

Zakaj jeseni listi spremenijo barvo?

Barbara Vilhar

V zmernem podnebnem pasu listi širokolistnih grmov in dreves (dvokaličnic) jeseni spremenijo barvo iz zelene v rumeno ali rdečo. Pri nas jeseni porumenijo tudi listi iglavca (golosemenke) macesna. V učbenikih in drugih virih lahko beremo zelo različne razlage tega pojava, od katerih nekatere niso pravilne. Napačna predstava, da rdeča barvila nastanejo kot razpadni produkt klorofila, izvira celo iz 19. stoletja.

Jesenska sprememba barve listov je predhodnik odpadanja listov. Pravzaprav listi ne odpadejo, ampak jih drevesa aktivno odvržejo. Odpadanje listov je namreč programiran in uravnavan proces.

Najprej razmislimo o strategiji preživetja pri listopadnem drevesu. Sredi rastne sezone so vejice drevesa olistane z zreli zelenimi listi, ki aktivno opravljajo fotosintezo. Med fotosintezo se svetlobna energija veže v energijsko bogate organske spojine, sladkorje. Rastlina nastale sladkorje porabi na tri načine. Del sladkorjev se porablja za celično dihanje, ki neprestano poteka v mitohondrijih v vseh živih celicah drevesa, tudi tistih v zelenem listu, lesu, lubju in koreninah. Zato sladkorji po floemu potujejo iz listov do drugih delov rastline, kjer se preko celične membrane prenesejo v citoplazmo in potujejo do mitohondrijev. Tu se med celičnim dihanjem iz sladkorjev sprošča kemijska energija, ki poganja življenjske procese v celici. Del sladkorjev celica porabi kot gradnike (prekurzorje) za sintezo snovi, ki jih potrebuje, od celuloze do beljakovin, nukleinskih kislin, maščob, barvil, vitaminov. In končno rastlina presežni del nastalih sladkorjev, ki se sproti ne porabijo, tudi skladišči. Presežni sladkorji se pri mnogih rastlinskih vrstah shranjujejo v obliki škrobnih zrn v amiloplastih. Proti koncu rastne sezone žive celice v lesu in lubju dreves vsebujejo veliko škrobnih zrn.

Jeseni drevo odvrže liste, o čemer bomo v nadaljevanju še bolj podrobno govorili. Široki ploščati listi niso odporni na zmrzal. Poleg tega bi se na veliki površini teh listov pozimi lahko nabralo veliko snega in veje bi se pod težo snega lahko zlomile. Zima je za drevo obdobje mirovanja, splomladi pa iz popkov na vejicah poženejo mladi listi. Na velikem drevesu skoraj hkrati začne rasti več deset tisoč listov. Mladi listi rastejo, v njih se celice delijo in rastejo, nalaga se celična stena, plastidi se diferencirajo v kloroplaste, sintetizira se klorofil, pomožna fotosintezna barvila in drugi gradniki fotosinteznega aparata. V zgodnjih stopnjah rasti majhni svetlo zeleni listi še ne opravljajo fotosinteze, ampak so zelo »požrešni« potrošniki snovi in energije. Zato v zgodnjem pomladnem obdobju drevo za napajanje rasti novih listov porablja sladkorje, ki jih je vskladiščilo prejšnje leto.

Vendar pa za drevo, ki je ogromen organizem, ni problem samo dobra zaloga ogljikovih hidratov. Za pomladno rast in vzdrževanje življenjskih procesov potrebuje tudi številne druge snovi. Tako na primer za sintezo beljakovin, nukleinskih kislin in klorofila poleg sladkorjev uporablja dušikove spojine, saj vse našete biomolekule vsebujejo dušik. Dušika, ki ga drevo preko korenin vsrkava iz tal v obliki ionov (NO_3^- ali NH_4^+), je v tleh pogosto zelo malo. Poleg tega drevo na primer za sintezo klorofila potrebuje tudi magnezijeve ione, ki jih tudi privzema iz tal.

Zeleni listi vsebujejo veliko dragocenih snovi. Preden jeseni drevo liste odvrže, se sprožijo procesi razgradnje različnih organskih snovi. Produkti razgradnje, ki bodo naslednje leto

uporabni kot surovine za biosintezo, potujejo iz lista v veje in deblo, kjer se vskladiščijo. Fotosintezni aparat vsebuje veliko dušikovih spojin, prevsem beljakovin in klorofilov. Zeleni klorofili tako jeseni razpadejo, nastale dušikove spojine pa se vskladiščijo v olesenelih delih rastline. Ob razpadu klorofilov postanejo vidni rumeni karotenoidi, ki so bili kot pomožna fotosintezna barvila že prej nakopičeni v kloroplastu. Takšen list spremeni barvo iz zelene v rumeno (glej sliko).

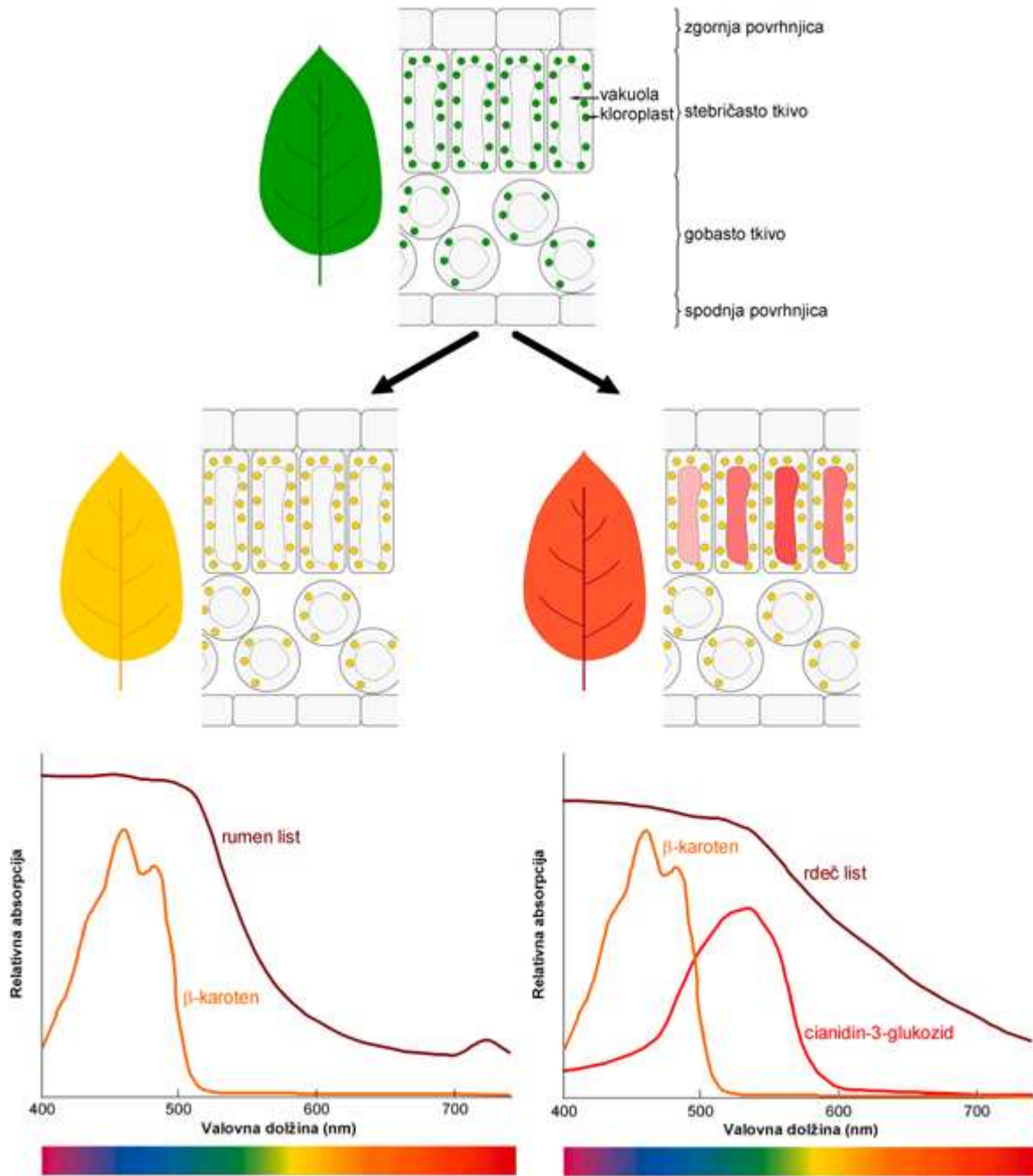
Pri nekaterih rastlinskih vrstah (pri nas npr. pri javorju in ruju) pa listi postanejo rdeče barve. V teh listih se poleg razpada klorofila sproži še sinteza rdečih barvil antocianov, ki se kopičijo v vakuolah v celicah listne sredice (glej sliko). Zaenkrat še ni popolnoma pojasnjeno, zakaj se sproži sinteza novih barvil v listih, ki bodo tako ali tako kmalu odvrženi. Nekateri znanstveniki menijo, da antociani morda ščitijo list, ki izgublja druga barvila, pred premočno svetlobo, ki bi lahko povzročila nastajanje prostih radikalov. Z absorpcijo dela svetlobe bi tako lahko antociani preprečili razpad različnih encimov, ki razgrajujejo snovi v listu in sodelujejo pri njihovem transportu v olesenele dele rastline. Na ta način bi antociani omogočili učinkovito jesensko pospravljanje uporabnih organskih snovi.

Na sliki so prikazani tudi absorpcijski spektri celega rumenega in rdečega lista. Te spektre izmerimo tako, da list od zgoraj osvetlimo z belo svetlobo, nato pa na spodnji strani lista izmerimo intenziteto svetlobe različnih valovnih dolžin, ki je prodrla skozi list. V rumenem listu so glavna barvila karotenoidi, ki vsrkajo predvsem modro svetlobo, druge valovne dolžine pa odbijejo. Rumena list tako odbija tudi rumeno svetlobo, naš vid pa takšen list zaznava kot rumen ali rumeno-oranžen. Rdeč list poleg karotenoidov vsebuje tudi antociane, ki vsrkajo precej rumene svetlobe. Tako rdeč list odbija predvsem rdečo svetlobo.

Jesensko spreminjanje barv listov je torej povezano z razgradnjo in skladiščenjem snovi, preden listi odpadejo. Ko se iz lista pripravijo uporabne snovi, celice na območju, kjer se bo list ločil od drevesa, oplutenijo – v svoje stene naložijo vodoodporno in neprepustno snov suberin, nato pa odmrejo. Drevo s posebnimi izrastki iz živih celic tudi zamaši velike traheje v ksilemu. Nato se v plasti celic na mestu ločitve lista od drevesa razgradijo osrednje lamele, s katerimi so celice zlepljene med seboj. Ko to »medcelično lepilo« popusti, list odpade, na mestu njegove pritrditve pa ostane zaprta listna brazgotina. Če bi na mestu pritrditve lista ostala rana, bi skozi lahko v notranja tkiva prodrle škodljive bakterije in glive.

Glavna organska sestavina odvrženega rjavega lista je celuloza v celičnih stenah. V listu lahko ostane tudi nekaj barvil in drugih snovi. Nekateri listi vsebujejo precej taninov, ki so rjavkaste barve. Listni opad pod drevesom začnejo razkrojevati razkrojevalci. Ti veliko snovi iz odvrženih listov spremenijo v ionske oblike, ki so v naslednjih rastnih sezonah dostopne drevesu za vsrkanje preko korenin. Tako drevo nekaj snovi, ki jih je sicer odvrгло v listih, posrka nazaj iz tal. To je primer kroženja snovi v naravi.

Razlike med zelenim, rumenim in rdečim listom lahko jeseni opazujemo pod mikroskopom na prečnem prerezu lista. Za ta namen so primerni listi javorja. Če vejo javorja narežemo na nekaj milimetrov debele rezine in obarvamo z jodovico, s prostim očesom ali z uporabo lupe opazimo črno obarvan škrob, ki ga je drevo vskladiščilo pred zimo. Pripravimo lahko tudi majhne tanke rezine lesa za opazovanje posameznih škrobnih zrn pod mikroskopom.



Sprememba barve pri jesenskih listih. Zgoraj so prikazani prečni prerezi listov. Pri rumenih listih po razpadu klorofila postanejo vidni karotenoidi v kloroplastih. Pri rdečih listih tudi razpada klorofil v kloroplastih, vendar se hkrati kopičijo rdeči antociani v vakuoli. Spodaj so prikazani absorpcijski spektri rumenega lista in predstavnika karotenoidov (levo) ter rdečega lista in predstavnika antocianov (desno). Absorpcijski spektri so prirejeni po Lee in Gould (2002): Why leaves turn red. American Scientist 90: 524-531