamički kontrolisane atmosfere (Büchele *et al.*, 2023). Takođe, kod drugih sorti koje su sklone poremećajima izazvanim visokim sadržajem CO<sub>2</sub>, nema uticaj na sprečavanje njihovog nastanka, ali smanjuje pojavu poremećaja uzrokovanih usled starenja, sprečava gubitak čvrstoće i ukupnih kiselina tokom čuvanja plodova (Thewes *et al.*, 2023). Tretman 1-MCP-om efikasno održava nizak nivo etilena u plodovima koji su ubrani dve nedelje nakon optimalnog roka, i do 9 meseci u uslovima dinamički kontrolisane atmosfere (Malachowska & Tomala, 2022). Efikasno sprečava pojavu skalda, usporava omekšavanje plodova i promenu boje usled sazrevanja, tokom skladištenja i nakon iskladištavanja, ali povećava pojavu gorkih pega kod plodova koji nisu tretirani kalcijumom (Gago *et al.*, 2016). Upotreba 1-MCP doprinosi dužem čuvanju plodova sorte Grenny Smith u uslovima normalne atmosfere, bez značajnog gubitka senzornog kvaliteta, i takođe sprečava pojavu skalda tokom 9 meseci u skladištu (Tomic *et al.*, 2016).

### Zaključak

Iz datog pregleda upotrebe biljnih regulatora rasta u proizvodnji jabuke, može se zaključiti da ostvaruju veliki uticaj na kvalitet i skladišni potencijal ploda, direktnim ili posrednim dejstvom. U zasadima jabuke se koriste za proređivanje cvetova i plodova, regulisanje bujnosti, sprečavanje pojave rđaste prevlake, podsticanje izduživanja ploda, pospešivanje razvoja dopunske boje, sprečavanje opadanja plodova i odlaganje sazrevanja plodova. Njihova upotreba omogućava postizanje visokog kvaliteta ploda uz karakterističan sortni izgled, berbu u optimalnom momentu uz bolju organizaciju, poboljšanje skladišne sposobnosti plodova i sprečavanje nastanka fizioloških oboljenja. Pored brojnih pozitivnih dejstava, biljni regulatori rasta mogu u određenoj meri uticati i negativno na kvalitet ploda, stoga je neophodno isto uzeti u obzir prilikom njihove upotrebe.

## Literatura

- Atay A.N., Koyuncu F. (2017): Impact of repeated yearly applications of prohexadione-calcium on vegetative and reproductive growth of 'Golden Delicious'/M.9 apple trees. *Journal of Horticultural Research*, 25: 47–54.
- Atay E. (2015): Effect of application time of prohydrojasmon on fruit coloration of Gala and Braeburn apples. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21: 1242–1247.
- Bizjak J., Jakopic J., Stampar F., Stich K., Halbwirth H., Zadavec P., Veberic R. (2012): Late prohexadione-calcium application on maturing apple cv. 'Braeburn' fruit reduces anthocyanins and alters the phenolic content. *European Journal of Horticultural Science*, 77: 154–162.
- Büchle F., Thewes F.R., Khera K., Voegelé R.T., Neuwald D.A. (2023): Impacts of dynamic controlled atmosphere and temperature on physiological disorder incidences, fruit quality and the volatile profile of 'Braeburn' apples. *Scientia Horticulturae*, 317: 112072.
- Cline J. (2017): Interactive effects of 6-BA, GA<sub>4+7</sub> and prohexadione-calcium on 'Gala' apples. *Canadian Journal of Plant Science*, 97: 632–644.
- Curry E. (2012): Increase in epidermal planar cell density accompanies decreased russetting of 'Golden Delicious' apples treated with gibberellin A<sub>4+7</sub>. *HortScience*, 47: 232–237.
- do Amarante C.V.T., Argenta L.C., de Freitas S.T., Steffens C.A. (2022): Efficiency of pre-harvest application of 1-MCP (Harvista™ 1.3 SC) to delay maturation of 'Cripps Pink' apple fruit. *Scientia Horticulturae*, 293: 110715.
- do Amarante C.V.T., Silveira J.P.G., Steffens C.A., de Freitas S.T., Mitcham E.J., Miqueloto A. (2020): Post-bloom and preharvest treatment of 'Braeburn' apple trees with prohexadione-calcium and GA<sub>4+7</sub> affects vegetative growth and postharvest incidence of calcium-related physiological disorders and decay in the fruit. *Scientia Horticulturae*, 261: 108919.
- Doerflinger F.C., Sutanto G., Nock J.F., Shoffe Y.A., Zhang Y., Watkins C.B. (2017): Stem-end flesh browning of 'Gala' apples is decreased by preharvest 1-MCP (Harvista) and conditioning treatments. *Fruit Quarterly*, 25: 9–14.
- Drake S.R., Eisele T.A., Drake M.A., Elfving D.C., Drake S.L., Visser D.B. (2005): The influence of aminoethoxyvinylglycine and ethephon on objective and sensory quality of 'Delicious' apples and apple juice at harvest and after storage. *HortScience*, 40: 2102–2108.
- Drake S.R., Elfving D.C., Drake M.A., Eisele T.A., Drake S.L., Visser D.B. (2006): Effects of aminoethoxyvinylglycine, ethephon, and 1-methylcyclopropene on apple fruit quality at harvest and after storage. *HortTechnology*, 16: 16–23.
- Dussi M.C., Gharding G., Reeb P., De Bernardin F., Apendino E. (2006): Fruit thinning effects in the apple cv. 'Royal Gala'. *Acta Horticulturae*, 727: 401–408.
- Duyvelshoff C., Cline J.A. (2013): Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young 'Northern Spy' apple trees. *Scientia Horticulturae*, 151: 128–134.
- Dekic I., Radivojevic D., Milivojevic J. (2019): Quality perception throughout the apple fruit chain. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 3106–3118.
- Durović D., Milivojević J., Đorđević B. (2023): Primena savremenih mera u voćarskoj proizvodnji u cilju poboljšanja kvaliteta i trajašnosti plodova. *Zbornik radova VIII savetovanja „Inovacije u voćarstvu“*, pp. 1–20.
- Elfving D.C., Drake S.R., Reed A.N., Visser D.B. (2007): Preharvest applications of sprayable 1-methylcyclopropene in the orchard for management of apple harvest and postharvest condition. *HortScience*, 42: 1192–1199.
- Embree, C.G., Nichols, D.S., DeLong, J.M., Prange, R.K. (2001): Certain chemical thinning treatments advance maturity of Paular apple. *Canadian Journal of Plant Science*, 81: 499–501.
- Gago C.M.L., Guerreiro A.C., Miguel G., Panagopoulos T., da Silva M.M., Antunes M.D.C. (2016): Effect of calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on 'Golden Delicious' apple cold storage physiological disorders. *Scientia Horticulturae*, 211: 440–448.
- Galimba K.D., Bullock D.G., Dardick C., Liu Z., Callahan A.M. (2019): Gibberellic acid induced parthenocarpic 'Honeycrisp' apples (*Malus domestica*) exhibit reduced ovary width and lower acidity. *Horticulture Research*, 6: 41.
- Greene D., Costa G. (2013): Fruit thinning in pome-and stone-fruit: state of the art. *Acta Horticulturae*, 998: 93–102.
- Greene D.W. (2008): The effect of repeat annual applications of prohexadione-calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. *HortScience*, 43: 376–379.
- Griffith C., Wittenbach T., Schwallier P., Kalcits L., Beaudry R., Einhorn T. (2021): Can auxin and ABA sprays mitigate bitter pit development in 'Honeycrisp' apples? *Fruit Quarterly*, 29: 8–12.
- Hladnik J., Stopar M. (2021): Effect of flowering promotion with NAA or ethephon on 'Golden Delicious' apple trees with different flowering intensities. *European Journal of Horticultural Science*, 86: 384–390.
- Keserović Z., Lukić M., Radivojević D., Magazin N., Milić B. (2017): Savremeni sortiment i tehnologija proizvodnje jabuke. *Zbornik apstrakata savetovanja „Savremena proizvodnja voća“*, pp. 7–10.
- Knoche M., Khanal B.P., Stopar M. (2011): Russetting and Microcracking of 'Golden Delicious' Apple Fruit Concomitantly Decline Due to Gibberellin A<sub>4+7</sub> Application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136: 159–164.
- Koukourikou-Petridou M.A., Voyiatzis D.G., Stylianidis D.K., Sotiropoulos T.E., Therios I.N. (2007): Effects of some growth regulators on pre- and after-storage quality of 'Red Chief Delicious' apples. *European Journal of Horticultural Science*, 72: 8–11.
- Lee U.S., Yoon H.K., Kang K.J., Lee J.W., Park H., Seo J.H. (2022): Effects of GA<sub>4+7</sub>+6-BA and air circulation heating fan treatment on russetting in 'Scilate' apple. *Acta Horticulturae*, 1353: 273–278.
- Li T., Xu Y., Zhang L., Ji Y., Tan D., Yuan H., Wang A. (2017): The jasmonate-activated transcription factor MdMYC2 regulates ethylene response factor and ethylene biosynthetic genes to promote ethylene biosynthesis during apple fruit ripening. *Plant Cell*, 29(6): 1316–1334.
- Link H. (2000): Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation*, 31: 17–26.

- Liu J., Islam M.T., Sherif S.M. (2022): Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the pre-harvest drop rate, fruit quality, and stem-end splitting in 'Gala' apples. *Horticulturae*, 8: 1100.
- Liu W., Li T., Yuan H., Tan D., Wang A. (2018): Enhancement of apple coloration using jasmonate treatment without sacrificing storage potential. *Plant Signaling & Behavior*, 13: e1422467.
- Lv J., Zhang Y., Tang W., Chen J., Ge Y., Li J. (2023): Concentration-dependent impacts of exogenous methyl jasmonate (MeJA) on chlorophyll degradation of apple fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 203: 112398.
- Magazin N., Đurović D. (2017): Savremene tehnologije u čuvanju svežeg voća. Zbornik apstrakata savetovanja „Savremena proizvodnja voća“, pp. 55–57.
- Malachowska M., Tomala K. (2022): Effect of preharvest and postharvest application of 1-MCP on the quality of Gala Schniga® SchniCo Red(s) apples during long-term storage. *Agriculture*, 12: 2073.
- McArtney S., Obermiller J.D., Green A. (2007): Prohexadione-Ca reduces russet and does not negate the efficacy of GA<sub>4+7</sub> Sprays for russet control on 'Golden Delicious' apples. *HortScience*, 42: 550–554.
- Meland M., Kaiser C. (2011): Ethephon as a blossom and fruitlet thinner affects crop load, fruit weight, fruit quality, and return bloom of 'Summerred' apple (*Malus × domestica*) Borkh. *HortScience* 46: 432–438.
- Mikulić-Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. (2009): The effect of prohexadione-calcium on the phenolic content in developing fruits and leaves of apple trees. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7: 369–375.
- Milić B., Keserović Z., Magazin N., Dorić M., Tarlanović J. (2016): Kontrola prevremenog opadanja plodova sorte jabuke Ajda-red upotrebom a-naftilsirćetne kiseline. *Journal of Agricultural Sciences*, 6: 171–180.
- Mratinić E., Đurović D. (2015): Biološke osnove čuvanja voća. Partenon i Vibeko agrar, Beograd.
- Rademacher W. (2015): Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34: 845–872.
- Radivojević D., Milivojević J., Veličković M., Oparnica Č. (2017): Primena biljnih bioregulatora kod kontinentalnih vrsta voćaka. Zbornik radova VI savetovanja Inovacije u voćarstvu, pp. 5–26.
- Radivojević D., Milivojević J., Veličković M., Oparnica Č. (2019): The establishment of intensive apple orchards in Serbia. *Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, XLIX: 119–126.
- Radivojević D., Milivojević J., Pavlović M., Stopar M. (2020): Comparison of metamitron efficiency for postbloom thinning of young 'Gala' and 'Golden Delicious' apple trees. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44: 83–94.
- Radivojević D., Fotirić M., Milivojević J., Oparnica C. (2022): Chemical thinning induced by single and sequential application of BA, NAA and metamitron on 'Gala' and 'Golden Delicious' apple. *Acta Horticulturae*, 1341: 1–8.
- Robinson T., Hoying S., Iungerman K., Kviklyš D. (2010): AVG combined with NAA control pre-harvest drop of 'McIntosh' apples better than either chemical alone. *Acta Horticulturae*, 884: 343–350.
- Robinson T., Hoying S., Iungerman K., Kviklyš D. (2020): Retain combined with NAA controls pre-harvest drop of McIntosh apples better than either chemical alone. *New York Fruit Quarterly*, 18: 9–13.
- Rudell D.R., Fellman J.K., Mattheis J.P. (2005): Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. *HortScience*, 40: 1760–1762.
- Rudell D.R., Mattheis J.P., Fan X., Fellman J.K. (2002): Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in 'Fuji' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127: 435–441.
- Ryu J.A., Duan S., Gil C.S., Jeong H.J., Lee C., Kang I.K., Eom S.H. (2022): Combined UV-B and methyl jasmonate treatments enhance postharvest pigmentation of 'Fuji' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 190: 111938.
- Schmidt T.R., Elfving D.C., McPerson J.R., Whiting M.D. (2008): Gibberellic acid accelerates 'Honeycrisp', but not 'Cameo', apple fruit maturation. *HortTechnology*, 18: 39–44.
- Shafiq M., Singh Z., Khan A.S. (2013): Time of methyl jasmonate application influences the development of 'Cripps Pink' apple fruit colour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 611–618.
- Singh Z., Shafiq M. (2008): Training systems and pre-harvest ethrel application affect fruit colour development and quality of 'Pink Lady™' apple at harvest and in controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*, 774: 165–172.
- Spasojević S., Oparnica Č., Milivojević J., Radivojević D. (2022): Uticaj proređivanja cvetova na rodnost i karakteristike ploda sorte jabuke Golden Delicious. *Voćarstvo*, 56: 19–26.
- Spasojević S., Oparnica Č., Milivojević J., Radivojević D. (2023): Chemical thinning of apple fruit: A review. *Book of Abstracts of V Balkan Symposium on Fruit Growing*, 32.
- Stopar M. (2022): Return bloom enhancement of low, medium and high flowering Golden Delicious apple trees by the application of 1-naphthaleneacetic acid and ethephon. *Acta Horticulturae*, 1344: 151–158.
- Stopar M., Bolcina U., Vanzo A., Vrhovsek U. (2002): Lower crop load for cv. Jonagold apples (*Malus × domestica* Borkh.) increases polyphenol content and fruit quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 1643–1646.
- Šestić S., Cucchi A., Mattioda H., Ceccarelli A., Dupille E., Grzeda M., Riehle A. (2023): Upravljanje etilenom u hladnjači primenom smartfresh protabs i harviste u voćnjaku. Zbornik radova VIII savetovanja „Inovacije u voćarstvu“, pp. 71–82.
- Tešić N., Oparnica Č., Milivojević J., Radivojević D. (2022): The possibility of delayed fruit thinning in Gala apple. *Book of Proceedings of the International Young People Scientific Conference "The environment- research, charge, administration"*, 2: 68–72.
- Tomic N., Radivojević D., Milivojević J., Đekić I., Smigic N. (2016): Effects of 1-methylcyclopropene and diphenylamine on changes in sensory properties of 'Granny Smith' apples during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 112: 233–240.



- Thewes F.R., Argenta L.C., de Oliveria Anese R., Stanger M.C., de Freitas S.T. (2023): The response of 'Monalisa' apples to high CO<sub>2</sub> storage conditions, harvest maturity and 1-MCP treatment. *Scientia Horticulturae*, 317: 112038.
- Uselis N., Viskelis J., Lanauskas J., Liaudanskas M., Janulis V., Darius K. (2020): Effects of growth control on yield and fruit quality of the apple cultivar 'Rubin'. *Agricultural and Food Science*, 29: 245–252.
- Wan-Sembok W.Z.B. (2009): Regulation of fruit color development, quality and storage life of 'Cripps Pink' apple with deficit irrigation and plant bioregulators. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, School of Agriculture and Environment, Curtin University of Technology, Perth.
- Wang F., Sha J., Chen Q., Xu X., Zhu Z., Ge S., Jiang Y. (2019): Exogenous abscisic acid regulates distribution of 13C and 15N and anthocyanin synthesis in 'Red Fuji' apple fruit under high nitrogen supply. *Front Plant Science*, 10: 1738.
- Whale S.K., Singh Z., Behboudian M.H., Janes J., Dhaliwal S.S. (2008): Fruit quality in 'Cripp's Pink' apple, especially color, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. *Scientia Horticulturae*, 115: 342–351.
- Yildiz K., Ozturk B., Ozkan Y. (2012): Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Red Chief' apple. *Scientia Horticulturae*, 144: 121–124.
- Yuan R., Carbaugh D.H. (2007): Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples. *HortScience*, 42: 101–105.
- Zadravec P., Cmelik Z., Tojnko S., Unuk T., Schlauer B. (2008): Vegetative growth, yield and fruit quality of 'Gala' apple treated with Regalis (Prohexadione-Ca). *Acta Horticulturae*, 774: 287–290.
- Zhang J., Ma Y., Dong C., Terry L.A., Watkins C.B., Yu Z., Cheng Z.M. (2020): Meta-analysis of the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on climacteric fruit ripening. *Horticulture Research*, 7: 208.

## **EFFECT OF PLANT GROWTH REGULATORS ON THE APPLE FRUIT QUALITY AND STORABILITY POTENTIAL**

**Slavica Spasojević\*, Dejan Đurović, Jasminka Milivojević, Dragan Radivojević**

*Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia*

*\*E-mail: slavica.spasojevic@agrif.bg.ac.rs*

### **Abstract**

The use of plant growth regulators (PGRs) as an effective means of regulating fruit yield and quality is now common practice in apple production. During fruit growth and development, various treatments are carried out to achieve fruit quality that meets market requirements, and after harvest to maintain quality and allow long storage and supply of fresh fruit to the market. The effect of PGRs on fruit quality and storability

can be achieved by regulating vigor and yield, improving fruit quality, preventing fruit drop, and improving fruit storability. The synthetic PGRs most commonly used for these purposes are auxins, gibberellins, cytokinins, jasmonic acid, ethephon, inhibitors of gibberellin synthesis, and inhibitors of the synthesis or action of ethylene.

**Key words:** NAA, 6-BA, GA, ethephon, 1-MCP, AVG