

Utvrđivanje sume toplinskih jedinica za potrebe N-prihrane ozime pšenice

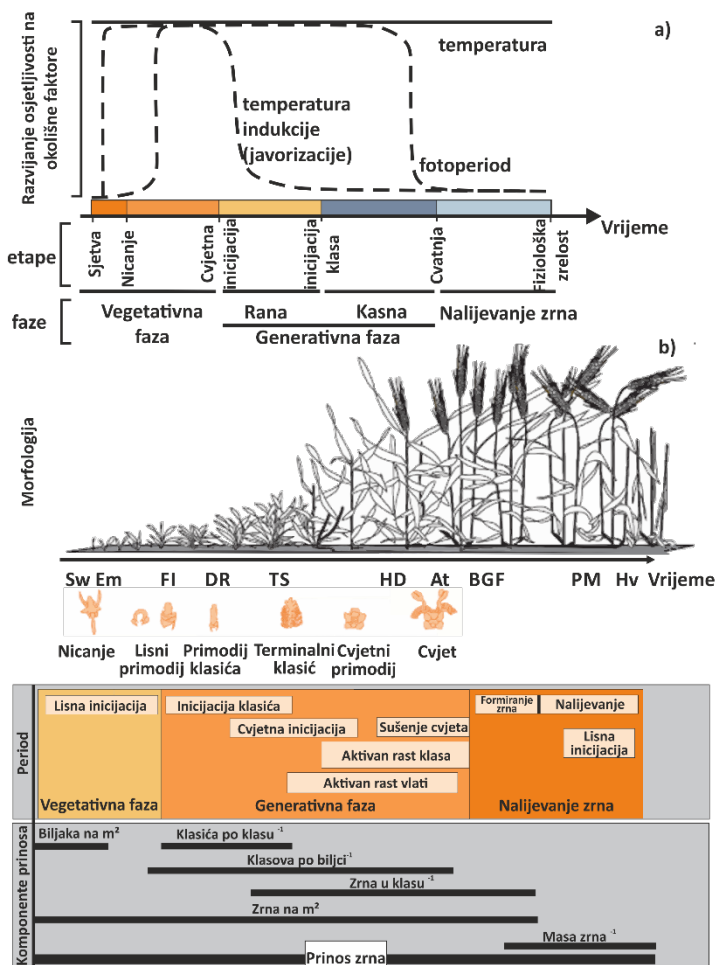
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Odluka i provođenje prihrane ozimih žita dušikom najčešće se temelji na subjektivnoj morfološkoj procjeni izgleda/fenofaze za većinu usjeva pa tako i ozima žita (Slika 1.), a od doze, oblika N-gnojiva i vremena primjene najviše ovisi visina kao i kvaliteta prinosa. Problem optimalne N-prihrane je kompleksan, jer se vegetacije svake godine veoma razlikuje obzirom na vremenske uvjete, stanje vegetacije i status raspoloživog dušika u tlu. Ipak, dobra odluka o vremenu i dozi N-prihrane može biti donesena temeljem analize tla i *sume aktivne temperature*, tzv. *GDD* ili *HUI* (*growing degree days*, odnosno *heat unit index*), a kad su u pitanju ozimi usjevi, neophodno je još i uvažiti aktualne vremenske uvjete važne za mogućnost usvajanja i gubitka dušika iz zone korijena (temperatura tla i zraka, snježni pokrov, vlažnost tla, odnosno pokretljivost nitrata).

Dušik je ključan za rast ozimih usjeva i smatra se drugim po redu ograničavajućim faktorom rasta (odmah iza vode), razvitka, odnosno tvorbe prinosa, a rezultati nekih istraživanja pokazuju da se 48 % porasta prinosa ozime pšenice može pripisati većoj primjeni dušika, a samo 28 % porasta vezano je uz genetska poboljšanja (sorta). Unatoč porastu prinosa povećanjem N-prihrane, učinkovitost upotrebe dušika (NUE; *nitrogen use efficiency*) žitarica, uključujući i pšenicu pada i prosječno bude tek 33 %. Osim utvrđivanja sume toplinskih jedinica za potrebe N-prihrane, poznavanje i točno determiniranje fenofaze (*fenologija*), kao i *stadija organogeneze* usjeva (Slika 1.), važno je s menadžerskog stanovišta zbog drugih agrotehničkih zahvata (npr. predviđanje cvatnje, pojave korova, bolesti i štetnika, vremena primjene pesticida, utvrđivanje datuma žetve i dr.), ali i potvrdu klimatskih promjena.

Istraživanja i razvoj kompjuterskih modela vegetacije kao pomoć u donošenju dobrih odluka ubrzano se razvija, a modeli se najčešće primjenjuju za potrebe analize vegetacije i učinkovitosti agrotehnike, odnosno za potrebe eliminiranja faktora ograničenja. Također, fenologija, hidrologija i njihova integracija s klimatskim, odnosno vremenskim uvjetima, presudne su u kompjutorskom simuliranju tijeka vegetacije i koriste se u najvećem broju modela agroekosustava.

Agronomi općenito smatraju kako su dugotrajna fenološka istraživanja uz praćenje temperature zraka (Formule [1] i [2]) potvrdila kako je suma toplotnih jedinica dovoljno točan indikator za determinaciju stadija organogeneze (*ontogenetski razvoj, razvojni stadij*), odnosno *fenofaza* (morfološka promjena izgleda bilja tijekom organogeneze), ali novija istraživanja ukazuju da se ta vrijednost može znatnije promijeniti pod utjecajem okolišnih, sekundarnih faktora, kao što su raspoloživost vode, svjetlosni uvjeti (*fotoperiod*, kvaliteta i intenzitet svjetlosti, salinitet tla, koncentracija hraniva u tlu i dr.). Stoga se u fenološke algoritme za točniju procjenu stanja vegetacije sve češće uključuje vodni stres, odnosno nedostatak vode.



Slika 1. Organogeneza i fenofaze ozime pšenice

- veliki događaji koji se javljaju u svakoj fazi i relativna osjetljivost na temperaturu jarovizacije, svjetlo i temperaturu,
- organogeneza pšenice: sjetva (SW), nicanje (Em), cvjetna inicijacija (FI), vidljivi redovi (DR), inicijacija klasa (TS), klasanje (HD), cvjetanja (At), nalijevanje zrna (BGF), fiziološka zrelost (PM) i žetva (HV).

Nedavno su objavljeni rezultati 20-godišnjeg istraživanja u Oklahomi, SAD [koji upućuju na mogućnost točnijeg predviđanja razine N u ozimoj pšenici, umjesto subjektivne morfološke ljestvice](#) uz navođenje idealnog vremenskog intervala za N-prihranu između GDD = 80 - 115°C (za utvrđivanje GDD korištena je formula (2)).

Uobičajena formula za proračun sume toplinskih jedinica obavlja se slijedećom, jednostavnom formulom [1] ili [2] za ozima žita:

$$GDD \text{ ili HUI} = \sum_t^n \frac{T_M + T_m}{2} - T_t \quad [1]$$

$$GDD \text{ ili HUI} = \sum_t^n \frac{T_M + T_m}{2} - 4,4^{\circ}C > 0 \quad [2]$$

GDD ili HUI = Akumulirane toplinske jedinice u n dana

T_M = Maksimalna dnevna temperatura u °C

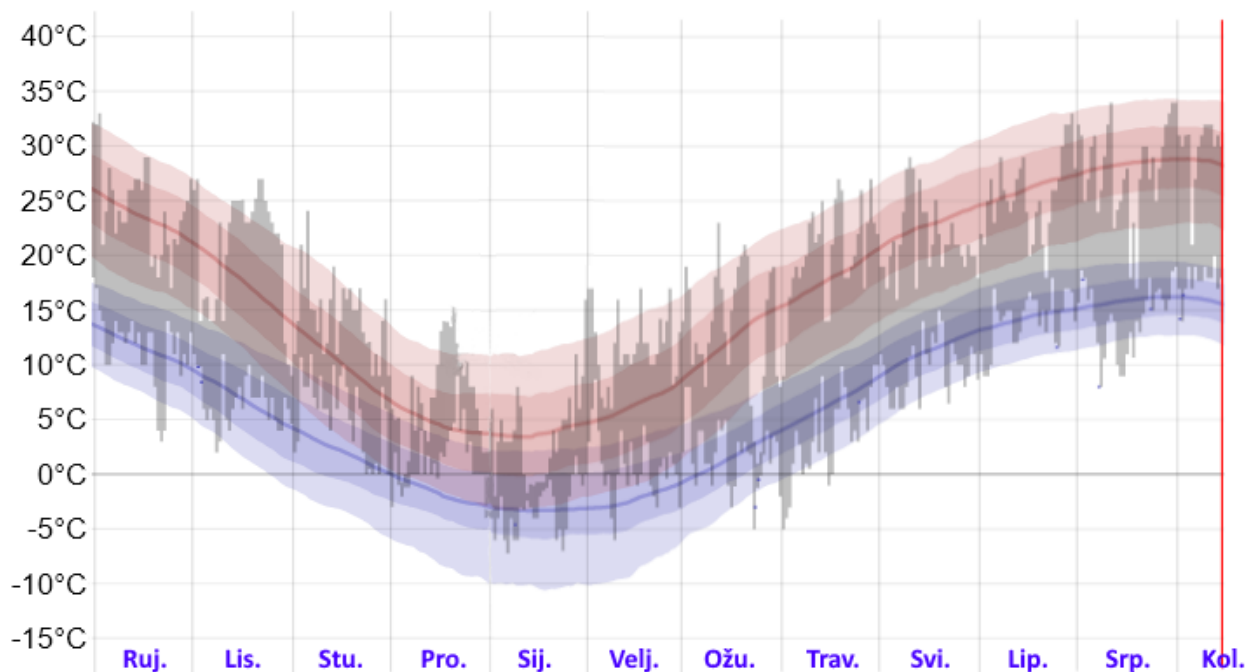
T_m = Minimalna dnevna temperatura u °C

T_t = Bazna (specifična minimalna) temperatura pšenice u °C (za ozimu pšenice = 0°C)

n = Broj dana vegetacije

Precizni proračun sume (akumulacije) toplinskih jedinica (GDD) važna su komponenta u modelima simulacije rasta usjeva, odnosno tvorbe prinosa, kao i u donošenju najboljih upravljačkih odluka, ali tradicionalne metode izračunavanja GDD (Formule [1] i [2]) nisu dovoljno točne jer pretpostavljaju linearne razvojne reakcije biljaka na temperaturu te ne mogu precizno objasniti kašnjenje rasta ili razvoja iznad optimalne temperature koje su zbog klimatskih promjena ili vremenskih ekstrema sve češće. Stoga je razvijena [nova nelinearna metoda za izračun GDD](#) koja preciznije predviđa razvojne faze (varijacije datuma svedene su na jedan dan) pa su i pogreške u predviđanjima nakupljanja suhe tvari za ozimu pšenicu i kukuruz bile manje.

Kretanje temperature tijekom vegetacije ozime pšenice 2019./20. god.



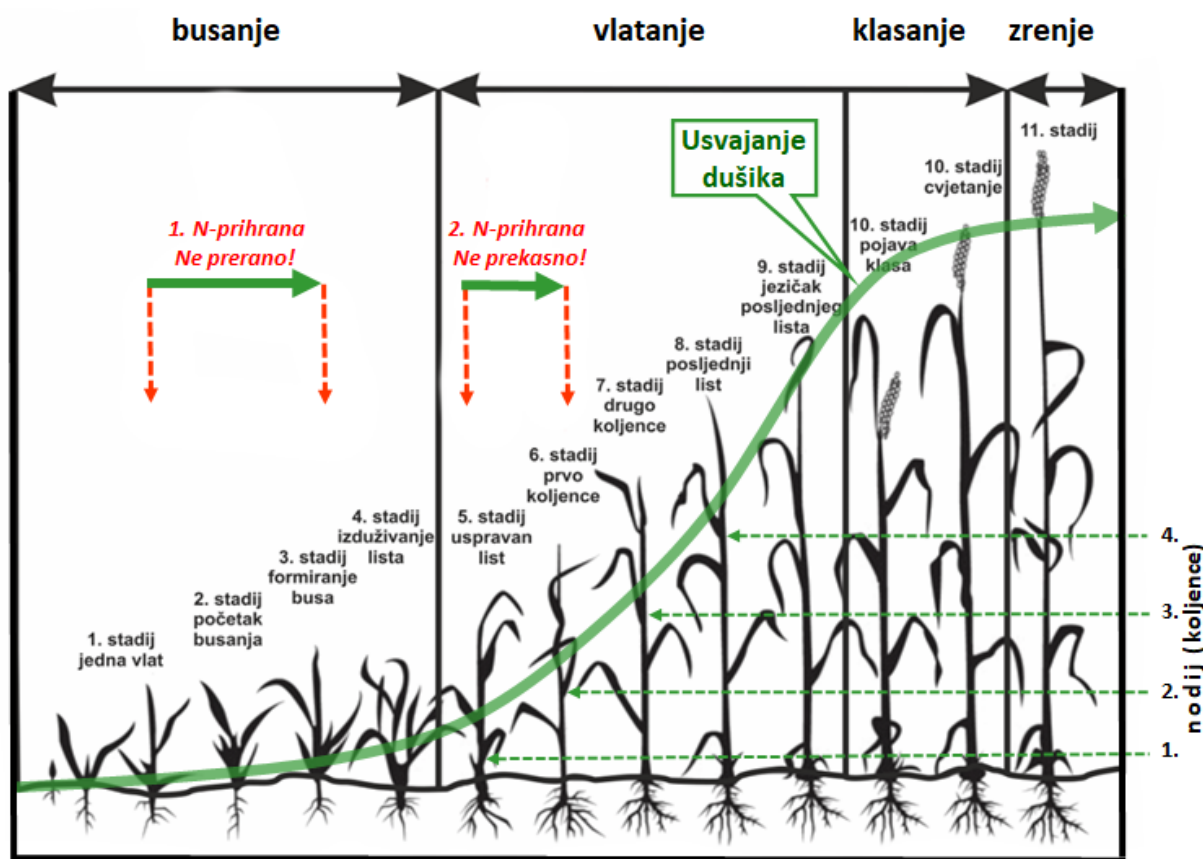
Slika 2. [Dnevni raspon temperatura \(sive trake\) za aerodrom Osijek](#); dnevni maksimum (crveni pojas) i minimum temperature (plavi pojas); dnevna prosječna visoka (svijetla crvena linija) i niska (svijetlo plava linija) temperature (25 - 75 i 10 - 90 percentilni rang).

Pretražujući internet kako bih pronašao potrebne podatke za proračun GDD-a, pronašao sam niz kalkulatora za područje SAD gdje gotovo svaka savezna država posjeduje klimatske, odnosno vremenske podatke potrebne za izračun sume aktivne temperature. Međutim, vrlo je teško doći do potrebnih podataka

za RH, ali [jedan kalkulator Syngente omogućuje proračun i za RH](#) kojim sam izračunao GDD ozime pšenice za područje Osijeka (bazna temperatura = 0°C) i to za tri različita datuma sjetve (optimalni, kasni i vrlo kasni), a isti datum žetve:

- Suma GDD 11/01/2019 - 07/10/2020 (283 dana vegetacije) = 2571,5°C
- Suma GDD 12/01/2019 - 07/10/2020 (253 dana vegetacije) = 2254,9°C
- Suma GDD 01/01/2020 - 07/10/2020 (222 dana vegetacije) = 2112,2°C

Budući da ozima pšenica zahtijeva akumulaciju aktivne temperature tijekom vegetacije od ~2.100°C ([ili čak i nešto manje](#)), jasno je kako je protekla vegetacijska sezona za pšenicu mogla biti i dva mjeseca kraća za optimalni rok sjetve. Stoga se nameće zaključak kako je za visok prinos ozime pšenice, pored znatno dulje vegetacije 2019./20. god., utjecala i duljina pojedinih etapa organogeneze tijekom relativno „blage zime“ bez vrlo niskih temperatura i snježnog pokrova (Slika 2.). Pojednostavljeno, imali smo pogodne zimske vremenske uvjete, odnosno prosječne temperature malo iznad 0°C i bez snježnog pokrova uz vjerovatno dovoljno vlage u tlu. U takvim vremenskim uvjetima i uobičajeno prerana prva N-prihrana tipična za ist. Hrvatsku, vjerovatno je pozitivno utjecala na usvajanje i akumulaciju nitrarnog dušika u biljkama pšenice, bez njegovih prevelikih gubitaka premještanjem izvan/ispod zone korijena i/ili ispiranjem. Porastom temperatura u veljači i ožujku (Slika 2.) N-NO₃ se lako reducira do N-NH₄ i brzo ugrađuje u organsku tvar. [Važno je znati da kad biljke ne mogu usvajati dušik gubici dušika iz tla mogu nastati iz više razloga i biti vrlo visoki](#). Također, tijekom vegetacije prosječna temperatura nije prelazila optimalni 25°C za ozimu pšenicu.



1. N-prihrana utječe na broj vlati/m² i broj zrna po klasu

2. N-prihrana utječe na masu zrna po klasu, a manje na kakvoću

Slika 3. Akumulacija N i optimalno vrijeme N-prihrane po stadijima ozime pšenice

[Za postizanje visokih priroda pšenica mora imati na raspolaganju dovoljno dušika od I-V etape organogeneze](#) (nediferencirani rast vegetacijskog vrha do faze formiranje cvjetnih zametaka, Slika 3.). Naime, visina priroda ozimih žita najviše ovisi o broju zrna u klasu (~ 90 %) i premda je broj zrna u negativnoj korelaciji s njihovom masom (jer s brojem zrna u klasu pada njihova masa), veći broj zrna osigurava veći kapacitet (tzv. *sink*) za akumulaciju asimilata. Početkom proljetnog kretanja vegetacije neophodna je relativno visoka koncentracija nitrata od 20 - 30 ppm ili ~12 - 20 kg N-NO₃/ha u sloju 0-20 cm u tlu, što se postiže isključivo

Rast i razvoj ozimih usjeva može biti ograničen, npr. nedostatkom hraniva, prvenstveno dušika u tlu, manjkom ili suviškom vode, niskom ili visokom temperaturom, svjetlom i dr. u bilo kojem stadiju razvića (*etapi organogeneze*) i prinos zrna će uvijek biti niži, a kvaliteta uroda smanjena. Dakle, kad problem nije raspoloživost hraniva, proizvođač može vrlo malo učiniti, [a forsirana N-prihrana može naštetiti usjevima pod stresom jer troše energiju na usvajanje hraniva koja u tom momentu nisu limitirajući faktor.](#)

Poteškoće u praktičnoj primjeni adekvatne N-prihrane uglavnom se događaju zbog izostanka analize tla (npr. [\$N_{min}\$ metode](#)) i pogrešne procjene raspoloživosti hraniva u tlu i zbog prerane ili suviše kasne N-prihrane, što najviše ovisi o vremenskim uvjetima, ali i pogrešnog stava da je dobro dušik primijeniti što ranije. Točno vrijeme N-prihrane mora biti usklađeno sa stanjem (kondicijom) usjeva i organogenezom, što se lako može utvrditi fenološkim opažanjima u polju, ali i računanjem toplinski jedinica (GDD). Budući da je tijekom zime jako usporena ili zaustavljena mineralizacija organske tvari (Slika 4.), ozimi usjevi, napose pšenica, usvajaju dušik zahvaljujući gnojidbi, stupnju plodnosti tla, neiskorištenom dijelu (*rezidualnih*) hraniva prethodnim usjevom (posebice kad je podbacio njegov prinos iz bilo kojeg razloga) ili iz procesa biološke fiksacije N_2 iz atmosfere prethodnim uzgojem leguminoza, pa i uz pomoć *nesimbiotskih* (slobodno živućih) mikroorganizama. Poljoprivredni proizvođači mogu računati za ozime usjeve s vrlo ograničenom količinom mineralnog dušika iz procesa mineralizacije organske tvari, najviše do 40 kg N/ha za pšenicu (za ječam još manje) od početka klasanja do voštane zrioba.

U Osijek, 16. kolovoza 2020. god.