

Agrovoc descriptors: zea mays, maize, inbred lines, mutation, kernels, gene banks

Agris category codes: F30

COBISS koda: 1.02

Pojav naravnih mutacij pri nekaterih linijah koruze (*Zea mays* L.) iz genske banke

Ludvik ROZMAN¹, Katja POKOVEC²,

Delo je prispelo 30. januarja 2008; sprejeto 15. aprila 2008.

Received January 30, 2008; accepted April 15, 2008.

IZVLEČEK

Z namenom ugotovitve vrste in frekvence mutacij na nekaterih linijah koruze iz genske banke koruze Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani smo v letu 2003 na poskusnem polju BF v Jablah pri Trzinu posejali 100 linij koruze iz genske banke. Na poskusni parcelici vsake linije je bilo posejanih po 40 rastlin. Storže linij smo po spravi v laboratoriju vizualno pregledali in s pomočjo literature beležili pojav naravnih mutacij na storžih in zrnih posamezne linije. Vrste mutacij, ki smo jih na podlagi literature ugotovili, so bile: sladka zrna, zrna s praznim perikarpom, zgrbančena – nerazvita zrna, slabo razvita – abortirana zrna, zrna podobna visoko-lizinskim ali moknatim zrnem, zrna z zmanjšanim endospermom ter zrna v plevah. Nekaterih mutacij na podlagi literature (pisan – sivobel perikarp, nepravilne in odprte vrste zrnja na storžu) nismo mogli natančno definirati.

Ključne besede: koruza, *Zea mays* L., linije, genska banka, naravne mutacije

ABSTRACT

THE APPEARANCE OF SPONTANEOUS MUTATIONS ON MAIZE (*Zea mays* L.) INBRED LINES OF MAIZE GENE BANK

The aim of this study, conducted in 2003, was to investigate the appearance and frequency of spontaneous mutations in maize inbred lines. In the investigation were included 100 maize inbred lines obtained from the maize gene bank of the Department of Agronomy, Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana. The experimental plots included 40 plants per each inbred line. The ears of inbred lines were analysed, and on the base of literature, the appearance of spontaneous mutations on ears and kernels, were scored. The mutations that were determined are sugary kernels, kernels with empty pericarp, shrunk – undeveloped kernels, nonviable – defective kernels, kernels like opaque and floury endosperm, reduced endosperm and kernels with papyrescent glumes. On the base of literature some mutations (variegated – greyish white pericarp, irregular kernel row) we couldn't have determined.

Key words: maize, *Zea mays* L., inbred lines, gene bank, spontaneous mutations.

¹ doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana.

² univ. dipl. kmet., Laze pri Dolskem 27, SI-1262 Dol pri Ljubljani.

1 UVOD

Za uspešno žlahtnjenje rastlin je variabilnost genskega materiala, ki ga ima žlahtnitelj na razpolago, izrednega pomena. Z medsebojnim križanjem genetsko različnega materiala, ki je eden od najpomembnejših vzrokov variabilnosti, lahko žlahtnitelj sam povečuje variabilnost rastlin. Drugi zelo pomemben povzročitelj variabilnosti pa so mutacije, nenadne dedne spremembe, ki se lahko v naravi dogajajo spontano, lahko pa jih umetno povzroči človek z različnimi povzročitelji mutacij. V naravi se spontane mutacije dogajajo neprestano, vendar se fenotipsko lahko opazi le nekatere mutacije, predvsem mutacije kvalitativnih lastnosti, ki jih povzročajo geni z močnejšim delovanjem t.i. major geni, medtem ko so za ugotavljanje mutacij kvantitativnih lastnosti (t.i. minor geni ali poligeni) potrebna natančnejša merjenja in statistične analize (Borojević K., 1991). Čeprav se zdi, da je frekvenca mutacij zelo nizka (10^{-4} do 10^{-8}) se v naravi mutacije pojavljajo pogosto, če vemo, da ima vsak organizem oz. rastlina veliko število genov in če upoštevamo število rastlin na enoto površine (80-100.000 rastlin koruze/ha, 3-5.000.000 rastlin pšenice/ha). Kljub prevladujočemu številu škodljivih mutacij, ki se v naravi izgubijo, ker organizmi (rastline) propadejo zaradi nesposobnosti preživetja ali nesposobnosti reprodukcije, so vendarle poznani nekateri pozitivni oz. koristni mutanti, ki se še danes uporabljajo lahko neposredno ali kot vir koristnih genov v žlahtnjenju rastlin. Pri koruzi je znana sladka koruza, koruza s povečano vsebnostjo lizina (opaque) (Borojević, S., 1992), v sadjarstvu nektarina (mutant breskve), črni mutanti pri jablani (Mišić, 1987) ali v cvetličarstvu (60 mutantov raznih barv tulipana 'Murillo') (Doorenbos, 1954). Mnogo koristnih mutacij se v naravi zgodi, a se jih zaradi tega, ker jih pravočasno ne opazimo, tudi izgubi. Da jih opazimo oz. odkrijemo je, med drugim, potrebno predvsem dobro poznavanje genskega materiala, ki ga proučujemo.

Namen raziskave je bil natančno proučiti in določiti naravne mutacije na storžih in zrnju koruze, ki so se pojavile v času ene rastne dobe na samooplodnih linijah koruze, ki so hranjene v genski banki Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

2 MATERIAL IN METODE

Na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah pri Trzinu je bilo posejanih 100 linij iz genske banke koruze Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Na poskusni parcelici posamezne linije je bilo posejanih po 40 rastlin. Priprava in obdelava zemlje, setev ter nadaljnja oskrba poskusa v času rastne dobe je potekala po standardnih metodah, ki veljajo za pridelavo koruze v praksi.

Po spravi in sušenju storžev linij koruze smo v laboratoriju ugotavljali pojav naravnih mutacij na zrnju koruze, tako da smo storže vseh linij natančno vizualno pregledali ter beležili vse spremembe posameznih zrn na storžu, ki so odstopala od normalnih in tipičnih zrn za posamezno linijo. Kot osnova za določanje tipa mutacij nam je služil katalog naravnih mutacij »Mutants of maize« (Neuffer in sod., 1997), kjer je poleg slikovnega prikaza posamezne mutacije navedeno ime mutacije, ki jo izraža gen, odgovoren za pojav določene mutacije ter lokus in oznaka kromosoma, na katerem je prišlo do mutacije.

3 REZULTATI

Čeprav se mutacije v naravi pojavljajo relativno pogosto, se jih zaradi nepozornosti ali neopaznosti večina izgubi. Opazimo jih le s pozornim spremljanjem in dobrim poznavanjem materiala, ki ga imamo na razpolago. Najbolj očitna in dobro poznana naravna mutacija, ki se je pojavila tudi na našem genskem materialu, je mutacija iz navadne škrobnate koruze v sladko koruzo. Dominantni gen *Su*, ki povzroča škrobnat endosperm, je mutiral v recesivni gen *su* (sugary), ki preprečuje tvorbo škroba, namesto njega se v zrnju tvori amilodekstrin, ki povzroča sladek okus zrna. Za tako mutacijo je odgovornih več genov, ki se nahajajo na različnih lokusih in kromosomih v koruznem genomu. Gen *su1*, z oznako [4S-47] (Neuffer in sod., 1997), se nahaja na krajšem kraku četrtega kromosoma in sicer na lokusu, ki je oddaljen 47 baznih parov (bp) od začetnega gena na lokaciji 0. Poleg tega gena povzročata sladko koruzo še gena *su2* [6L-58] na šestem kromosomu in *su3*, katerega lokacija do sedaj še ni znana. Zrela in suha zrna sladke koruze so nagubana in prosojna in se zlahka ločijo od navadnih škrobnatih zrn (Sl. 1). Ta mutacija se je pojavila pri linijah Lin-GB-55/03, Lin-GB-122/03, Lin-GB125/03 in Lin-GB-127/03 (Pregl. 1). Sladko zrno povzroča tudi gen *sh2* (shrunknen) na tretjem kromosomu [3L-149.2], katerega zrnje je še bolj nagubano in bolj sladko, zato to koruzo imenujemo tudi »super sladka koruza«. Na našem materialu te mutacije nismo opazili.

Pri linijah Lin-GB-55/03 in Lin-GB-87/03 so se pojavila posamezna zrna s praznim perikarpom. To mutacijo povzročajo geni z oznako *emp* (empty). Gen *emp1* [1S] se zelo močno izraža in povzroči popoln propad koruznega zrna. Embrio je neživ, prav tako tudi samo zrno, ki je nekalivo in ima prazen perikarp z zmanjšanim ali celo brez endosperma. Podobne simptome mutacij kot gen *emp1*, povzroča tudi gen *emp2* [2L-blizu gena *v4*]. Tako zrno ima nekoliko več endosperma, medtem ko gen *emp3* [8L-89] vpliva na nastanek majhnih, praznih in okvarjenih zrn, ki prav tako niso sposobna preživeti in so nekaliva. Sladko zrno s skoraj praznim perikarpom pa povzroča gen *cp2* [4S-blizu *ts5*], katerega zrnje je kalivo, vendar mlade rastline, ki so bele z zelenimi črtami, kmalu propadejo. Taka mutacija z različno stopnjo praznega perikarpa se je pojavila pri liniji Lin-GB-55/03 (Sl. 2).

Drobnejša, nepopolno razvita zrna, Neuffer s sod. (1997) jih poimenuje »miniaturna zrna«, povzroča gen *mn1* (miniature seed) [2S-blizu *fl1*]. Zrna izgledajo kot prisilno dozorela, katerim je zmanjkalo hranil za normalni razvoj. Zrna so normalno kaliva, prav tako sta normalna tudi nadaljnja rast in razvoj rastline. Najbolj očitno se je taka mutacija pojavila pri liniji Lin-GB-24/03 (Sl. 3) in to na dveh storžih pri vseh zrnih. Pri linijah Lin-GB-81/03, Lin-GB-82/03 in Lin-GB-127/03 so se pojavila samo posamezna mutirana zrna na storžih.

Preglednica 1: Mutacije, ki so se pojavile na zrnih linij koruze, hranjenih v genski banki Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani, posejanih na selekcijskem polju v Jablah v letu 2003.

Table 1: Mutations, found on the kernel of maize inbreds of maize gene bank at Dept. of Agronomy, Biotechnical Faculty Ljubljana, investigated in Jable 2003.

Vrsta mutacije Type of mutation	Mutiran gen Mutate gene	Linije, pri katerih so se pojavile mutacije Inbreds, that express the mutations
Sladka zrna Sugary kernel	<i>su1, su2, su3, sh2</i>	Lin-GB-55/03, Lin-GB-122/03, Lin-GB-125/03, Lin-GB-127/03
Prazen perikarp Empty pericarp	<i>emp1, emp2, emp3</i>	Lin-GB-55/03, Lin-GB-87/03
Zgrbančena, nerazvita zrna Miniature, shrunken kernel	<i>mn1,</i>	Lin-GB-24/03, Lin-GB-81/03, Lin-GB-82/03, Lin-GB-127/03
Slabo razvita, abortirana oz. okvarjena zrna Defective kernel	<i>dek1 – dek33</i>	Lin-GB-45/03, Lin-GB-59/03, Lin-GB-87/03, Lin-GB-90/03, Lin-GB-99/03, Lin-GB-101/03
Visokolizinska zrna Opaque kernel	<i>o2, o5, o14</i>	Lin-GB-63/03
Moknat endosperm Floury endosperm	<i>fl1, fl2, fl3</i>	Lin-GB-19/03, Lin-GB-63/03, Lin-GB-86/03, Lin-GB-130/03
Zmanjšan in moknat endosperm Reduced, floury endosperm	<i>ref1, ren1, ren2, ren3</i>	Lin-GB-130/03
Zrna v plevah Papyrescent glumes	<i>pn1</i>	Lin-GB-8/03
Pisan sivobel perikarp Variegated, greyish white pericarp		Pri 21 linijah On the 21 inbreds
Nepravilne oz. pomešane vrste Irregular kernel rows		Lin-GB-12/03
Odperte oz. razklenjene vrste Open irregular kernel rows		Lin-GB-118/03

Slabo razvita abortirana zrna smo opazili kot posamezna zrna pri linijah Lin-GB-45/03, Lin-GB-59/03, Lin-GB-87/03, Lin-GB-90/03, Lin-GB-99/03 in Lin-GB-101/03. Zrna so majhna, z močno zmanjšano prostornino zrna, ki je posledica slabo razvitega endosperma, tanke alevrnske plasti in perikarpa. Tako mutacijo povzroča več genov z oznako *dek* (defective kernel) in sicer geni z oznako od *dek1* do *dek33*, ki se nahajajo na različnih lokusih in kromosomih. Čeprav ti geni povzročajo okvarjenost zrna, ki se izražajo s slabo razvitimi, abortiranimi zrni (Sl. 4), ki so nekaliva; nekateri od teh genov povzročajo tudi nastanek zrna z visoko vsebnostjo lizina. Med drugim tako vrsto mutacij povzročajo tudi geni *dek2*, *dek6*,

dek10, *dek13*, *dek16*, *dek17*, *dek19* in *dek28*. Dvanajst *dek* genov povzroča tudi nastanek moknatega endosperma. Vsi *dek* geni pa povzročajo nekalivost zrna ali propad mladih rastlin kmalu po vzniku.

Sicer pa visokolizinska zrna povzročajo geni z oznako *o1* (opaque) do *o14* (razen *o3*), zrna z moknatim endospermom pa geni *fl* (floury): *fl1* [2S-68], *fl2* [4S-39] in *fl3* [8L-24]. Pri obeh mutacijah so zrna močno bledorumeni (krednata), pri visokolizinskih so zrna tudi rahlo prosojna. Med njimi je najbolj znan gen *o2* [7S-16], ki regulira nastanek proteina *b-32*, ki vsebuje aminokislino lizin. Najbolj tipična zrna, podobna visokolizinskim, so se pojavila pri Lin-GB-63/03 (Sl. 5), medtem ko so se zrna, podobna zrnju z moknatim endospermom, pojavila pri Lin-GB-19/03, Lin-GB-45/03, Lin-GB-63/03, Lin-GB-86/03 in Lin-GB-103 (Pregl. 1). Pri liniji Lin-GB-130/03 so se pojavila tudi posamezna zrna z zmanjšanim in moknatim endospermom, ki jih povzroča gen *ref1* (reduced floury) [2S-68] (Sl. 6), medtem ko samo zmanjšan endosperm povzročajo geni *ren1* (reduced endosperm) [5L-blizu *pr1*], *ren2* [7L-blizu *tpi1*] in *ren3* [10L-blizu *r*].

Pri liniji Lin-GB-8/03 so se pojavile pleve, ki so daljše in tanjše od običajnih, t.i. papirnate pleve, povzroča jih gen *pn1* (papyrescent glumes) [7L-112]. Zrna na storžu pa so lahko deloma ali v celoti ovita v pleve, v naši raziskavi so bila zrna samo deloma pokrita s plevami.

Poleg mutacij, ki jih navaja Neuffer s sod. (1977), so se v naši raziskavi pojavile še mutacije na zrnju s pisanim sivobelim perikarpom (Sl. 7) z različnimi niansami oz. intenziteto pri kar 21 linijah; ter dve mutaciji na storžu. Pri liniji Lin-GB-12/03 so se pojavile nepravilne oz. pomešane vrste zrnja na storžu, pri liniji Lin-GB-118/03 pa so bile vrste zrnja na storžu odprte oz. razklenjene.

4 RAZPRAVA

V naše proučevanje so bile vključene linije z različno stopnjo homozigotnosti (od S6 generacije dalje) (Rozman, 1998), zato sta vzroka za izražanje mutacij lahko dva. Ker običajno dominantni gen 'A' mutira v recesivnega 'a' (Borojević, K., 1992), se mutacija izrazi le v homozigotnem stanju. Pri linijah, ki so že v homozigotnem stanju se je zgodila nenadna mutacija v letu proučevanja, medtem ko je pri linijah, ki še niso popolnoma homozigotne, mutantni alel lahko bil že prisoten, a se je izrazil šele, ko je prišlo do homozigotnega stanja mutiranega alela.

Za žlahtnjenje rastlin je pomembno, da mutacije pravočasno opazimo, še predvsem, če so to koristne mutacije, ki nam služijo za vzgojo novih genotipov z novimi boljšimi lastnostmi. V našem proučevanju se je mutacija sladke koruze, ki spada med ene od najbolj koristnih mutacij pri koruzi, pojavila pri 4 linijah. Pri liniji Lin-GB-55/03 so se istočasno pojavila tudi zrna, ki so imela bolj ali manj prazen perikarp. Posamezna sladka zrna iz različnih linij se bodo lahko uporabila v nadaljnjem žlahtnjenju novih genotipov sladke koruze s selekcijo na homozigotnost še drugih agronomsko pomembnih fenotipskih lastnosti (izenačenost, odpornost, ranost, ...) in kasnejšim medsebojnim križanjem.

Koristni mutanti so tudi zrna z visoko vsebnostjo lizina, imenovana 'opaque' zrna. Ker smo mutacije ocenjevali predvsem po fenotipskih lastnosti oz. vizualno, ne moremo z gotovostjo trditi, da so to 'opaque' zrna, zato smo jih definirali kot zrna podobna visokolizinskim zrnom. Podobna so tudi zrna z moknatim endospermom, le da so ta zrna manj prosojna kot visokolizinska. Tudi taka zrna so se pojavila na več linijah z različno intenziteto izražanja. S kemičnimi analizami na vsebnost lizina v zrnju (Landry in sod., 2005; Azevedo in sod., 2003) ali na vsebnost ključnih encimov, ki so odgovorni za sintezo le-teh (Varisi in sod., 2007; Azevedo in sod., 2006) je možno ta predvidevanja potrditi.

Večje število mutacij, ki smo jih opazili, spada med nekoristne ali celo škodljive mutacije. Te so v procesu zlahtnjenja manj zaželene, zato je kljub temu potrebno beležiti tudi pojav le-teh, da te genotipe, v kolikor sami ne propadejo, izločimo iz nadaljnje selekcije. Nekoristne mutacije, ki smo jih opazili, se izražajo predvsem z zmanjšanim ali celo praznim endospermom, s slabo razvitimi okvarjenimi ter drobnejšimi zrnji. Čeprav so si nekatere med njimi zelo podobne ali težje določljive, smo jih lahko vizualno dobro določili s primerjanjem zelo nazornih slik iz kataloga 'Mutants of maize' (Neuffer in sod., 1997). Za še večjo sigurnost so potrebne molekulske analize, med katerimi se najpogosteje uporablja mikrosateliti (Lia in sod., 2007; Carson in sod., 2004; Vigouroux in sod., 2002). Nekatere od teh mutacij pa lahko določimo zelo enostavno s setvijo mutiranih zrn, saj so okvarjena zrna, katera povzročajo številni *dek* geni, popolnoma nekaliva, medtem ko so zrna z zmanjšanim endospermom normalno kaliva.

Od vseh 100 proučevanih linij, se je na 33 linijah pojavila vsaj ena vrsta mutacije. Nekatere od teh linij so bolj podvržene mutacijam, saj se je pri njih pojavilo več različnih vrst mutacij. Pri liniji Lin-GB-86/03 se je poleg moknatega endosperma na enem storžu, na drugem storžu pojavila mutacija s pisanim sivobelim perikarpom (Sl. 8), ki je v katalogu mutacij (Neuffer s sod., 1997) nismo našli. Nedvomno pa gre tu za mutacijo, saj je perikarp lahko različne barve (brezbarven, sivobel, rdeč ali rjav) (IBPGR, 1991; Tavčar, 1965), odvisno od prisotnih genov. Pisan sivobel perikarp smo ugotovili pri 21 linijah, kjer se je razvil z različno intenziteto pisanosti. Podobni znaki se na zrnju pojavijo lahko tudi ob rahli napadenosti glive iz rodu *Fusarium*, ki pa se zaradi sušnih vremenskih razmer v letu proučevanja ni množično pojavila. Naša domnevanja o pojavu take mutacije se lahko potrdijo ali ovržejo z nadaljnjo setvijo teh zrn.

5 SKLEPI

Na genskem materialu linij koruze iz genske banke smo ugotovili koristne kot tudi nekoristne ali celo škodljive mutacije.

Sladka zrna koruze, ki spadajo med koristne mutante in se najbolj očitno razlikujejo od normalnih škrobnatih zrn, so se pojavila pri linijah Lin-GB-55/03, Lin-GB-122/03, Lin-GB-125/03 in Lin-GB-127/03.

Zrna podobna visokolizinskim so se pojavila pri liniji Lin-GB-63/03, zrna podobna zrnem z moknatim endospermom pa pri linijah Lin-GB-19/03, Lin-GB-63/03, Lin-GB-86/03 in Lin-GB-130/03.

Večje število mutacij, ki so se pojavile v našem proučevanju, spada med nekoristne mutacije, kot so npr. okvarjena, zmanjšana ali zgrbančena zrna.

Mutanti s koristnimi lastnostmi bodo vključeni v nadaljnji program selekcije ali žlahtnjenja koruze, nekateri pa bodo, glede na dosedanje ugotovitve, še nadalje preizkušani.

6 VIRI

- Azevedo, R.A., Damerval, C., Landry, J., Lea, P.J., Bellato, C.M., Meinhardt, L.W., Le Guilloux, M., Delhay, S., Toro, A.A., Gaziola, S.A., Berdejo, B.D.A. 2003. Regulation of maize lysine metabolism and endosperm protein synthesis by opaque and floury mutations. *Eur. J. Biochem.*, 270, 4898-4908.
- Azevedo, R.A., Lancien, M., Lea, P.J. 2006. The aspartic acid metabolic pathway, an exciting and essential pathway in plants. *Amino Acids*, 30: 143-162.
- Borojević, K. 1991. Geni i populacija. Novi Sad, Prirodno-matematički fakultet: 541 s.
- Borojević, S. 1992. Principi i metode oplemenjivanja bilja. 2. dopunjeno izdanje. Beograd, Naučna knjiga: 385 s.
- Carson, C., Robertson, J., Coe, E. 2004. High-volume mapping of maize mutants with simple sequence repeat markers. *Plant Molecular Biology Reporter*, 22: 2, 131-143.
- Doorenbos, J. 1954. Notes on the history of bulb breeding in the Netherlands. *Euphytica*, 3: 1-11.
- IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International maize and wheat improvement Center. Mexico City, Rome, International Board for Plant Resources: 88 s.
- Landry, J., Damerval, C., Azevedo, R.A., Delhay, S. 2005. Effect of the opaque and floury mutations on the accumulation of dry matter and protein fractions in maize endosperm. *Plant Physiol. Biochem.* 43: 549-556.
- Lia, V.V., Bracco, M., Gottlieb, A.M., Poggio, L., Confalonieri, V.A. 2007. Complex mutational patterns and size homoplasy at **maize** microsatellite loci. *TAG*, 115: 7, 981-991.
- Mišić, D. 1987. Opšte oplemenjivanje voćaka. Beograd, Nolit: 270 s.
- Neuffer, G.M., Coe, E.H., Wessler, S.R. 1997. Mutants of maize. New York, Cold Spring Harbor Laboratory Press: 467 s.
- Rozman, L. 1998. Genska banka koruze. *Sodobno kmetijstvo*, 31: 2, 71-73.
- Tavčar, A. 1965. Genetika kukuruza. V: Kukuruz. Piper M. (ur.) Beograd, Zadržna knjiga: 71-90.
- Varisi, V.A., Medici, L.O., Meer, I., van der Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2007. Dihydrodipicolinate synthase in opaque and floury maize mutants. *Plant Science*, 173: 4, 458-467.

Vigouroux, Y., Jaqueth, J.S., Matsuoka, Y., Smith, O.S., Beavis, W.D., Smith, J.S.C., Doebley, J. 2002. Rate and pattern of mutation at microsatellite loci in maize. Mol. Biol. Evol., 19(8): 1251-1260.



Slika 1: Posamezna sladka zrna, ki so nagubana in prosojna, na storžu trdinke.

Figure 1: Individual sugary kernel, the shrunken and translucent, on the ear of flint maize.



Slika 2: Storž s sladkimi zrna in zrna s praznim perikarpom.
Figure 2: Ear with sugary kernels and kernels with empty pericarp.



Slika 3: Drobnejša, nepopolno razvita zrna.
Figure 3: Miniature kernels, expressed as incomplete developed kernels.



Slika 4: Slabo razvita, abortirana oz. okvarjena zrna..
Figure 4: Incomplete developed, defective kernels.



Slika 5: Posamezna bledorumenena (krednata) zrna, podobna viskolizinskim (*opaque*) zrnom.
Figure 5: Individual chalky kernels, like to high lysine content (*opaque*) kernels.



Slika 6: Posamezna zrna z zmanjšanim in moknatim endospermom.
Figure 6: Individual kernels with reduced and floury endosperm.



Slika 7: Zrna s pisanim sivobelim perikarpom.
Figure 7: Kernels with variegated greyish white pericarp.



Slika 8: Linija Lin-GB-86/03 z izražanjem dveh vrst mutacij, pisan sivobel perikarp (levi storž) in zrna podobno zrnu z moknatim endospermom (desni storž).

Figure 8: Inbreds Lin-GB-86/03 with express variegated, greyish white pericarp (ear on left) and kernel like to floury endosperm (ear on right).