

Problematika hladnega skladiščenja pri proizvodnji potaknjencev zel- natih in lesnatih okrasnih rastlin

Matej VOŠNJAK¹, Gregor OSTERC^{2,3}

Received August 29, 2022; accepted September 30, 2022.
Delo je prispelo 29. avgusta 2022, sprejeto 30. septembra 2022

Issues relating to the use of cold storage method in the pro- duction of herbaceous and woody cuttings of ornamental plants

Abstract: In ornamental horticulture, propagation by cuttings is the most important and most commonly used method of vegetative propagation of plants. During propagation, growers use various techniques to ensure or maintain the highest quality of material. With the relocation of the world's major ornamental plant growers to tropical and subtropical areas, maintaining the quality of the material during transport has become crucial for further plant production. The method of cold storage of plant material is used in vegetative propagation and in the transport of cuttings of herbaceous and woody ornamental plants from equatorial areas to the areas where they are to be rooted. Cold storage lowers the temperature of the plant material, thus slowing down the metabolism of the plants during storage, preserving the growth potential and quality of the cuttings and extending their shelf life. This paper reviews the management of cuttings of various ornamental plant species by cold storage, focusing on cuttings of herbaceous plants, cuttings of woody plants, and *in vitro* production.

Key words: cold storage; cuttings; vegetative propagation; ornamental plants

Problematika hladnega skladiščenja pri proizvodnji pota- knjencev zelnatih in lesnatih okrasnih rastlin

Izvleček: Razmnoževanje s potaknjenci je najpomembnejša in najpogosteje uporabljena metoda vegetativnega razmnoževanja rastlin v okrasnem vrtnarstvu. V verigi proizvodnje sadik se pridelovalci poslužujejo različnih tehnik in metod, da bi zagotovili oziroma ohranili karseda kakovosten rastlinski material. Zaradi selitve večjih svetovnih pridelovalcev zelnatih okrasnih rastlin v tropska in subtropska območja, kjer je pridelava enostavnejša, cenejša in lažja, je ohranjanje kakovosti materiala v času transporta postalo ključnega pomena za nadaljnjo proizvodnjo rastlin. Metoda hladnega skladiščenja se uporablja pri vegetativnem razmnoževanju in pri transportu potaknjencev zelnatih in lesnatih okrasnih rastlin iz ekvatorialnih delov do območij, kjer jih nato koreninijo. Hladno skladiščenje znižuje temperaturo rastlinskega materiala, posledično se upočasni metabolizem rastlin med skladiščenjem, ohrani se rastni potencial in kakovost potaknjencev ter podaljša se njihovo obstojnost. V prispevku je predstavljen pregled na področju hladnega skladiščenja potaknjencev različnih vrst okrasnih rastlin, s poudarkom na potaknjencih zelnatih, lesnatih rastlin in rastlin iz *in vitro* proizvodnje.

Ključne besede: hladno skladiščenje; potaknjenci; vegetativno razmnoževanje; okrasne rastline

¹ Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

³ Korespondenčni avtor, e-naslov: gregor.osterc@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Okrasne rastline se uporabljajo za dekoracijo in popestritev notranjih in zunanjih prostorov v najrazličnejših oblikah. Proizvodnja okrasnih rastlin je vsako leto močnejša, predvsem v vodilnih državah Evropske Unije glede pridelave okrasnih rastlin Nizozemski, Angliji, Italiji, Franciji, Španiji. V Sloveniji so se, po podatkih Statističnega urada RS pridelovalne površine (ha), namenjene za pridelavo okrasnih rastlin, od leta 2010 (229,6 ha) do leta 2019 (117,1 ha) zmanjšale za 49 % (Preglednica 1) (Statistični urad RS, 2021).

Leta 2006 je bilo v Sloveniji po številu pridelanih sadik največ balkonskih rastlin, enoletnic, dvoletnic in sobnih rastlin (Slika 1). Kljub temu pa je poraba okrasnih rastlin v Sloveniji relativno velika in primerljiva z omenjenimi evropskimi državami.

Sortiment okrasnih rastlin se z vsakim letom po-

večuje in obsega preko dva tisoč rodov (Chen, 2021). Žlahtnitelji iščejo nove, zanimive sorte, z glavnim ciljem obilnejšega cvetenja, atraktivne barve ali barvne kombinacije ter polnosti cvetov ter manjše občutljivosti na abiotске in biotske dejavnike.

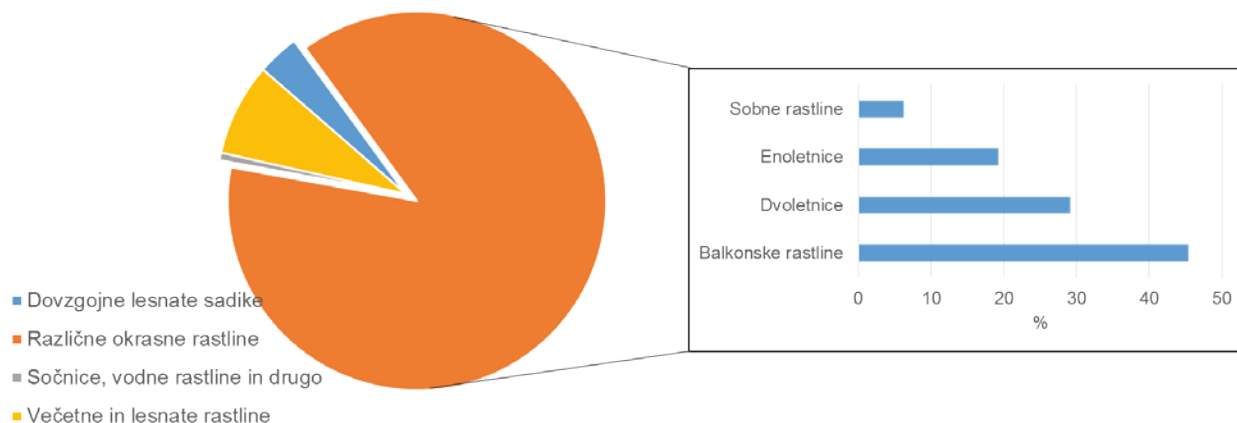
Posebnost panoge okrasnega vrtnarstva je raznolikost pridelave. Pridelavo okrasnih rastlin lahko razdelimo na pridelavo na prostem in/ali v zavarovanem prostoru. Na prostem se večinoma prideluje lesnate rastline (drevesa, grme in polgrme), zelnate rastline (trajnice in dvoletnice, npr. mačehe) ter okrasno trato. V zavarovanih prostorih pa poteka predvsem razmnoževanje okrasnih rastlin in pridelava lončnih rastlin (balkonske rastline, sobne cvetoče in zelene rastline) ter rastlin za rezano cvetje in dekoracijo.

Poznamo dva načina razmnoževanja okrasnih rastlin, generativno (iz semen) in vegetativno. Vegetativno razmnoževanje je razmnoževanje z vegetativnimi deli

Preglednica 1: Pridelovalne površine (ha) okrasnih rastlin leta 2019 v Sloveniji (Statistični urad RS, 2021)

Table 1: Cultivated area (ha) of ornamental plants in 2019 in Slovenia (Statistical Office of the Republic of Slovenia, 2021)

	Pridelovalna površina (ha)
Okrasne rastline	117,1
Sobne rastline in lončnice	5,6
Balkonske rastline	18,4
Enoletnice	7,4
Dvoletnice	3,9
Večletne in lesnate rastline	78,6
Dovzgojne sadike cvetja, okrasnih ali lesnatih rastlin za prodajo	3,2
Rezano cvetje	6,7



Slika 1: Struktura števila pridelanih sadik v Sloveniji (%) leta 2006 (Statistični urad RS, 2021)

Figure 1: Structure of the number of seedlings produced in Slovenia (%) in 2006 (Statistical Office of the Republic of Slovenia, 2021)

rastlin (poganjek, del poganjka, del korenine, del lista, rastni vršiček idr.), kjer se izkorišča gensko določene lastnosti rastlinskega tkiva in celice - sposobnost regeneracije. Vsaka vegetativna celica je v določenih razmerah sposobna podvajanja (mitotske delitve) v določeni fazi ali starosti. Pri vegetativnem razmnoževanju tako izkoriščamo t.i. totipotentnost rastlin (Hartmann in sod., 1997; Smole in Črnko, 2000).

Najenostavnejši način neposrednega vegetativnega razmnoževanja je razmnoževanje s potaknjenci, če se vrsta oz. sorta lahko tako razmnožuje, zato je razmnoževanje s potaknjenci najpomembnejša in najpogostejše uporabljena metoda vegetativnega razmnoževanja v okrasnem vrtnarstvu. Mnoge celice imajo možnost, da se remeristematizirajo in proizvedejo korenine in poganjke. Vsaka rastlinska totipotentna celica vsebuje potreben genetski zapis, da proizvede novo rastlino in to lastnost pri razmnoževanju s potaknjenci pridelovalci s pridom izkoriščajo (Hartmann in sod., 1997; Druege, 2009). V zadnjih desetletjih so se tudi za razmnoževanje lesnatih rastlin, predvsem zaradi možnosti hitrega razmnoževanja v velikem številu, začeli močno uporabljati *in vitro* postopki.

Namen prispevka je pregled relevantne svetovne literature s področja proizvodnje potaknjencev s poudarkom na pregledu uporabnosti metode hladnega skladiščenja potaknjencev zelnatih in lesnatih okrasnih rastlin.

2 PRIDELAVA POTAKNJENCEV

Razmnoževanje s potaknjenci je zelo razširjen način pridobivanja novih rastlin, tako v vrtnarijah kot tudi med ljubitelji okrasnih rastlin in ima številne prednosti: iz nekaj matičnih rastlin lahko vzgojimo mnogo novih rastlin. Metoda je poceni, hitra in enostavna glede na ostale vegetativne metode, ne potrebujemo posebnih tehnik in veliko prostora ter dobimo rastline enotnega (uniformnega) videza (Hartmann in sod., 1997; Druege, 2009). Potaknjenec je opredeljen kot del enoletnega ali toletnega poganjka zelnatih ali lesnatih (drevesa ali grmi) rastlin, ki jih lahko režemo v različnih razvojnih obdobjih (fenofazah) rastline. Pri nekaterih potaknjencih kombiniramo celo toletni les z večletnim lesom pri sami osnovi potaknjencev. To pomeni, da te potaknjence pripravimo tako, da pri toletnem poganjku pri osnovi pustimo ostanek večletnega lesa (tim. 'peto'). Ta način priprave potaknjencev je v uveljavi predvsem pri vrstah, ki razvijajo kratke poganjke, pri takšnih vrstah včasih potaknjence v celoti pripravljamo iz večletnega lesa (nekateri sorte smrek, pacipres, klekov, tudi kutina) (Osterc in Rusjan, 2013). Pri pridelavi okrasnih rastlin ločimo zelene potaknjence (režemo jih med rastno dobo) in lesnate potaknjence

(režemo jih v mirovanju), listne potaknjence (del lista, iz katerega se lahko razvije nova rastlina) ter koreninske potaknjence (odrežan del korenine), iz katerega se v določenih razmerah razvije nova rastlina (Smole in Črnko, 2000).

Med dejavnike, ki vplivajo na uspeh razmnoževanja s potaknjenci štejemo kakovost matične rastline, čas rezi potaknjencev, oskrbo in skladiščenje potaknjencev, nivo rastlinskih endogenih dejavnikov, rastne razmere ter način utrjevanja potaknjencev.

Ustrezna starost, kakovost (vitalne in zdrave) matične rastline, del rastline od koder odzvamemo potaknjence imajo pomembno vlogo, še posebej pri lesnatih rastlinah. S starostjo matične rastline se uspeh koreninjenja potaknjencev zmanjšuje, kar je v večini povezano s starejšimi meristemi, naraščanjem inhibitorjev koreninjenja in manjšo sposobnostjo tvorbe in akumulacije avksinov in drugih snovi, potrebnih za nastanek nadomestnih korenin (Hartmann in sod., 1997; Osterc, 2009). Ko potaknjenec ločimo od matične rastline, se ksilemske in floemske poti v rastlini prekinejo, potaknjenec na odrezanem delu opluteni zaradi nalaganja suberina, celice na tem delu pa se začnejo večati in deliti. Razvije se kalus, novonastalo tkivo, ki zaraste rano in ga imenujemo kalus rane. Nato se prične dediferenciacija zrelih celic v bližini prevajalnih tkiv in začno se tvoriti koreninske zasnove, ki kasneje razvijejo koreninske primordije. Ti rastejo skozi razviti kalus na zunanjo stran, nazadnje se oblikuje še koreninska čepica. To je običajna fiziološka pot razvoja nadomestnih korenin (Hartmann in sod., 1997; Sinkovič, 2000).

Razvoj debele plasti kalusa na bazi potaknjencev, ki se včasih tudi pojavi, je nasprotno izreden pojav in je povezan večinoma z neustrezno fiziološko starostjo matičnih rastlin (predvsem pri lesnatih rastlinah), neprimerne terminu rezi potaknjencev, pa tudi uporabe neustrezne rastlinske vrste. Plast kalusa ne sme biti predebela, saj lahko tako predstavlja oviro pri nastanku nadomestnih korenin. Tvorba nadomestnih korenin je končno, poleg drugih dejavnikov, odvisna tudi od začetnega statusa preskrbe matične rastline z dušikom in ogljikovimi hidrati (Blazich, 1988; Veierskov, 1988).

Čas rezi in potika je odvisen od vrste rastline, razvojne faze, načina potika in sistema gojenja (Hartmann in sod., 1997). V splošnem velja pomlad (vse do junija) za najprimernejši čas rezi potaknjencev, ko rastline pričenjajo z rastjo in je vsebnost avksinov v njih največja (Osterc, 2009), prav tako je takrat v rastlinah največja vsebnost ogljikovih hidratov (Rapaka in sod., 2005). Še posebej pri nekaterih vrstah rastlin (mnogi iglavci) se kot uspešen čas potika pojavlja tudi avgust (po koncu največje poletne vročine), pri čemer se ukoreninjeni potaknjenci presajajo naslednjo spomlad. Pomembno je, da

matične rastline ob rezi niso v vodnem stresu (Behrens, 1988; Hartmann in sod., 1997). Oskrba potaknjencev po rezi vključuje odstranjevanje odvečnih listov, prilistov, odstranitev cvetov, cvetnih brstov, trajanje in razmere v času skladiščenja, mineralna prehrana in izguba hranil, vsebnost avksinov in drugih endogenih spojin ter okoljskih dejavnikov (vlage, temperature, svetlobe, patogenov, rastnega substrata, uporabe rastnih regulatorjev). Razmnoževanje je uspešno, če potaknjencec preživi in uspešno raste poleg tega pa razvije dober koreninski sistem (Hartmann in sod., 1997).

Ker se pogosto dogaja, da potaknjencev ne moremo potakniti takoj po odstranitvi iz matične rastline, jih je potrebno do potika primerno skladiščiti. Primerno skladiščenje lahko predstavlja ključen dejavnik za nadaljnji uspeh gojenja rastline (uspešno koreninjenje in kasnejšo rast in razvoj). Pred več desetletji, je začela večina največjih svetovnih pridelovalcev zelnatih okrasnih rastlin, proizvodnjo seliti v tropska in subtropska območja Severne Afrike, Srednje Amerike, Azije in nekaj tudi Južne Evrope. Razlog za to je predvsem ekonomski, nižji proizvodni stroški, nižji davki in podpora lokalnih vlad. Globalizacija proizvodnje okrasnih rastlin je povzročila dodatne prilagoditve pridelovalcev, ki vključujejo transport in skladiščenje potaknjencev. Neukoreninjene potaknjence se iz matičnih nasadov transportira po vsem svetu in lahko traja nekaj dni, da material prispe do vrtarij in centrov, kjer jih ukoreninjajo in sadijo v gojitvene posode (Rapaka in sod., 2007).

3 SKLADIŠČENJE POTAKNJENCEV

Zaradi izrazite sezonske narave hortikulture industrije, je največje povpraševanje po potaknjencih in sadikah s strani vrtarij in centrov v ozkih prodajnih obdobjih. Proizvajalci se zato večkrat srečujejo s težavami pri zagotavljanju potreb povpraševanja v tem kratkem času. Ena izmed možnosti, s katero pridelovalci rešujejo naval povpraševanja, je proizvodnja in rez potaknjencev nekaj tednov prej in skladiščenje do vrhunca povpraševanja. Prav tako je zelo pomembna uporaba hladnega skladiščenja pri zelnatih rastlinah pri samem transportu potaknjencev do držav oz. območij, kjer jih nato koreninijo. Uspešen sistem skladiščenja mora minimizirati metabolizem rastlinskega materiala med samim skladiščenjem, ohraniti fotosintezo aktivnost in rastni potencial, obenem pa ohraniti kakovosten izgled materiala.

Preživetje in tvorba nadomestnih korenin pri takih potaknjencih pogosto predstavlja težavo in je odvisna, ne samo od razmer med skladiščenjem in transportom, ampak tudi od sposobnosti prilagoditve potaknjencev, ki

so gojeni v razmerah velikih jakosti svetlobe v območjih blizu ekvatorja in niso prilagojeni na razmere majhne jakosti svetlobe med zimskim obdobjem koreninjenja v steklenjakih Srednje Evrope (Forschner in Reuther, 1984; Druege in sod., 2004).

Oblikovanje korenin pri neukoreninjenih rastlinskih organih (tvorba nadomestnih korenin), je kompleksen fiziološki proces, na katerega vpliva veliko endogenih in okoljskih dejavnikov. Tvorba nadomestnih korenin je proces, ki zahteva energijo, ta pa večinoma izhaja iz zaloga ogljikovih hidratov v delu nastanka korenin (Agullo-Antón in sod., 2011). Uspešnost koreninjenja potaknjencev je torej odvisna od stanja matičnih rastlin, časa rezi potaknjencev, trajanja in oskrbe v času skladiščenja, izgube hranil in vode, vsebnosti endogenih spojin ter razmer v času potika in po njem. Ustrezno skladiščenje potaknjencev pred potikom je ključnega pomena za njihovo uspešno koreninjenje in kasnejšo rast in razvoj (Hartmann in sod., 1997; Druege in sod., 2004; Kadner in Druege, 2004; Klopotek in sod., 2016).

Med skladiščenjem in transportom potaknjencev je pomembno preprečiti oziroma zmanjšati izgubo vlage in preprečiti vdor patogenov. Med transportom do ciljne države oziroma vrtnega centra se lahko, sprva visoka kakovost potaknjencev pridobljenih v ugodnih klimatskih razmerah, zelo poslabša, kar se odraža na rumenenju listov, vsebnosti vode, rastnih regulatorjev in zaloga hranil v potaknjencih in tudi na propadu med obdobjem koreninjenja. Takšen odziv je lahko posledica neprimerne skladiščenja in transportnih razmer, vključno z visoko temperaturo in nezadostno prilagoditvijo potaknjencev na razmere, ki prevladujejo v končni državi (Forschner in Reuther 1984; Behrens, 1988; Kadner in Druege, 2004).

Hladno skladiščenje potaknjencev se pogosto uporablja pri vegetativnem razmnoževanju okrasnih rastlin, med drugim tudi pri transportu potaknjencev in ima pomembno vlogo pri proizvodnji okrasnih rastlin po Evropi (Agullo-Antón in sod., 2011; Klopotek in sod., 2016). Upočasnjuje rastlinski metabolizem, podaljša obstojnost potaknjencev, zmanjša vsebnost ogljikovih hidratov v potaknjencih, ki pri razvoju nadomestnih korenin sodelujejo kot signalne molekule, vir energije in ogljikovih skeletov, predvsem pa ohranja kakovost potaknjencev okrasnih rastlin (Behrens, 1988; Bredmose in Nielsen, 2009; Klopotek in sod., 2010; Rudnicki in sod., 1991). Nižja temperatura med skladiščenjem upočasni dihanje, zmanjša fotosintezo v listih potaknjencev, kar pospeši transport saharoze v bazalni del, poveča uspešnost koreninjenja ter zavre širjenje predvsem glivičnih okužb potaknjencev (Behrens, 1988; Paton in Schwabe, 1987; Druege, 2009; Druege in Kadner, 2008). Sun in sod. (2022) ter Skutnik in sod. (2020) poročajo, da

se metoda hladnega skladiščenja uspešno uporablja pri potaknjencih potonik (*Paonia lactiflora* Pall.), in lahko podaljša življenjsko dobo potaknjencev za več kot 20 dni.

Nepravilno skladiščenje rastlinskega materiala lahko povzroči zmanjšanje klorofila v listih (Conover, 1976), odpadanje listov (Curtis in Rodney, 1952), pospešeno porabo zalog ogljikovih hidratov (Behrens, 1988) in povečano občutljivost rastlin za bolezni in škodljivce (Smith, 1982). Vsi ti dejavniki lahko vplivajo na kakovost rastlin in povzročijo nadaljnje težave pri pridelavi. Kot poročajo Artea in sod. (1996) se je pri pelargonijah (*Pelargonium* × *hortorum* L.H. Bailey) zmanjšala vsebnost klorofila v listih (za 59 %), ogljikovih hidratov (zlasti škroba) in masa korenin (za 98 %), ko je temperatura v času transporta v 5-ih dneh skladiščenja narasla iz 4 na 25 °C. Takšen odziv pripisujejo pospešenim presnovnim procesom, zlasti dihanju. Pri prenizkih temperaturah skladiščenja, lahko pride do poškodb potaknjencev (Behrens, 1988; Kadner, 2005; Van der Hoeven, 1990). Hawramee (2019) prav tako poroča o negativnem vplivu nepravilnega hladnega skladiščenja potaknjencev navadne robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Raziskave na tem področju potekajo v smeri iskanja novih metod, s katerimi bi med skladiščenjem ohranili dobro fiziološko stanje potaknjencev za nadaljnje koreninjenje in zavrli katabolne procese ter preprečili morebitne okužbe (Artea in sod., 1996; Behrens, 1988; Brondani in sod., 2012; Hausman in sod., 2000).

3.1 ZELNATE RASTLINE

Pri zelikah oziroma zelnatih rastlinah je najbolj razširjen način vegetativnega razmnoževanja razmnoževanje z zelenimi potaknjenci. Potaknjenci so različni deli rastlin, niso enako dozoreli in so rezani v času vegetacije ali mirovanja. To razmnoževanje je razširjeno tako v vrtnarijah kot tudi med ljubitelji okrasnih rastlin. Metoda je relativno hitra, enostavna, poceni, vzgojene rastline pa so, če je metoda optimizirana, enotnega videza. Po poročanjih nekaterih avtorjev, se na hladno skladiščenje dobro odzivajo potaknjenci nageljnov (*Dianthus* spp.) (Agullo-Antón in sod., 2011; Garrido in sod., 1996; Garrido in sod., 1998), krizantem (*Chrysanthemum* spp.), pelargonij (*Pelargonium* spp.) (Druege in sod., 2000) in petunij (*Petunia* spp.) (Klopotek in sod., 2010).

Kadner (2005) je v raziskavi preučeval vpliv temperature na skladiščenje potaknjencev moljevke (*Plectranthus coleoides* Benth). Potaknjence, zavite v polietilensko folijo so skladiščili pri temperaturi 1, 5 ali 12 °C različno dolgo časa (3, 4, 5, 6, 7 in 14 dni). Ugotovili so, da je skladiščenje pri temperaturi 1 °C, ne glede na čas, negativno vplivalo na delež koreninjenja potaknjencev, prav

tako pa je veliko potaknjencev propadlo. Izpostavili so, da mora biti temperatura skladiščenja in transporta potaknjencev moljevke prilagojena razmeram, v katerih so bili potaknjenci proizvedeni, ter se tako ohrani kakovost potaknjencev do 7 dni. Temperatura skladiščenja in transporta potaknjencev iz južnih geografskih širin, zraslih pri večjih jakostih svetlobe, naj bi bila enaka ali večja od 10 °C, medtem ko je za potaknjence pridelane v centralno evropskih območjih pozimi in zgodaj spomladi najprimernejša temperatura za skladiščenje in transport 5 °C.

S povečanim povpraševanjem po pelargonijah na svetovni ravni, se z vsakim letom povečuje tudi transport potaknjencev teh rastlin iz proizvodnih obratov v ekvatorialnih delih sveta. S tem se povečuje tudi uporaba dolgotrajnejšega skladiščenja potaknjencev v obdobju neposredno po rezi in pred potikom v substrat. Potaknjenci so tako izpostavljeni različnim stresnim dejavnikom, ki lahko negativno vplivajo na kakovost. Tu so pomembni predvsem tema, temperaturna nihanja, vodni stres in tresenje pri prevozu, kar lahko povzroči mehanske poškodbe rastlinskega materiala (Artea in sod., 1996).

Sorte pelargonij se razlikujejo glede občutljivosti na skladiščenje in transport, pri večini pa se opaža relativno hitra razgradnja klorofila in staranje listov, kar poveča dovzetnost potaknjencev za glivične okužbe in zato v splošnem pelargonije ne veljajo za rastlinsko vrsto, pri kateri se da potaknjence daljši čas uspešno skladiščiti (Behrens, 1988). Artea in sod. (1996) so v svoji raziskavi ugotovili, da temperatura skladiščenja vpliva na stanje potaknjencev različnih sort pelargonij. Po petdnevem skladiščenju pri 4 °C ni bilo razlike v izgledu, masi listov in korenin ter vsebnosti klorofila v listih med kontrolnimi rastlinami in potaknjenci, medtem ko je že po prvem dnevu skladiščenja pri 20 °C in 25 °C vsebnost škroba v potaknjencih različnih sort pelargonij močno upadla. Druege in sod. (2004) poročajo, da skladiščenje potaknjencev v temi pri 10 °C za 1 teden značilno vpliva na zmanjšano vsebnost škroba in saharoze v listih potaknjencev pelargonij (*P. × hortorum* L.H. Bailey), medtem ko je v stebelnih tkivih ta vpliv manjši. Prav tako so Rapaka in sod. (2005) ugotovili močan upad vsebnosti ogljikovih hidratov (glukoze, fruktoze in škroba) v listih potaknjencev dveh sort pelargonij po štiridnevem skladiščenju pri 10 °C.

V raziskavi, ki so jo izvedli Druege in Kadner (2008) so ugotavljali vpliv hladnega skladiščenja potaknjencev pelargonij (10 °C za 4 dni) na razvoj listov in razvoj nadomestnih korenin. Ugotovili so, da je hladno skladiščenje vplivalo na zmanjšanje vsebnosti sladkorjev v bazalnem delu poganjkov. Začetna velika vsebnost škroba v bazalnem delu potaknjence se je med skladiščenjem zmanjšala.

Druege in sod. (2004) so prav tako pri pelargonijah (*P. ×hortorum* L.H. Bailey) raziskovali vpliv hladnega skladiščenja potaknjencev (10 °C za 1 teden) na vsebnost ogljikovih hidratov. Ugotovili so, da je nivo ogljikovih hidratov v rastlini odvisen od preskrbe rastline z dušikom, ki močno vpliva na asimilacijo in razporeditev ogljika. Dušik in preskrbljenost z ogljikovimi hidrati imata velik vpliv na vzdržljivost rastlin po prodaji. To igra pomembno vlogo, ne samo pri preživetju in razvoju, ampak predvsem takrat, ko predstavlja odvzeti del rastline začetni material za novo rastlino in je potrebna tvorba nadomestnih korenin. Ugotovili so, da je skladiščenje vplivalo na zmanjšanje vsebnosti škroba pri vseh obravnavanjih, medtem ko se je vsebnost sladkorjev zmanjšala samo pri potaknjencih, katerih matične rastline niso bile tretirane z dušikom. Zmanjšanje vsebnosti ogljikovih hidratov med skladiščenjem, zlasti škroba, je v skladu tudi z drugimi rezultati, pridobljenimi pri isti vrsti, po kratkotrajnem skladiščenju pri višjih temperaturah in se pripisuje metabolnim procesom, vključno z dihanjem (Arteca in sod., 1996; Behrens, 1988; Druege, 2000; Purer in Mayak, 1989).

Matične rastline petunije (*Petunia* spp.) gojijo v ekvatorialnih območjih, kjer pobrane potaknjence spravijo v embalažo in pošljejo do glavnih centrov za koreninjenje potaknjencev v Srednji Evropi in ZDA (Klopotek in sod., 2016). Tam potaknjence koreninijo v razmerah majhne jakosti svetlobe čez zimo, za zagotovitev rastlin kupcem spomladi in zgodaj poleti. Obdobje transporta potaknjencev petunij je pomemben del pri proizvodni verigi mladih rastlin in običajno poteka v temi. Prav tako potaknjence takoj shranijo običajno pri nizki temperaturi, preden vstopijo v fazo koreninjenja (Klopotek in sod., 2016). Klopotek in sod. (2010) so v raziskavi proučevali vpliv hladnega skladiščenja potaknjencev petunij v temi na tvorbo nadomestnih korenin. Potaknjence so po odstranitvi iz matične rastline skladiščili v temi, 7 dni in pri temperaturi 10 °C. Podobno raziskavo, prav tako na hibridih pri petuniji (*Petunia* spp.), so izvedli še Klopotek in sod. (2016). Oboji so ugotovili, da takšno skladiščenje izboljša rast nadomestnih korenin in dostopnost ogljikovih hidratov v potaknjencih petunij. Kmalu po končanem skladiščenju, so vsebnosti sladkorjev in škroba v potaknjencih narasle, predvsem v listih in v bazalnem delu potaknjenca.

Pozitiven učinek hladnega skladiščenja (0,5, 4 ali 5 °C) v temi na rast nadomestnih korenin so ugotovili pri potaknjencih krizantem in nageljnov (Druege in sod., 2000; Garrido in sod., 1996). Agullo-Antón in sod. (2011) so proučevali vpliv sladkorjev in avksinov na tvorbo nadomestnih korenin pri potaknjencih nageljna (*Dianthus caryophyllus* L.) skladiščenih na hladnem. Potaknjence so shranili v plastične vrečke, pri relativni zračni

vlagi 100 %, skladiščenih pri 5 °C v temi ali pri majhni jakosti svetlobe. Tedensko so merili koncentracijo glukoze, fruktoze, saharoze in škroba v bazalnih delih potaknjencev (0,5 cm). Po enem tednu skladiščenja so opazili bazipetalni transport predvsem saharoze iz mest nastanka v zelenih listih do mesta porabe v bazalnem delu stebela, kjer se tvorijo nadomestne korenine.

Podobno raziskavo so izpeljali Garrido in sod. (2002), ki so pri potaknjencih nageljnov (*D. caryophyllus* L.) skladiščenih 1 - 2 tedna pri temperaturi 4 °C podobno ugotovili, da tako skladiščenje povzroči akumulacijo IAA (indol-3-očetna kislina) na mestu koreninjenja, kar pospeši koreninjenje. Nivo ogljikovih hidratov med skladiščenjem je bil uravnavan z izpostavitvijo potaknjencev manjšim jakostim svetlobe ali temi. Potaknjenci so bili tretirani z avksinom, potaknjenci, nato pa so spremljali rast nadomestnih korenin. Eksogeni avksin, apliciran na bazalni del, spodbudi metabolizem sladkorjev za sprostitve energije in za preskrbo z ogljikovimi skeleti za sintezo ostalih pomembnih komponent. Hladno skladiščenje potaknjencev v temi za 4 tedne je povečalo delež potaknjencev, ki so zgodaj oblikovali nadomestne korenine, večje je bilo število in dolžina nadomestnih korenin, kljub zmanjšani vsebnosti sladkorjev v potaknjencu. Svetloba med hladnim skladiščenjem pa je očitno povečala vsebnost sladkorjev v potaknjencih, predvsem v bazi poganjka (Haissig, 1986).

Raziskavo o skladiščenju potaknjencev kalanhoje (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.) sta izvedla Kirk in Andersen (1986), ki sta ugotovila, da je bilo preživetje potaknjencev kalanhoje, skladiščenih pri 100 % zračni vlagi in temperaturi 15,8 °C za 5 tednov, večje od 50 % in več kot 90 % potaknjencev je tvorilo nadomestne korenine.

Lopez in Runkle (2008) so v poskusu ugotavljali, kako temperatura (0 - 30 °C) med skladiščenjem in čas skladiščenja (0 do 5 dni) potaknjencev vodenk (*Impatiens hawkeri* W. Bull) vpliva na fluorescenco klorofila, dihanje, izgled, kakovost in nadaljnje preživetje, koreninjenje in razvoj rastlin. Ugotovili so, da so potaknjenci vodenk lahko skladiščeni do 5 dni pri temperaturi 10 - 20 °C, pri tem pa se nič ali le malo spremeni fotosinteza pri potaknjencih, preživetje, izgled, kakovost potaknjencev, koreninjenje in nadaljnji razvoj rastline.

3.2 LESNATE RASTLINE

Lesnate rastline uspešno razmnožujemo z zelenimi in lesnatimi potaknjenci. Zelene potaknjence (iz toletnih poganjkov) pri lesnatih rastlinah režemo sredi rastne sezone, ko je vegetacija bujna, ko ima rastlina liste in, ko poganjki v rastni dobi že dosežejo določeno zrelost in tudi ustrezno razmerje med dušikovimi snovmi

in ogljikovimi hidrati. Rastline lahko tako uspešno razmnožujemo samo v zavarovanih prostorih (rastlinjakih ali gredah), kjer jim zagotovimo ustrezne razmere (povečana zračna vlaga) in ob dodatku rastnih regulatorjev ob predpostavki, da smo potaknjence v razmnoževalni prostor prenesli neposredno po rezi v matičnem nasadu. Za lesnate rastline v splošnem velja, da dolgotrajnejše skladiščenje, še posebej zelenih potaknjencev ni ustrezno (Smole in Črnko, 2000).

Pri lesnatih rastlinah je nekaj objavljenih raziskav, v povezavi s hladnim skladiščenjem zelenih potaknjencev evkalipta (*Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage) (Brondani in sod., 2012), topola (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) (Hausman in sod., 2000), javorja (*Acer grandidentatum* Nutt. in Torr. & A. Gray) (Richards in Rupp, 2012), kanadskega topola (*Populus* × *canadensis* Foug.) (Shibuya in sod., 2013) in kriptomerije (*Cryptomeria japonica* D. Don) (Shibuya in sod., 2014).

Pri razmnoževanju lesnatih rastlin z zelenimi potaknjenci so Brondani in sod. (2012) izvedli raziskavo, kjer so preverjali vpliv časa trajanja hladnega skladiščenja zelenih potaknjencev evkalipta (*E. benthamiana* Brooker), na indukcijo rasti nadomestnih korenin. Potaknjence treh klonov omenjene vrste so izpostavili temperaturi 4 °C za 24, 48, 72, 96 in 120 ur. Ugotovili so, da čas izpostavitve potaknjencev hladnemu skladiščenju ni imel vpliva na preživetje potaknjencev. Poleg tega so tudi ugotovili, da je skladiščenje pozitivno vplivalo na koreninjenje potaknjencev, čeprav so se vseeno najboljše izkazali potaknjenci, ki niso bili skladiščeni in so bili takoj potaknjeni v substrat, saj so tako ohranili najboljšo kakovost in razvili kakovosten nadomestni koreninski sistem.

Hausman in sod. (2000) so izvedli raziskavo na hibridnem topolu (*P. tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.), kjer so preverili vpliv kratkotrajnega hladnega skladiščenja zelenih potaknjencev. Te so izpostavili 10 °C za 14 dni. Rezultati so pokazali, da skladiščenje ni vplivalo na preživetje rastlin, je pa med skladiščenjem pri nizkih temperaturah prišlo do sinteze različnih polipeptidov, kar pripisujejo biokemični prilagoditvi, ki jo je v svoji raziskavi že predhodno opisal Guy (1990).

Shibuya in sod. (2013, 2014) so zelene potaknjence pri kanadskem topolu (*P. x canadensis* Foug.) in pri japonski kriptomeriji (*C. japonica* D. Don) namakali v topli vodi (30 °C, 10 mm nad rezom, 28 dni) in tako segrevali bazalni del potaknjenca, ob temperaturi zraka 10 °C. Namen raziskave je bil preveriti, kako tako tretiranje vpliva na nadaljnje koreninjenje potaknjencev in vitalnost rastlin po potiku. Ugotovili so, da bi takšno tretiranje lahko izboljšalo razmnoževanje potaknjencev lesnatih rastlin, predvsem zaradi tega, ker je razmnoževanje lesnatih rastlin težje in traja dlje, kot razmnoževanje zelnatih rastlin. Rezultati so pokazali, da tako tretiranje omogoča, da so

potaknjenci pripravljani na razvoj korenin z minimalno izgubo zaloga ogljikovih hidratov, znižana temperatura zraka na 10 °C pa je najverjetneje prispevala k zmanjšani senescenci listov. Poleg prej omenjenega, so Shibuya in sod. (2014) pri japonski kriptomeriji ugotovili, da se je tvorba korenin začela hitreje pri potaknjencih, hranjenih pri temperaturi zraka 5 ali 10 °C in namakanih v vodi temperature 20 – 30 °C. To nakazuje na dejstvo, da temperaturni gradient, ustvarjen s segrevanjem baze in hlajenjem apikalnega dela potaknjenca, stimulatивно vpliva na tvorbo nadomestnih korenin.

Pri lesnatih potaknjencih uporabimo enoletne olesenele dele rastline. Te režemo ob koncu rastne dobe, od jeseni do pomladi, ko je tkivo popolnoma dozorelo. Ker jih v praksi zelo pogosto potikamo kasneje, kot jih na matični rastlini režemo, jih čez zimo shranjujemo v vlažnem substratu in v hladnih razmerah. Lesnati potaknjenci v osnovi tehnološko temeljijo na tem, da jih koreninimo v hladnem delu leta in skladiščimo pri konstantnih temperaturah, ki niso nujno posebej nižje kot zunaj (1 ali 2 °C). Tako so potaknjenci odpornejši, a se pri mnogih vrstah slabše ukoreninjajo. Tudi pri lesnatih potaknjencih so zato v preteklosti, v želji po izboljšanju uspešnosti koreninjenja, pri nekaterih vrstah (med drugim različni kloni jablane (*Malus*), uporabni kot podlaga za jablano) preizkušali vmesno, nekajtedensko skladiščenje baze potaknjencev pri višji temperaturi (med 15 in 20 °C). Glede na naravo rastlinskih vrst sicer lesnate potaknjence delimo v dve skupini: neolistane potaknjence (listopadne vrste) in olistane potaknjence (vednozelenne vrste). Uporaba lesnatih potaknjencev je cenejša in velja za najbolj razširjen način razmnoževanja nekaterih vrst lesnatih rastlin (npr. topol, posamezne vrste hortenzij, bezeg, ribez idr.) (Hartmann in sod., 1997).

3.3 IN VITRO PROIZVODNJA

Da pridelovalci zadostijo potrebam povpraševanja trga in so dobro pripravljani na konico sezone, potrebujejo veliko število rastlin v kratkem časovnem obdobju. Kljub temu, da gre pri razmnoževanju s potaknjenci za relativno hitro metodo, se pridelovalci poslužujejo tudi *in vitro* metod razmnoževanja. Gre za zelo uporaben način gojenja okrasnih rastlin, kjer lahko v kratkem časovnem intervalu dobimo veliko število, zdravega sadilnega materiala (Jain in Ochatt, 2010).

Pri metodi meristemske kulture, ki je ena pomembnejših metod *in vitro* proizvodnje rastlin kot osnovni razmnoževalni material uporabljamo zelo majhne rastlinske dele –meristeme, rastni vršiček, ki je v brstu ali pa celo samo skupino nekaj celic, pri nekaterih rastlinah celo cvetni prah. Lahko uporabimo tudi embrio (tudi če ni

povsem razvit, npr. pri zgodaj zorečih sortah), iz njega lahko na posebnih hranilnih raztopinah vzgojimo novo rastlino. V širšem smislu se pri rastlinskih transformacijah večinoma uporabljata dve metodi rastlinske regeneracije: somatska embriogeneza in organogeneza (Slater in sod., 2008). V tkivni kulturi je potrebno natančno kontrolirati zunanje dejavnike, saj na rast in razvoj rastlin pomembno vplivajo tudi svetloba, njena intenziteta, sestava in dolžina dnevnega osvetljevanja, temperatura in vlaga. Te dejavnike kontroliramo z gojenjem rastlin v rastnih komorah (Ravnikar, 1996).

Somatski embriji so lahko hranjeni pri nizki temperaturi ali zmrznjeni in so potem sposobni kalitve in razvoja v sadike. Pomemben dejavnik, ki vpliva na fiziologijo embrijev, sadik in rastlin, je temperatura med embriogenezo. Z uporabo somatskih embrijev razmnožujejo npr. veliko vrst iglavcev (von Aderkas in sod., 2007).

Pomen temperature na kakovost somatskih embrijev ni zelo raziskano področje, predvsem v povezavi s kalitvijo embrijev in razvojem sadik. Znano je, da ima izpostavitve nizkim temperaturam embrijev več učinkov na somatsko embriogenezo. Somatski embriji so lahko hranjeni več mesecev pri temperaturi 4 – 5 °C, lahko pa je takšno daljše skladiščenje tudi tvegano.

Pond in sod. (2002) so v raziskavi ugotovili, da je izpostavitve embrijev, vrste *Picea glauca* (Moench) Voss, nizkim temperaturam (5 °C) za 4 in 8 tednov, pozitivno vplivalo na razvoj nedozorelih embrijev. Podobno sta Beardmore in Charest (1995) ugotovila koristen vpliv dvodnevne izpostavitve somatskih embrijev smreke *P. mariana* Britton, Sterns & Poggenb. temperaturi 2 °C (hladen šok).

Von Aderkas in sod. (2007) so pri vrsti *P. glauca* (Moench) Voss ugotovili, da je izpostavitve nizkim temperaturam (5 °C) v času pozne somatske embriogeneze najučinkovitejša metoda. Hkrati pa avtorji ugotavljajo, da izpostavitve nizkim temperaturam v zgodnjih fazah razvoja embrija, zavre diferenciacijo tkiva v samih embrijih. Temperatura vpliva na vsebnost in vrsto akumulacije rezervnih zalog. Nizka temperatura v času zgodnje embriogeneze zmanjša akumulacijo rezervnih zalog v embriju (predvsem lipidov) (von Aderkas in sod., 2007).

Hladno („šok“) skladiščenje se uporablja za povečanje tolerance somatskih embrijev za izsuševanje. Izpostavitve embrijev vrste *P. glauca* (Moench) Voss za 2 - 14 dni temperaturi 2 °C je izboljšala toleranco za počasno izsuševanje embrijev, na dolgi rok pa se to tretiranje ni izkazalo kot najboljše (Pond in sod., 2002).

4 ZAKLJUČEK

Globalizacija proizvodnje okrasnih rastlin je pov-

zročila prilagoditve pri pridelavi z namenom ohranjanja vrhunske kakovosti in vitalnosti rastlin. Pogosto se dogaja (predvsem pri zelatih vrstah rastlin), da potaknjencev ne potaknejo takoj v substrat, ampak so ti lahko izpostavljeni tudi daljšemu transportu iz območij proizvodnje do pridelovalcev. Za ohranitev kar se da dobre kakovosti potaknjencev, se pridelovalci pri tem poslužujejo več različnih tehnik. Najobičajnejša metoda hladnega skladiščenja potaknjencev se je pri tem izkazala kot uporabna metoda pri ohranjanju vitalnosti potaknjencev različnih zelatih in lesnatih okrasnih rastlinskih vrst pri transportu potaknjencev, pri zelatih vrstah zelo pogosto iz ekvatorialnih delov do območij, kjer jih nato koreninijo. V preglednem prispevku smo predstavili proizvodnjo okrasnih rastlin s potaknjenci. Povzeli smo najpomembnejše dejavnike pri proizvodnji potaknjencev, delitev potaknjencev in predstavili metodo hladnega skladiščenja potaknjencev, ki se uporablja pri vegetativnem razmnoževanju okrasnih rastlin. Na podlagi pregledane relevantne svetovne literature s tega področja smo ugotovili, da je metoda hladnega skladiščenja ključna za ohranjanje optimalne kakovosti potaknjencev zelatih in lesnatih okrasnih rastlin, še posebej takrat, ko gre za transport sadilnega materiala na daljše razdalje.

5 VIRI

- Agullo-Antón, M. Á., Sánchez-Bravo, J., Acosta, M., Druège, U. (2011). Auxins or sugars: what makes the difference in the adventitious rooting of stored carnation cuttings? *Journal of Plant Growth Regulation*, 30, 100–113. <https://doi.org/10.1007/s00344-010-9174-8>
- Arteca, R. N., Arteca, J. M., Wang, T. W., Schlaghauser, C. D. (1996). Physiological, biochemical, and molecular changes in *Pelargonium* cuttings subjected to short-term storage conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(6), 1063–1068. <https://doi.org/10.21273/JASHS.121.6.1063>
- Beardmore, T., Charest, P. J. (1995). Black spruce somatic embryo germination and desiccation tolerance. I. Effects of abscisic acid, cold, and heat treatments on the germinability of mature black spruce somatic embryos. *Canadian Journal of Forest Research*, 25, 1763–1772. <https://doi.org/10.1139/x95-191>
- Behrens, V. (1988). Storage of unrooted cuttings. In: T.D. Davis, B. E. Haissig & N. Sankhla (Eds.), *Adventitious Root Formation In Cuttings* (pp. 235–247). Portland: Dioscorides Press.
- Blazich, F. A. (1988). Mineral nutrition and adventitious rooting. In: T.D. Davis, B. E. Haissig & N. Sankhla (Eds.), *Adventitious Root Formation In Cuttings* (pp. 61–69). Portland: Dioscorides Press.
- Bredmose, N. B., Nielsen, K. L. (2009). Controlled atmosphere storage at high CO₂ and low O₂ levels affects stomatal conductance and influence root formation in kalanchoe

- cuttings. *Scientia Horticulturae*, 122, 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.03.017>
- Brondani, G. E., Benedini Baccarin, F. J., de Wit Ondas, H. W. (2012). Low temperature, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini cuttings. *Journal of Forestry Research*, 23(4), 583–592. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0298-5>
- Chen, J. (2021). Ornamental plant research inaugural editorial. *Ornamental Plant Research*, 1(1), 1–2. <https://doi.org/10.48130/OPR-2021-0001>
- Conover, C. A. (1976). Postharvest handling of rooted and unrooted cuttings of tropical ornamentals. *HortScience*, 11, 127–128. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.11.2.127>
- Curtis, O. F., Rodney, D. R. (1952). Ethylene injury to nursery trees in cold storage. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 50, 104–108.
- Druege, U. 2009. Involvement of carbohydrates in survival and adventitious root formation of cuttings within the scope of global horticulture. In: K. Niemi & C. Scagel (Eds.), *Adventitious Root Formation of Forest Trees and Horticultural Plants – From Genes to Applications* (pp. 187–201). Kerala: Research Signpost.
- Druege, U., Kadner, R. (2008). Response of post-storage carbohydrate levels in pelargonium cuttings to reduced air temperature during rooting and the relationship with leaf senescence and adventitious root formation. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 126–35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.008>
- Druege, U., Zerche, S., Kadner, R. (2004). Nitrogen and storage-affected carbohydrate partitioning in high-light-adapted *Pelargonium* cuttings in relation to survival and adventitious root formation under low light. *Annals of Botany*, 94, 831–842. <https://doi.org/10.1093/aob/mch210>
- Druege, U., Zerche, S., Kadner, R., Ernst, M. (2000). Relation between nitrogen status, carbohydrate distribution and subsequent rooting of chrysanthemum cuttings as affected by pre-harvest nitrogen supply and cold-storage. *Annals of Botany*, 85, 687–701. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1132>
- Forschner, W., Reuther, G. (1984). Photosynthese und Wasserhaushalt von Pelargonium-Stecklingen während der Bewurzelung unter dem Einfluss verschiedener Licht- und CO₂-Bedingungen. *Gartenbauwissenschaft*, 49, 182–190.
- Garrido, G., Cano, E. A., Arnao, M. B., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J. (1996). Influence of cold storage period and auxin treatment on the subsequent rooting of carnation cuttings. *Scientia Horticulturae*, 65, 73–84. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00860-8](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00860-8)
- Garrido, G., Cano, E.A., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J. (1998). Formation and growth of roots in carnation cuttings: influence of cold storage period and auxin treatment. *Scientia Horticulturae*, 74, 219–231. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00078-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00078-8)
- Garrido, G., Guerrero, J. R., Cano, E. A., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J. (2002). Origin and basipetal transport of the IAA responsible for rooting of carnation cuttings. *Physiologia Plantarum*, 114, 303–312. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1140217.x>
- Guy, C. L. (1990). Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41, 187–223. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.41.060190.001155>
- Haissig, B. E. (1986). Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: M. B. Jackson (Ed.), *New root formation in plants and cuttings* (pp. 141–189). Martinus Nijhoff Publishers: Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4358-2_5
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Geneve, L. R. (1997). *Plant propagation. Principles and Practices*. New Jersey, Prentice Hall: 770 p.
- Hausman, J. F., Evers, D., Thiellement, H., Jouve, L. (2000). Compared responses of poplar cuttings and in vitro raised shoots to short-term chilling treatments. *Plant Cell Reports*, 19, 954–960. <https://doi.org/10.1007/s002990000229>
- Hawramee, O. K. A. (2019). Rooting of the purple robe *Robinia pseudoacacia* L. cuttings as influenced by cutting time, cold storage and IBA. *Journal of Duhok University*, 22(2), 131–142. <https://doi.org/10.26682/cajuod.2020.22.2.15>
- Jain, S. M., Ochatt, S. (2010). *Protocols for in vitro propagation of ornamental plants*. Totowa, NJ, USA, Humana press: 400 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-114-1>
- Kadner, R. (2005). The influence of stock plant light exposure on optimum storage conditions and rooting behaviour of *Plectranthus coleoides* cuttings. *European Journal of Horticultural Science*, 70(3), 105–108.
- Kadner, R., Druege, U. (2004). Role of ethylene action in ethylene production and poststorage leaf senescence and survival of pelargonium cuttings. *Plant Growth Regulation*, 43, 187–196. <https://doi.org/10.1023/B:GROW.0000045999.61765.7e>
- Kirk, H. G., Andersen, A. S. (1986). Influence of low pressure storage on stomatal opening and rooting of cuttings. *Acta Horticulturae*, 181, 393–397. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1986.181.53>
- Klopotek, Y., Franken, P., Klaering, H. P., Ficher, K., Hause, B., Hajirezaei, M. R., Druege, U. (2016). A higher sink competitiveness of the rooting zone and invertases are involved in dark stimulation of adventitious root formation in *Petunia hybrida* cuttings. *Plant Science*, 243, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.001>
- Klopotek, Y., Haensch, K. T., Hause, B., Hajirezaei, M. R., Druege, U. (2010). Dark exposure of petunia cuttings strongly improves adventitious root formation and enhances carbohydrate availability during rooting in the light. *Journal of Plant Physiology*, 167, 547–554. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.11.008>
- Lopez, R. G., Runkle, E. S. (2008). Low-temperature storage influences morphological and physiological characteristics of nonrooted cuttings of New Guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*). *Postharvest Biology and Technology*, 50, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.05.012>
- Osterc, G. (2009). A change in perspective: Stockplant qualities that influence adventitious root formation of woody species. In: A. Niemi & C. Scagel (Eds.), *Adventitious Root Formation of Forest Trees and Horticultural Plants – From Genes to Applications* (pp. 175–185). Kerala, Research Signpost.
- Osterc, G., Rusjan D. (2013). *Drevesničarstvo in trsničarstvo*.

- Gojenje lesnatih sadik in trtnih cepljenk*. Kmečki glas, 112 str.
- Paton, F., Schwabe, W. W. (1987). Storage of cuttings of *Pelargonium x hortorum* Bailey. *Journal of Horticultural Science*, 62(1), 79–87. <https://doi.org/10.1080/14620316.1987.11515753>
- Pond, S. E., von Aderkas, P., Bonga, J. M. (2002). Improving tolerance of somatic embryos of *Picea glauca* to flash desiccation with a cold treatment (desiccation after cold acclimation). *In vitro cellular and developmental Biology- Plant*, 38, 334–341. <https://doi.org/10.1079/IVP2002304>
- Purer, O., Mayak, S. (1989). Pelargonium cuttings- effect of growth regulators. *Acta Horticulturae*, 261, 347–354. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.261.46>
- Rapaka, V. K., Bessler, B., Schreiner, M., Druege, U. (2005). Interplay between initial carbohydrate availability, current photosynthesis, and adventitious root formation in Pelargonium cuttings. *Plant Science*, 168(6), 1547–1560. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.02.006>
- Rapaka, V. K., Faust, J. E., Dole, J. M., Runkle, E. S. (2007). Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* ‘Yubi Deep Rose’) unrooted cuttings. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.004>
- Ravnikar, M. (1996). Rastlinske tkivne kulture. In: P. Raspor (Ed.), *Biotehnologija. Osnovna znanja* (pp. 149–164). Ljubljana, Bia.
- Richards, M. R., Rupp, L. A. (2012). Etiolation improves rooting of bigtooth maple cuttings. *HortTechnology*, 22(3), 1–6. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.3.305>
- Rudnicki, R. M., Nowak, J., Goszczynska, D. M. (1991). Cold storage and transportation conditions for cut flowers, cuttings and potted plants. *Acta Horticulturae*, 298, 225–236. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.298.27>
- Shibuya, T., Taniguchi, T., Tsukuda, S., Shiozaki, S., Itagaki, K. (2014). Adventitious root formation of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) cuttings is stimulated by soaking basal portion of cuttings in warmed water while cooling their apical portion. *New Forests*, 45, 589–602. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9414-z>
- Shibuya, T., Tsukuda, S., Tokuda, A., Shiozaki, S., Endo, R., Kitaya, Y. (2013). Effects of warming basal ends of Carolina poplar (*Populus x canadensis* Moench.) softwood cuttings at controlled low-air-temperature on their root growth and leaf damage after planting. *Journal of Forestry Research*, 18, 279–284. <https://doi.org/10.1007/s10310-012-0343-4>
- Sinkovič, T. (2000). Uvod v botaniko. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 176 p.
- Skutnik, E., Rabiza-Šwider, J., Jędrzejuk, A., Łukaszewska, A. (2020). The effect of the long-term cold storage and preservatives on senescence of cut herbaceous peony flowers. *Agronomy*, 10(11), 1631. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111631>
- Slater, A., Scott, N. W., Fowler, M. R. (2008). *The genetic manipulation of plants*. 2nd edition. New York, Oxford University Press: 372 p.
- Smith, P. M. (1982). Diseases during propagation of woody ornamentals. *Acta Horticulturae*, 2, 884–893.
- Smole, J., Črnko J. (2000). *Razmnoževanje sadnih rastlin*. Ljubljana, Kmečki glas: 141 p.
- Statistični urad RS. Pridelava okrasnih rastlin. http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=15P6007S&ti=&path=../Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/04_rastlinska_pridelava/02_15P60_popis_vrtnarstva_2010/&lang=2 (19.7.2022)
- Sun, J., Guo, H., Tao, J. (2022). Effects of harvest stage, storage, and preservation technology on postharvest ornamental value of cut peony (*Paeonia lactiflora*) flowers. *Agronomy*, 12(2), 230. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020230>
- Van der Hoeven, B. (1990). Lage temperatuur bevordert stekverbranding. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 31, 50–51.
- Veierskov, B. (1988). Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In: T.D. Davis, B. E. Haissig & N. Sankhla (Eds.), *Adventitious Root Formation In Cuttings* (pp. 70–79). Portland: Dioscorides Press.
- Von Aderkas, P., Kong, L., Hawkins, B., Rohr, B. 2007. Effects of non-freezing low temperatures on quality and cold tolerance of mature somatic embryos of interior spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss x *P. engelmannii* Parry ex Engelm. *Propagation of Ornamental Plants*, 7, 112–121.