

## Kako gen ZIP4 utječe na selekciju

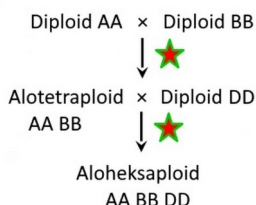
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Pšenica je globalno rasprostranjeni usjev sa složenom evolucijskom poviješću i ima jedan od najzahtjevnijih genoma u prirodi. Naime, pšenica je *heksaploid* (poliploidni organizmi sadrže u svakoj stanici više od dva uparena seta homolognih kromosoma), odnosno čine ga tri kompletna *genoma* (ukupni genetski materijal) koji se nazivaju A, B i D u jedru (*nukleus*) svake stanice. Otuda je genom pšenice gotovo dvostruko veći od ljudskog jer sadrži u 21 kromosomu gotovo 108.000 gena, što je ogroman broj u usporedbi s 20.000 gena ljudskog genoma, ali sadrži tri para svakog kromosoma. Naime, suvremena pšenica je zapravo spoj tri vrste trava (Slika 1.) i više od 85 % njenog genoma sastoji se od ponovljenih odjeljaka te je genom pšenice stoga znatno veći od ljudskog, čak više od pet puta, a također je znatno složeniji.

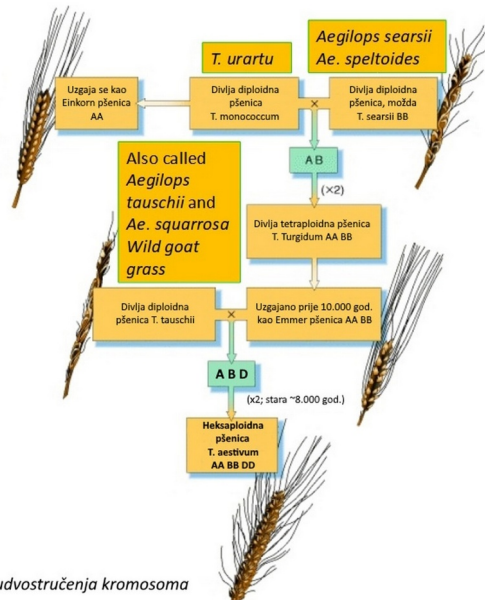
Prvobitno se pretpostavljalo kako su tri diploidne vrste, čiji su genomi sačinjavali heksaploidnu pšenicu (Slika 1.), jako različiti što je moglo objasniti gotovo nepostojanje *mejotičkog sparivanja* (oplodnja) u *haploidima* (gameta ili spolna stanica s jednostrukom kromosomskom garniturom) heksaploidne vrste. Sada je jasno da pšenicu određuju tri različita genoma koji su genetski vrlo blisko povezani pa je *homološko uparivanje* (homologni kromosomi su parovi slični po obliku) potisnuto genima na dugom kraku kromosoma 5B (poznat kao Ph1).

### Ključni događaji u evoluciji pšenice

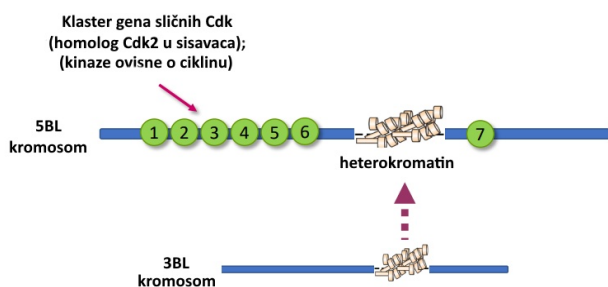
#### Dvije hibridizacije i udvostručenje genoma\*



\**moгуće je da je do hibridizacije došlo prije udvostručenja kromosoma*



Slika 1. Evolucija pšenice

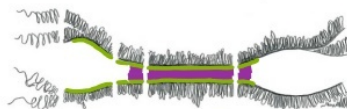


Ph1 pomiče ranu homolognu sinapsu

+

Sprječava mjesta na homeoloziji od mogućnosti križanja

#### Dvostruki efekt Ph1 na sinpsu i križanje



Slika 2. a) Umetanje kromatina iz kromosoma 3BL u kromosom 5BL; b) Kako Zip4 radi

Suvremenim istraživanjima, utvrđeno je kako je gen Zip4 na kromosomu 5B odgovoran je za Ph1 *delecijski fenotip* (*mutacija; genetička aberacija* u kojoj nedostaje dio kromosoma ili sekvenca DNK) pri *rekombinaciji* (razmjena fragmenata DNK između kromosomskoga para). Gen Zip4 promovira *homolognu sinapsu* (mjesto sparivanja homolognih kromosoma) i ujedno sprječava uključivanje *homolognih gena* u predstojećem križanju (Slika 2.), odnosno potiskuje razmjenu kromosoma s genetskim materijalom divljih rođaka pšenice te tako ometa kreiranje sorti s boljim svojstvima. Međutim, geni divljih rođaka imaju visoku otpornost na boles-

ti, sušu i vrućine i dr. Koji bi olakšali uzgoj pšenice na manje plodnim tlima i uvjetima suše te drugim teškim uvjetima.

Prilikom poliploidizacije pšenice, glavni mejotički gen ZIP4 duplicira se i divergira, tako da svaka tetraploidna i heksaploidna pšenica nose tri, odnosno četiri kopije ZIP4 koje su potrebne za sprječavanje većih abnormalnosti tijekom mejoze. Naime, iako postoji veći poremećaj naknadne muške nego ženske plodnosti, duplicirani ZIP4 (kopija) čuva do 50 % informacija o broju zrna u klasu. Premda su cvjetnice pretežno poliploidne, još uvijek je nedovoljno poznato kako se *mejotički proces* (stanična dioba uz smanjenje broja kromosoma na polovinu) odvija nakon poliploidizacije kako bi se stabilizirala i očuvala plodnost, sada je poznato da se tijekom poliploidizacije pšenice, glavni mejotički gen ZIP4 na kromosomu 3B duplicirao na 5B i divergirao (Slika 2a.). *Poliploidi* mogu nastati umnažanjem osnovnog skupa kromosoma (*autopoliploid*, npr. krumpir) ili kombiniranjem povezanih, ali ne potpuno identičnih genoma (*alopoliploid*, npr. heksaploidna, krušna pšenica).

Recentna istraživanja pšenice, osobito otkriće funkcije gena Rht13 i njegovo korištenje u selekciji novih polupatuljasti sorti pšenice s poboljšanom otpornošću na sušu. Također, kreiranje sorti višegodišnje riže i pšenice moglo bi uskoro pokrenuti njihov masovni uzgoj diljem svijeta, osobito u sušnijim predjelima kao odgovor na klimatske promjene. Pšenice s Rht13 genom imaju veću stopu fotosinteze od genotipa divljeg tipa Rht u uvjetima suše i niske razine dušika, starenje lišća je sporije jer imaju veću koncentraciju dušika i klorofila te imaju i veću stvarnu fotokemijsku učinkovitost kao i veći intenzitet fotosinteze.

Višegodišnje sorte riže već su komercijalno dostupne, a i pšenice će to uskoro biti. Unatoč nedostacima višegodišnjih žitarica, njih krasi izvanredna svojstva, prvenstveno otpornost na nepovoljne uvjete uzgoja te se mogu nositi s nadolazećim klimatskim promjenama jer uspješno sprječavaju gubitak hranjivih tvari, usvajaju hraniva iz veće dubine tla, mogu se uspješno uzgajati na tlima ograničene plodnosti, smanjuju troškove proizvodnje i time povećavajući učinkovitost uzgoja žitarica. Istraživanja u SAD (Michigan) pokazale su sposobnost višegodišnje pšenice da se natječe s jednogodišnjom pšenicom u visini prinosa.

Osijek, 10. siječnja 2023. god.