

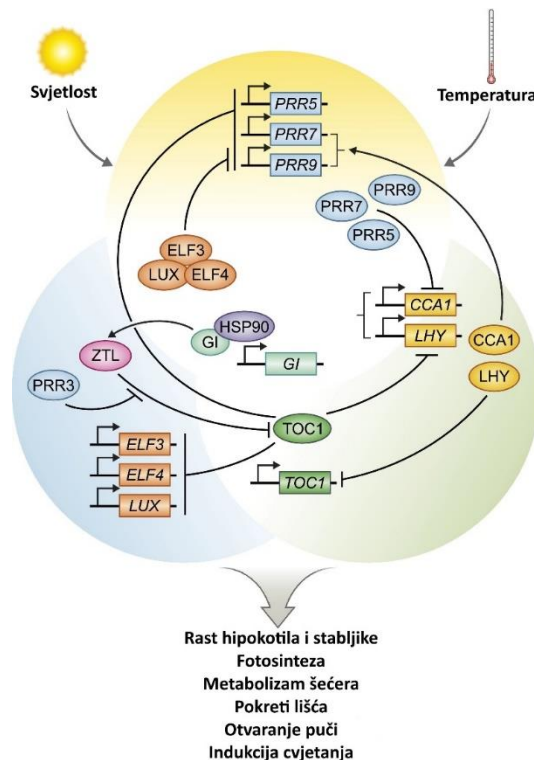
Vruće noći zbunjuju biološki sat i štete prinosima usjeva

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

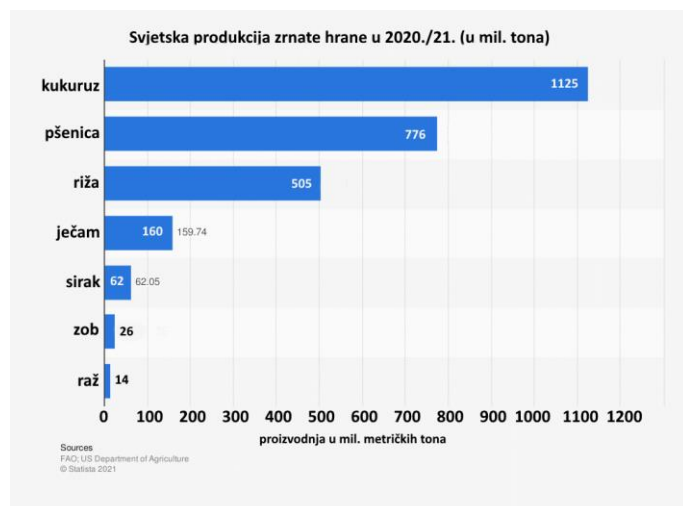
Porast noćnih temperatura zbog globalnih klimatskih promijena ograničava prinose riže što je utvrđeno najnovijim istraživanjima. Naime, toplije noći remete biološki sat riže tako da se ekspresija stotine gena događa prerano, a podjednako broj gena prekasno.

Biološki sat (biološki ritam) regulira periodično protjecanje životnih procesa biljke čime se bavi bioritmologija (biokronometrija), dok kronobiologija proučava sposobnost biljaka da razlikuju doba dana (ili noći) što se označava kao cirkadijalni sat ili cirkadijalni ritam koji ovisno o osvjetljenosti biljaka, temperaturi i nekim drugim vanjskim i unutarnjim faktorima može prilično odstupati od 24-satne duljine. Cirkadijalni sat pomaže organizmima da koordiniraju unutarnje biološke procese s uvjetima koji vladaju u okolišu, npr. pokazuje im koje je doba godine ili dana (Slika 1.) Budući da toplinski stres i biološki sat utječu na mnoge važne biološke procese u biljkama, važno je saznati koji od njih je izravno povezan s ritmičkom transkripcijom gena važnih za koordinaciju odgovarajućeg odgovora na temperaturni stres.

Dosadašnja istraživanja najčešće nisu uzimala u obzir utjecaj temperature na biološki sat biljaka. *Naime, očigledno je kako svjetlost ima najsnažniji utjecaj na preciznost cirkadijalnog sata, jer dok su biljke pod stalnim svjetlosnim uvjetima 24-satni ciklusi toplo (dan)/hladno (noć) je pravilno podešen pa zora odgovara porastu, a sumrak padu temperature. Pored toga, biološki satovi posjeduju i temperaturnu kompenzaciju što održava precizan 24-satni ritam metabolizma, unatoč kolebanjima temperature.* Međutim, čini se da korekcije biološkog sata ne funkcioniraju najbolje kad su temperaturni uvjeti jako promijenjeni, što je posebice vezano uz globalno klimatsko zatopljenje, pa je sada jasno kako je i temperatura vrlo važan faktor bioloških ritmova, kao i sposobnost prilagodbe biološkog sata promjeni temperaturne amplitude, odnosno njegova veća plastičnost.



Slika 1. *Molekularna organizacija biljnog cirkadijalnog sata. Centralni oscilator nekoliko međusobno povezanih petlji povratne sprege transkripcija-prijevod (geni su prikazani kao pravokutnici, a proteini kao elipse; linije s strelicama ukazuju na pozitivne učinke, a s crtama na negativne).*



Slika 2. *Proizvodnja zrnate hrane u svijetu 2020./21.*

Biljke su veoma dinamični i vrlo organizirani organizmi jer precizno kontroliraju veliki broj fizioloških procesa. Npr., spremajući se pred zoru za fotosintezu precizno određuju kako i gdje će tijekom noći sagorjeti ili transformirati prethodno sintetizirane energetske tvari. Međutim, ako je za vrijeme tople noći poremećen biološki sat odgovoran za regulaciju svih tih aktivnosti nastaju problemi u normalnoj sintezi i akumulaciji pojedinih tvari na štetu visine prinosa riže koja je važan usjev jer se njome hrani stotine milijuna ljudi (Slika 2.). Vjerojatno je se to događa i kod većine drugih biljaka.

Provedeno egzaktno istraživanje s rižom na dvije lokacije (Filipini) u kontroliranim uvjetima pokušalo je odgovoriti na pitanje kako povišene noćne temperature utječu na njen rast i prinos. Istraživanje je izvedeno tako da je temperatura eksperimentalnih parcelica držana noću 2°C iznad temperature okoline, a uzorci za analizu su uzimani svaka tri sata, odnosno osam puta tijekom dana. Analizom je [utvrđeno da se više od 1000 gena aktivira u pogrešno vrijeme, kad su noćne temperature bile više, uključujući i one za fotosintezu koji u normalnim okolnostima postaju aktivni kasnije tijekom dana.](#) Također, stotine drugih gena postalo je aktivno mnogo ranije navečer nego li je to normalno remeteći tako fino podešeno vrijeme odvijanja fizioloških procesa potrebnih za postizanje optimalnog prinosa.

Još uvijek nije poznato što rade svi ti geni, ali je jasno da je u pitanju njihovo pogrešno vrijeme aktivacije što nije dobro za biljku. Međutim, utvrđeno je da mnoge pogođene gene reguliraju 24 druga gena odgovorna za sintezu tzv. [faktora transkripcije \(protein kinaze i fosfataze\)](#) te su oni u fokusu recentnih istraživanja. [Istraživači još nisu sigurni jesu li visoke noćne temperature izravno odgovorne za poremećaj cirkadijalnog sata ili su neizravna posljedica pojačanog noćnog disanja i promijena u transportu metabolita, premda su skloniji zaključku kako je promijenjeno vrijeme biološkog sata uzrok poremećaja metabolizma,](#) premda još uvijek nije jasno koji geni i kako osjećaju temperaturne promjene i kako se te informacije prenose na cirkadijalni sat (Slika 1.).

U Osijeku, 15. srpnja 2021. god.