

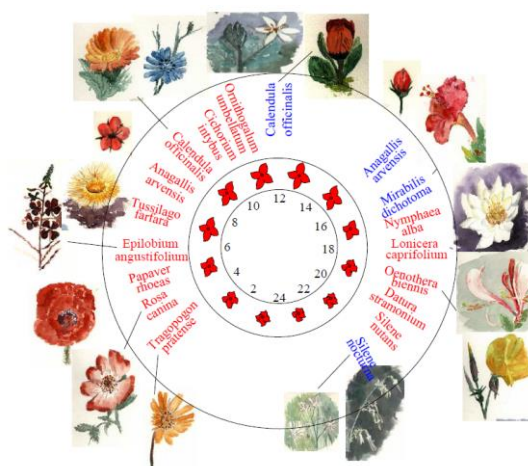
Zanimljivosti i novosti u agrikulturi br. 05/2015.

Biološki sat (biološka ritmika) označava periodično protjecanje životnih procesa biljke, a proučavanjem tih pojava bavi se *bioritmologija* (*biokronometrija*). Pretpostavlja se da je mehanizam biološkog sata unutarstanični, a njegovo djelovanje pokušava se objasniti fizikalno, kemijski i biološki („Ekofiziologija biljaka“; V. Vukadinović, I. Jug i B. Đurđević, 2014.)

Od davnina ljudi su zapažali kako se biljke ponašaju sukladno dobu dana *Plinije Stariji* (1. stoljeće n.e.). Začetnikom kronobiologije može se smatrati astronom *Jean Jacques d'Ortous de Mairan* (1729.) koji je izvodio pokuse s mimozom (*Mimosa pudica*) koja u mraku spušta lišće. *Charles Darwin* objavio je knjigu o pokretima biljaka u kojoj tvrdi da je unutarnji izvor odgovoran za dnevne (*cirkadijalne*) ritmove biljaka. Čuveni švedski botaničar *Line (Carolus Linnaeus)* je obzirom na ritam otvaranja i zatvaranja cvjetova biljke podijelio u tri grupe:

1. *Meteorici* (ritam je ovisan o vremenskim uvjetima),
2. *Tropici* (ritam otvaranja i zatvaranja cvjetova ovisan je o duljini dana) i
3. *Ekvinoktali* (ritam je fiksna – otvaranje cvjetova je uvijek u isto vrijeme bez obzira na duljinu dana ili vremenske uvjete).

Kao što je čovjek usvojio dnevni ritam spavanja, tako su i biljke (kao i životinje) tijekom milijuna godina svog postojanja razvile fiziološke sustave koji im omogućuju adaptaciju na promjene u okolišu (duljina dana i noći, temperatura, dostupnost vode, ishrana i dr.) ili stadiju razvića (cvatnja, otvaranje i zatvaranje puči, pokreti lišća, otvaranja i zatvaranja latica, ciklus *mitoze*, odnosno diobe stanica i dr.; Slika 2.).



Slika 1. Cvjetni sat (*Flower clocks, time memory and time forgetting*, Wolfgang Engelmann, Institut für Botanik, Universität Tübingen, 2007.



Ipomoea alba (2⁰⁰)



Tragopogon pratensis (3⁰⁰-5⁰⁰)



Hieracium umbellatum (6⁰⁰-8⁰⁰)



Hibiscus moscheutos (9⁰⁰-11⁰⁰)



Phemeranthus teretifolius (14⁰⁰)



Nymphaea odorata (18⁰⁰-20⁰⁰)

Slika 2. Vrijeme otvaranja cvjetova (*Planting a Clock That Tracks Hours by Flowers*, Jan. 28, 2015)

Biljke izbjegavaju *samooplodnju* (vlastitim polenom) tako da su prilagođene oplodnji pojedinim kucima (uglavnom specifične anatomije prilagođene samo određenim tipovima cvijetova) koje privlači pelud i nektar svojim mirisom, bojom i izgledom cvijeća. Npr., ako se cvijet biljaka otvara u određeno vrijeme, pčele će to zapamtiti i sakupljati tada njihov nektar i pelud jer znaju koristiti svoj interni sat i sunce kao kompas.

*

Sunce emitira oko 174 PW (peta ili 10^{15} vata) svjetlosne energije na Zemlju od koje, zbog gubitaka u atmosferi, oko 120 PW može doći do površine. Trenutno je ukupna ljudska potrošnja oko 15 tera vat sati (10^{12} TWh), što je 5 puta više od ukupne *bioenergije* sadržane u svim kopnenim biljkama. Budući da je prosječna efikasnost iskorištavanja bionergije tek oko 20%, potražnja za energijom, kao i za hranom raste, te se često postavlja pitanje kako učinkovitije iskorištavati *biomasu*.

Brz porast koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi u posljednjih 150 god. od 270 ppm do 310 ppm (dijelova na milijun) i njegov utjecaj na porast globalnog zatopljenja mogao bi se spriječiti većom proizvodnjom *biomase* za proizvodnju *biogoriva*. Zelene biljke u procesu fotosinteze (ugradnja CO_2 u organsku tvar uz pomoć svjetlosti i vode) vežu ugljični dioksid u *ugljikohidrate* i tako smanjuju *efekt stakleničkih plinova* koji najviše utječu na globalno zatopljenje i klimatske promjene.

Bioenergija se može koristiti na više načina, ovisno o toga sadrži li biomasa *šećere* (šećerna trska, šećerna repa, slatki sirak itd.), *škrob* (kukuruz i dr. žitarice, jasava itd.), *celulozu* (drvena masa, slama žitarica itd.) ili *ulja* (soja, uljana repica, suncokret, palmينو ulje itd.).

Na *saharozu* se temelji proizvodnja *bioetanola*, a nakon otkrića bakterija *Zymonas mobilis*, koje se veoma učinkovito za fermentaciju saharoze (učinkovitije su od kvasaca), proces je veoma unapredovao tako da svaki kilogram saharoze može dati oko 538,4 grama etanola što uz današnju razinu proizvodnje iznosi ukupno 1.683 M tona ili oko 1.147 milijardi litara bioetanola. Kad bi svi automobili na Zemlji koristili bioetanol, uz prosječnu potrošnju od 8,5 km/litri, mogli bi u prosjeku godišnje preći 15.000 km. To je dovoljno za uporabu automobila širom svijeta. Ipak, tehnologija proizvodnje etanola iz šećerne trske još uvijek nije savršena, a i ona se uzgaja samo u tropskim i suptropskim zemljama (npr. Brazil, Indija, Kina i Tajland). Trenutno se eksperimentira sa *slatkim sirkom* koji ima mnogo šire područje uzgoja od šećerne trske, ima veoma pogodan genom za unapređenje GM tehnikama, ima visoku otpornost na uvjete uzgoja i kao šećerna trska to je C4 biljka s visokom učinkovitosti fotosinteze. Opasnosti od genetski modificiranih usjeva/nasada koji se koriste za dobivanje bioenergije, a ne za hranu, su praktično zanemarljive.

Sjedinjene Američke Države i Brazil proizvode gotovo 90 % ukupne količine etanola, pri čemu se u SAD koristi uglavnom *škrob* kukuruza. Međutim, korištenje hrane za proizvodnju bioetanola, a kukuruz je jedna od najvažnijih žitarica, ima izravne i neizravne posljedice na brz porast cijena hrane, zahtijeva puno veće ulaganje pa je i cijena tako dobivenog etanola mnogo viša u odnosu na šećerne trsku. Osim toga, kukuruz, pšenica i ječam su jednogodišnji usjevi i potrebna je velika količina gnojiva, zaštitnih sredstava, odnosno znatno je složenija agrotehnika uzgoja, a i veća je produkcija stakleničkih plinova, uključujući N_2O .

Poizvodnja bioetanola iz *celuloze* umjesto škroba, npr. iz otpadne drvene mase, brzo rastućih drvenastih vrsta, žetvenih ostataka i dr. ima bolju perspektivu u umjerenijim klimatskim područjima, jer šume čine 80 % biomase na Zemlji, celuloza nije konkurencija škrobu, a svi prehrambeni usjevi sadrže velike količine celuloze u slami što još dodaje ekonomsku vrijednost poizvodnji hrane. Dobra praksa u uzgoju višegodišnjih energetskih usjeva/nasada, ne samo da



Slika 3. Eksperiment s uzgojem „uljnih“ algi
(Mendola, D. (2011): *The Future for Algae Crops in the Imperial Valley*)

neće degradirati poljoprivredno zemljište, već može poboljšati kvalitetu tla pod intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom. Naime, duboko korijenje energetskih usjeva poboljšava strukturu i povećava sadržaj humusa, a tlo je zbog specifične agrotehnike i njege pošteđeno od onečišćenja gnojivima, pesticidima zbijanja i erozije. Višegodišnji energetski usjev je raznolikije stanište od jednogodišnjih usjeva, privlači različite vrste ptica, oprašivača i drugih korisnih insekata, a podržava i njihovu veću populaciju. U posljednje vrijeme i kod nas je sve češći uzgoj brzorastućih drvnih vrsta, najčešće paulovnije (*Paulownia elongata*) po hektaru za 3 god.

postiže prinos >50 t/ha drvene mase, a za 7-8 godina čak ~190 t/ha.

Međutim, glavni problem proizvodnje bioetanola iz celuloze nije samo ekonomski već tehnološki, ali i taktičko-politički. Naime, celuloza je u prirodi uvijek povezana s ligninom i hemicelulozom što jako snižava učinkovitost fermentacije. *Lignin* se mora ukloniti, kemijskom obradom, a enzimatska razgradnja hemiceluloze (polisaharidni heteropolimer koji sadrži i 5C šećere) još uvijek nije moguća.



Slika 4. *Paulownia elongata*

Biljna ulja su vrlo dobra sirovina za dobivanje *biodizela*, ali trenutna proizvodnja daleko je od zadovoljenja potreba čovječanstva. Trenutno se proizvodi tek oko 13 milijardi litara biodizela što je daleko ispod ljudskih potreba. Kad bi se cjelokupna proizvodnja biljnih ulja preradila u biodizel to bi bilo znatno manje od potreba pa se još mora mnogo uložiti u razvoj novih vrsta uljarica. Trenutno se istražuje uzgoj algi za proizvodnju biljnih ulja jer neke vrste sadrže i do 33% ulja na suhu tvar, a potencijal tvorbe biomase procjenjuje se na 50 t/ha/god. (npr. *Dunaliella*, *Spirulina* i dr.; Slika 3.).

U Osijeku 25.03.2015.

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović