

Genetska kontrola dormantnosti pšenice

Orkić, Vedran; Guberac, Sunčica; Petrović, Sonja; Vila, Sonja; Rebekić, Andrijana; Guberac, Vlado

Source / Izvornik: **53. hrvatski i 13. međunarodni simpozij agronoma: zbornik radova, 2018, 201 - 205**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:538609>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-16**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



Genetska kontrola dormantnosti pšenice

Vedran Orkić, Sunčica Guberac, Sonja Petrović, Sonja Vila, Andrijana Rebecić,
Vlado Guberac

*Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek,
Hrvatska (vorkic@pfos.hr)*

Sažetak

Dormantnost sjemena je vrsta adaptivnoga mehanizma koji privremeno onemogućuje klijanje u povoljnim uvjetima okoline. Kako bi sjeme imalo ujednačeno i brzo klijanje, oplemenjivački programi su vršili selekciju na svojstvo nedormantnosti kako u pšenice tako i u ostalih žitarica. Kao posljedicu velik broj modernih kultivara pšenice ima nizak nivo dormantnosti uz osjetljivost na prokljavanje na klasu prije žetve u vlažnim uvjetima okoline. Hormoni rasta kao što su giberelinska kiselina i abscizinska kiselina te auksini se smatraju jednim od glavnih činitelja u regulaciji dormantnosti sjemena. Upravo je njihovo djelovanje odgovorno za tolerantnost na PHS tako što induciraju ili odgađaju dormantnost i klijanje sjemena. Identificiran je velik broj QTL-ova za svojstvo dormantnosti i priježetvenog prokljavanja, a najvažniji su oni na 3A, 3B i 3D te kromosomu 4A. Također su izdvojene linije i genotipovi koji se koriste kao roditelji u križanjima radi dobivanje nove oplemenjivačke populacije.

Ključne riječi: dormantnost, pšenica, hormonalna regulacija, PHS, QTL

Uvod

Sjeme predstavlja glavni izvor hrane i energije u prehrani ljudi i životinja. Samo žitarice, na koje otpada preko 90% ukupnih kultiviranih biljaka, pridonose polovini unosa energije po glavi ljudi u svijetu. Fiziologija sjemena je stoga vrlo važna i široko istraživana grana biljne fiziologije i genetike. Sjeme kao takvo u sebi sadržava embrio koji ima sve potrebno da izraste u novu mladu biljku, energija za rast je osigurana u endospremu koja će biti iskorištena dok ne bude izrastao u autotrofni organizam (Bewley, 1994.), no to sjeme ima biološki mehanizam koji mu onemogućava klijanje u prividno optimalnim uvjetima – dormantnost. Dormantnost je dakle adaptabilno svojstvo koje omogućava učinkovitu i ravnomjernu distribuciju klijanja tijekom nekog vremena u određenoj populaciji sjemena (Mares, 1987.). Sjeme kao glavni rezultat oplodnje je neophodan u ciklusu razvoja biljke te omogućava nastavak sljedeće generacije biljaka. Osnovne funkcije sjemena temelje se na razvoju, dormantnosti i klijanju. Prve klasifikacije tipova dormantnosti sjemena navodi Crocker (1916.), no klasifikaciju koju je navela Nikolaeva 1970.-ih je široko prihvaćena te nadopunjena u istraživanjima Hillhorst (2003.) te Baskin i Baskin (2014.) Postoje dva tipa i dvije kategorije dormantnosti: primarna i sekundarna dormantnost te embrionalna i dormantnost sjemene ovojnice. Primarna i sekundarna dormantnost odnosi se na vrijeme tijekom kojeg se razvija dormantnost. Dormantnost sjemene ovojnice i embrionalna dormantnost označuju mehanizme ili lokacije koje ograničavaju klijanje. Primarna dormantnost javlja se kod svježih sakupljenih sjemena i inducirana je abscizinskom kiselinom (ABA) tijekom dozrijevanja sjemena na majčinskoj biljci. Sekundarna dormantnost javlja se kod zrna koje je dormantno tek nakon širenja u okoliš i posljedica je nepovoljnog djelovanja vanjskih činitelja (Hillhorst, 1995.).

Regulacija dormantnosti sjemena pšenice

Dormantnost sjemena je neophodna za preživljavanje biljke te ona osigurava klijanje biljke samo u uvjetima koji su optimalni, svojstvo koje su divlji srodnici kulturnih vrsta pa tako i pšenice, uz ostale mehanizme, imali kako bi preživjeli u određenom okolišu. Tijekom oplemenjivanja i domestikacije pšenice velik broj tih mehanizama je sprječavao nepravodobno klijanje, te su takva svojstva nenamjerno izbačena tijekom procesa selekcije ili je zaključeno da su ti mehanizmi nekompatibilni sa zahtjevima proizvođača i prerađivača. Većina domaćih kultura nastala je od svojih divljih srodnika s tim da kultivirane vrste pokazuju niži stupanj dormantnosti sjemena (Lanser i Theissen, 2013.; Meyer i Purugganan, 2013.).

Znanje o enzimskoj i fitohormonskoj kontroli dormantnosti sjemena pšenice iznimno je važno u istraživanjima genetske kontrole dormantnosti i priježetvenog proklijavanja. Tako u istraživanju Tuttle i sur. (2015.) navode da kultivari koji su otporni na proklijavanje najčešće gube svojstvo dormantnosti puno sporije nego li neotporni kultivari čineći ih tako sklonijim na proklijavanje prije same sjetve. No također navode da neki kultivari koji su otporni na priježetveno proklijavanje gube svojstvo dormantnosti puno brže, te tako nagoviještaju da ima dovoljno prostora za stvaranje novih linija u oplemenjivačkim programima. Hormoni rasta kao što su giberelinska kiselina (GA) i abscizinska kiselina (ABA) te auksini (IAA) se smatraju jednim od glavnih činitelja u regulaciji dormantnosti sjemena. Upravo je njihovo djelovanje odgovorno za tolerantnost na PHS tako što induciraju ili odgađaju dormantnost i klijanje sjemena (Shu i sur., 2015.; Skubacz i Daszkowska Golec, 2017.).

ABA ima ključnu ulogu u sazrijevanju sjemena. U istraživanju Groot i Karssen (1992.) mjerene su koncentracije ABA-e tijekom razvoja sjemena, te je utvrđen da je početni nagli rast reguliran genotipom majčinske biljke, a kasniji niži rast ABA-e reguliran je genotipom embrija. Giberelini više imaju regulatornu ulogu u dormantnosti i klijanju. U većini vrsta sjemena visoke koncentracije GA su prisutne u samom razvoju sjemena, a smanjuju se kada sjeme dozrijeva, stoga zrelo sjeme sadržava vrlo niske koncentracije GA, pa se tako smatra da GA ne igraju ulogu u samoj inicijaciji dormantnosti, već samo pomažu u njenoj regulaciji (Hilhorst i Karssen, 1992.). Auksin kao takav nije razmatran kao regulator dormantnosti i klijanja, ali u kombinaciji s ABA sudjeluje u tim procesima (Park i sur., 2011.).

Genetska kontrola dormantnosti i priježetvenog proklijavanja

Stupanj tolerantnosti i/ili osjetljivosti na priježetveno proklijavanje je usko povezan s razinom dormantnosti sjemena. Pa tako prevelika razina dormantnosti dovodi do zakašnjelog klijanja i lošeg općeg stanja mlade biljke, a niska razina ili nedostatak dormantnosti uzrokuje prijevremeno klijanje koje je nepoželjno svojstvo u proizvodnji pšenice (Derera, 1989.). Dormantnost zrna pšenice kontrolirano je jednim ili dva major gena te nepoznatim brojem minor gena, u pšenica s bijelim zrnom zabilježen je heritabilitet u širem smislu od 0,56 do 0,86 (Anderson i sur., 1993.) Zrno pšenice koje je izgubilo takav mehanizam ili ima nisku razinu dormantnosti postaje neotporno na priježetveno proklijavanje na klasu (PHS-preharvest sprouting). Velik broj istraživanja se bavio uzrocima i posljedicama proklijavanja na klasu pšenice obzirom da ono uzrokuje značajno smanjenje prinosa i lošu kvalitetu zrna, brašna i kruha (Whal i O'Rourke, 1993.; Flintham, 2000., Groos i sur. 2002.; Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006.; Rakita i sur., 2015.). Naime, iako prije žetveno proklijavanje ne rezultira vidljivim rastom sama inicijacija klijanja inducira α -amilazu koja dovodi do razgradnje škroba unutar biljke što rezultira lošom kvalitetom proizvoda i materijalnim gubitcima. Black i sur. (2006.) procjenjuju da ukupan direktni gubitak uzrokovan priježetvenim proklijavanjem iznosi oko 1 bilijun dolara godišnje. Aktivnost α -amilaze se naglo povećava kada zrno upije onu količinu vode koja će

potaknuti klijanje sjemena (Wang i sur., 2008.). Isti autori navode korelaciju između aktivnosti α -amilaze i priježetvenog klijanja, jer su utvrđene značajne razlike između otpornih i neotpornih kultivara. U pšenice su pronađena tri izoenzima α -amilaze koji imaju direktan utjecaj na PHS, malt- α -amilaza (α -amilaza-1) na homolognim kromosomima 6, green- α -amilaza (α -amilaza-2) na homolognim kromosomima 7 te α -amilaza 3. Aktivnost α -amilaza-1 i stupanj dormantnosti su u korelaciji, na čega otpada ukupno 84% varijabilnosti za svojstvo klijanja sjemena (Gale i Ainsworth, 1984.).

Geni koji kontroliraju boju zrna pšenice su ujedno povezani i s dormantnosti zrna pšenice. Još 1914. godine Nilsson-Ehle navodi da postoje tri neovisna lokusa za crvenu boju sjemena koja su povezana s dormantnosti, a njegovu tezu potvrđuju brojna naredna istraživanja. Crvena boja zrna pšenice odnosno geni za crvenu boju (*R*) zrna su opće prihvaćeni kao markeri za otpornost na PHS. Smatra se da geni za boju zrna imaju plejotropni učinak koji uključuje dominantne *R* alele i seriju funkcionalno ekvivalentnih gena na 3A, 3B i 3D kromosomima heksaploidne pšenice (Flintham i Gale, 1996. Flintham, 2000.). Smatra se da je dormantnost dominantna u kultivara s crvenom bojom zrna, dok je recesivna u onih s bijelim zrnom iako postoje značajne razlike unutar grupa. Bassoi i Flintham (2005) u svome istraživanju utvrđuju vrlo jak učinak broja dominantnih alela na svojstvo prokljavanja na klasu. Istraživanje je provedeno na 84 linije dobivene metodom jednoga sjemena (SSD), od kojih je bilo 11 linija s bijelim zrnom (*r1r2r3*), 32 linije s jedan dominantnim alelom (*R?r?r?*), 30 linija s dva dominantna *R* alela (*R?R?r?*) i 11 su imale sva tri dominantna alela (*R1R2R3*) što je bilo u skladu s mendelovom omjerom od 1:3:3:1. Navedeni autori navode da vizualna procjena nije dovoljna kako bi se za neku liniju u tvrdilo da je ona otporna ili ne, obzirom da nisu našli značajnu korelaciju između svojstva prokljavanja i datuma zriobe te količine *R* alela i intenziteta obojenosti zrna pšenice.

U proteklih dvadesetak godina uložen je ogroman napor i postignut je veliki napredak u molekularnom mapiranju, u svrhu utvrđivanja i lociranja lokusa kvantitativnih svojstava (QTL-Quantitative Trait Loci) i za dormantnost i za PHS. Do sada je identificirano ukupno 110 QTL-ova koji su povezani s otpornosti pšenice na PHS (Zhou i sur., 2017.). Patterson i Sorrells (1990.) objavljuju rad u kojem navode pronalazak dva QTL-a koji su povezani s dormantnosti i svojstvom zakašnjelog klijanja. Koristeći molekularne markere polimorfizama dužine restrikcijskih fragmenata (RFLP-Restriction Fragment Length Polymorphism) Anderson i sur. (1993) pronalaze osam genomskih regija na kromosomima koji bi mogli imati utjecaj na otpornost na PHS. U sljedećih nekoliko godina velik broj znanstvenika objavljuje istraživanja i lokacije pojedinih genomskih regija tj. QTL-ova na svih 21 kromosoma pšenice (Mohan i sur., 2009.; Kumar i sur., 2009.; Rehman i sur., 2012.; Cao i sur., 2016.) no najčešće se utvrđuju regije na grupi kromosoma 3 (Kato i sur., 2001.; Kulwal i sur., 2004.; Liu i Bai, 2010.) te na kromosomu 4A (Mares i sur., 2005; Cabral i sur., 2014). Hickey i sur. (2010.) su proveli „screening“ ranih segregacijskih generacija pšenice na svojstvo dormantnosti. Križali su četiri australske dormantne linije pšenice bijeloga zrna s dva nedormantna kultivara. Proizveli su sedam F_1 križanaca, a testiranje su proveli na genotipovima F_2 , F_3 i F_4 generacije. Odabrane linije su testirane s dva kodominantna markera *barc170* i *gwp2279* koji su u ranijim istraživanjima potvrđeni i koriste se za lociranje regije kromosoma 4A koja je povezana s QTL-om za dormantnost. Autori navode da prijašnje studije o dominantno recesivnom nasljeđivanju ne odgovaraju rezultatima u njihovom istraživanju te smatraju da je riječ o intermedijarnom načinu nasljeđivanja s vjerojatno aditivnim ili parcijalno dominantnim učinkom gena.

Genomska selekcija na svojstvo dormantnosti

Kako bi se utvrdili kandidatni geni koji su povezani s dormantnosti zrna pšenice i otpornosti na PHS proveden je velik broj istraživanja i primjene genomske selekcije (GWAS – Genome Wide Association Study). Rehman i sur. (2012.) su proveli istraživanje na 96

kultivara pšenice pri čemu su identificirali 70 DArT markera raspoređenih na 11 kromosoma, utvrdili su značajnu korelaciju navedenih markera s dormantnosti i otpornosti na PHS. Zhou i sur. (2017.) su proveli vrlo opsežno istraživanje u koje su uključili 717 kineskih prirodnih populacija pšenice. Populacije su bile podvrgnute fenotipizaciji tijekom četiri godine (2012.-2015.) na tri zasebne lokacije. Sve primke su genotipizirane DArT-seq i SNP markerima. Wang i sur. (2011.) te Liu i sur. (2014.) navode kako su kineske prirodne populacije pšenice vrlo vrijedni genetički resursi i za identifikaciju kandidatnih lokusa povezanih s povećanom dormantnosti sjemena i otpornošću na priježetveno proključavanje te da ih treba iskoristiti u modernim oplemenjivačkim programima.

Literatura

- Anderson J.A., Sorrells M.E. and Tanksley S.D. (1993). RFLP analysis of genetic regions associated with resistance to preharvest sprouting in wheat. *Crop Sci* 33:453–459
- Baskin C.C. and Baskin J.M. (2014). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*, 2nd edn. San Diego, CA, USA: Academic/Elsevier, ch3,p:37-77
- Basso M.C. and Flintham J. (2005). Relationship between grain colour and preharvest sprouting-resistance in wheat. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.40, n.10, p.981-988.
- Bewley J.D. and Black M. (1994). *Seeds—Physiology of Development and Germination*. New York, Plenum Press.
- Black M., Bewley J.D. and Halmer P. (2006). *The Encyclopedia of Seeds Science, Technology and Uses*. CABI Publishing, Oxfordshire, United Kingdom. p. 528
- Cabral A. L., Jordan M. C., McCartney C. A., You F. M., Humphreys D. G., MacLachlan R., et al. (2014). Identification of candidate genes, regions and markers for pre-harvest sprouting resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biol.* 14:340.
- Cao L., Hayashi K., Tokui M., Mori M., Miura H. and Onishi, K. (2016). Detection of QTLs for traits associated with pre-harvest sprouting resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Breed. Sci.* 66, 260–270. doi: 10.1270/jsbbs.66.260
- Crocker W. (1916). Mechanics of dormancy in seeds. *Amer. J. Bot.* 3:99-120.
- Derera N.F. (1989). The effects of preharvest rain . In *Preharvest Field Sprouting in Cereals*. Ed.by Derera N.F. pp. 1 – 14 . CRC Press , Boca Raton, FL
- Flintham J.E. (2000). Different genetic components control coat-imposed and embryo-imposed dormancy in wheat. *Seed Sci. Res.* 10, 43–50.
- Flintham, J.E. and Gale, M.D. (1996). Dormancy gene maps in homoeologous cereal genomes. In: *International Symposium pre-harvest sprouting in cereals, 7.,1996, Osaka. Proceedings*. Osaka: Center for Academic Societies, p.143-149.
- Finch–Savage W.E. and Leubner–Metzger G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171:501 – 523.
- Gale M.D. and Ainsworth C.C. (1984). The relationship between alpha-amylase species found in developing and germinating wheat grain. *Biochem Genet.* 22(11-12):1031-6
- Groos C., Gay G., Perretant M-R., Gervais L., Bernard M., Dedryver F. and Charmet G. (2002). Study of the relationship between pre-harvest sprouting and grain color by quantitative trait loci analysis in white · red grain bread wheat cross. *Theor Appl Genet* 104:39–47
- Groot, S.P.C. and C.M. Karssen. (1992). Dormancy and germination of abscisic acid-deficient tomato seeds. Studies with the sitiens mutant. *Plant Physiol* 99:952-958.
- Hickey L.T., Dieters M.J., DeLacy I.H., Christopher M.J., Kravchuk O.Y. and Banks P.M. (2009). Screening for grain dormancy in segregating generations of dormant x non-dormant crosses in white-grained wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 172 2: 183-195.
- Hilhorst H.W.M. i Karssen C.M. (1992). Seed dormancy and germination: The role of abscisic acid and gibberellins and the importance of hormone mutants. *Plant Growth Regul.* 11:225 – 238.
- Hilhorst H.W.M. (1995). A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. *Seed Sci. Res.* 5:61 – 73.
- Hilhorst H.W.M. (2003). Seed Dormancy/Delopment of seed dormancy. In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, Ed. Brian Thomas. Elsevier, p.1317-1323.
- Kato K., Nakamura W., Tabiki T., Miura H., and Sawada S. (2001). Detection of loci controlling seed dormancy on group 4 chromosomes of wheat and comparative mapping with rice and barley genomes. *Theor Appl Genet* 102:980–985.
- Kumar A., Kumar J., Singh R., Garg T., Chhuneja P. and Gupta P.K. (2009). QTL analysis for grain colour and pre-harvest sprouting in bread wheat. *Plant Sci.* 177, 114–122.
- Kulwal P.L., Sing, R., Balyan H.S. and Gupta,P.K. (2004). Genetic basis of pre-harvest sprouting tolerance using single-locus and two-locus QTL analyses in bread wheat. *Funct. Integr. Genom.* 4, 94–101.
- Lenser T. and Theissen G. (2013). Molecular mechanisms involved in convergent crop domestication. *Trends Plant Sci.* 18:704 – 714.
- Liu S. and Bai G. (2010). Dissection and fine mapping of a major QTL for preharvest sprouting resistance in white wheat Rio Blanco. *Theor. Appl. Genet.* 121, 1395–1404. doi: 10.1007/s00122-010-1396-4
- Liu S., Li J. and Wang Q. (2014). Germplasm screening for resistance to pre-harvest sprouting in southwest China. *Southw. China J. Agric. Sci.* 27, 931–937.

- Mares D.J. (1987). Preharvest sprouting tolerance in white grained wheat. In Fourth International Symposium on Preharvest Sprouting in Cereals, ed. D.J. Mares, 66–74, Westview Press: Boulder, Colorado.
- Mares D., Mrva K., Cheong J., Williams K., Watson B., Storlie E., Sutherland M., and Zou Y. (2005). A QTL located on chromosome 4A associated with dormancy in white and red grained wheats of diverse origin. *Theor Appl Genet* 111:1357–1364
- Meyer R.S. and Purugganan M.D. (2013). Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification. *Nat. Rev. Genet.* 14:840 – 852.
- Mohan, A., Kulwal, P., Singh, R., Kumar, V., Mir, R. R., and Kumar, J. (2009). Genome-wide QTL analysis for pre-harvest sprouting tolerance in bread wheat. *Euphytica* 168, 319–329.
- Park J., Kim Y.S., Kim S.G., Jung J.H., Woo J.C., and Park C.M. (2011). Integration of auxin and salt signals by the NAC transcription factor NTM2 during seed germination in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 156:537–549.
- Paterson A.H. and Sorrells M.E. (1990). Inheritance of grain dormancy in white-kernelled wheat. *Crop Sci* 30:25–30
- Rakita S., Torbica A.M., Dokić Lj.P., Tomić J.M., Pojić M.M., Hadnađev M.S. and Dapčević Hadnađev T.R. (2015). Alpha-amylase activity in wheat flour and breadmaking properties in relation to different climatic conditions, *Food and Feed Research*, 42 (2), 91-99,
- Rehman Arif, M. A., Neumann K., Nagel M., Kobiljski B., Lohwasser U., and Börner A. (2012). An association mapping analysis of dormancy and pre-harvest sprouting in wheat. *Euphytica* 188, 409–417. doi: 10.1007/s10681-012-0705-1
- Shu K., Liu K.D., Xie O. and He Z.H. (2015.) Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*, 9, 34-45.
- Skubacz A. and Daszkowska Golec A. (2017). Seed Dormancy: The Complex Process Regulated by Abscisic Acid, Gibberellins, and Other Phytohormones that Makes Seed Germination Work. *Phytohormones - Signaling Mechanisms and Crosstalk in Plant Development and Stress Responses*, Dr. Mohamed El-Esawi (Ed.), InTech,
- Tuttle K.M., Martinez, S.A., Schramm E.C., Takebayashi Y., Seo M. and Steber C.M. (2015). Grain dormancy loss is associated with changes in ABA and GA sensitivity and hormone accumulation in bread wheat, *Triticum aestivum* (L.). *Seed Science Research*, 25(2), 179-193.
- Wahl T.I. and O'Rourke D.A. (1993). The economic of sprout damage in wheat. Pp.10 – 17 in Walker – simmons, M.K. and Reid J.L. (Eds) Pre – harvest sprouting in cereals 1992. St. Paul Minnesota, USA, American Association of Cereal Chemist.
- Wang J., Liu Y., Wang Y., Chen Z., Dai S., Cao W., Fedak G., Yuming X.L., Dengcai W., Zheng, L.Y. (2011). Genetic variation of Vp1 in Sichuan wheat accessions and its association with pre-harvest sprouting response. *Genes Genomics* 33, 139–146. d
- Wang J., Pawelzik E., Weinert J., Zhao Q. and Wolf G.A. (2008). Factors influencing falling number in winter wheat. *European Food Research Technology*, 226, 1365–1371.
- Zhou Y, Tang H, Cheng M.P., Dankwa K.O., Chen Z.X., Li Z.Y., Gao S., Liu Y.X., Jiang Q.T., Lan X.J., Pu Z.E., Wei Y.M., Zheng Y.L., Hickey L.T. and Wang J.R. (2017). Genome-Wide Association Study for Pre-harvest Sprouting Resistance in a Large Germplasm Collection of Chinese Wheat Landraces. *Front. Plant Sci.* 8:401.

Genetic control of seed dormancy in wheat

Abstract

Seed dormancy is an adaptive mechanism which temporary disables germination in optimal conditions. In order to accomplish uniform and fast germination, wheat and other cereal breeding programmes have been selected against dormancy. Consequence of this selection is low level of dormancy in modern cultivars with susceptibility to preharvest sprouting. Growth hormones such as GA, ABA and IAA are playing major role in seed dormancy maintenance. Different concentration of these hormones have direct influence on tolerance to PHS by inducing or postponing germination. Large number of QTLs have been identified for dormancy and PHS, but the most prominent ones are those located on 3A, 3B and 3D as well as on 4A chromosome. As a results hard work during many years of research tolerant PHS wheat lines and genotypes had been reported which can now be used as parents in PHS-resistant wheat breeding programmes.

Key words: dormancy, wheat, hormone regulation, PHS, QTL