

INTERSPECIES HIBRIDIZACIJA U OKVIRU RODA *Sorghum* sp.

Sikora V., Berenji J.*

IZVOD

Sirak je samooplodna biljna vrsta kod koje se u izvesnom procentu javlja i stranooplodnja. Interspecies hibridi između gajenog (*Sorghum bicolor*) i divljeg sirka (*Sorghum halepense*) ispoljavaju povećanu životnu sposobnost i hibridnu snagu za više kvantitativnih osobina. Pojava protoka gena između gajenog sirka i korovskog divljeg sirka predstavlja potencijalnu opasnost nekontrolisanog transfera gena putem polena. Ovim putem se iz gajenog sirka u divlji sirak mogu preneti geni koji mogu povećati njegov korovski potencijal. Protok gena u suprotnom smeru može uzrokovati pojavu atipičnih biljaka u komercijalnim usevima gajenog sirka.

Ključne reči: interspecies hibridizacija, *Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense*, protok gena

UVOD

Spontano ukrštanje između vrsta, podvrsta i varijeteta se često javlja u prirodi. Ova pojava je posebno značajna u slučaju spontane hibridizacije koja se odvija između gajene biljne vrste i njenih divljih odnosno korovskih srodnika. Na taj način dolazi do razmene genetičke informacije između dva genpula. Rezultat razmene može biti pozitivan, ukoliko se u gajenu biljnu vrstu unose poželjne osobine koje se ne nalaze u okviru njene germplazme, ili negativan, ukoliko se u korovsku vrstu unesu osobine koje povećavaju njenu konkurentnu sposobnost sa ostalim korovima i gajenim biljkama (Barrett, 1983).

Interspecies hibridizacija je u pozitivnoj korelaciji sa zajedničkim poreklom i evolucijom gajene i korovske vrste (Baker, 1972; DeWet, Harlan, 1975; Small, 1984). Da bi uopšte moglo doći do razmene gena na relaciji gajena biljka–korovska vrsta ili obratno, moraju biti ispunjeni određeni uslovi. Seksualno kompatibilne vrste se moraju nalaziti na istom lokalitetu, njihovo vreme cvetanja mora da se preklapa i mora postojati vektor polena (Arriola, 1995).

UKRŠTANJE DIVLJEG I GAJENOG SIRKA

Sirkovi (*Sorghum* sp.) se ubrajaju u samooplodne biljne vrste kod kojih se javlja određen stepen spontane stranooplodnje, koji se kreće u rasponu od 0,1% do 30% (Kigel, Rubin, 1985; Doggett, 1988; Pederson et al., 1998). Iako imaju različit broj hromozoma, diploidni gajeni ($2n=20$) i tetraploidni divlji sirak ($2n=40$) mogu se ukrštati (Arriola, Ellstrand, 1996, 1997).

* Dr Vladimir Sikora, prof. dr Janoš Berenji, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Potencijal za interspecies hibridizaciju u okviru roda *Sorghum* se najbolje može sagledati iz istorijske perspektive. *Sorghum bicolor* je vrsta odomaćena pre početka nove ere u supsaharskoj Africi. Odande je kasnije trgovačkim putevima prenesen u Indiju i Kinu. Ova migracija je bila ključni faktor koji je uticao na kasniju prirodnu interspecies hibridizaciju između afričkih i azijskih sirkova (Rooney, Smith, 2000). U prilog ove hipoteze govore i genetički dokazi, pošto se pretpostavlja da je *Sorghum halepense* u suštini alopoliploid proizišao iz interspecies hibridizacije između afričkog *Sorghum bicolor* i azijskog *Sorghum propinquum* (Paterson et al., 1995). Radi se o spontanom ukrštanju čiji je rezultat divlji sirak, *Sorghum halepense*, jedan od najopasnijih korova u svetskim razmerama (Holm et al., 1977).

Podaci istraživanja na molekularnom nivou govore o tome da je divlji sirak novijeg porekla i da njegov genpul nije u potpunosti razdvojen od genpula gajenog sirka (Hoang–Tang, Liang, 1988). Pored toga, sirkovi generalno ispoljavaju relativno nizak nivo alozinskog diverziteta unutar pojedinih vrsta, posebno kada je reč o divljem sirku (Warwick, 1990; Morden et al., 1989, 1990; Aldrich et al., 1992). To znači da pojedine vrste sirka dele određeni procenat istih alela, što uzrokuje i održava visok nivo homogenizacije dva genpula.

Prva istraživanja vezana za interspecies hibridizaciju kod sirka su izvršili Sangduen i Hanna (1984). U recipročnim ručnim ukrštanjima između divljeg i gajenog sirka utvrđena je sposobnost ukrštanja 71–83%, kada je majčinska komponenta divlji, odnosno 0–33% ako je majčinska komponenta gajeni sirak. Dobijeni interspecies hibridi odlikovali su se velikom hibridnom snagom, lisnatošću, višegodišnjim habitusom i rastresitom metlicom. Po boji, obliku i osipanju semena, fenotipski su više ličili na divlji nego na gajeni sirak. Debljina stabla, pojava rizoma i veličina zrna su osobine koje su intermedijarne u odnosu na roditelje. U morfološkim karakteristikama i ponašanju hromozoma između recipročnih ukrštanja nisu zabeležene razlike. Količina semena iz slobodne oplodnje je kod svih hibrida 74–85%, a iz veštačke samooplodnje 18–95%. Interspecies hibridi sa citoplazmom gajenog sirka proizvode manje semena u samooplodnji i imaju manje obojen polen, što indikuje citoplazmatsko–genetsku interakciju. Na tetraploidnom nivou je moguća manipulacija sa germplazmom ove dve vrste kao i vraćanje na diploidni gajeni sirak sa osobinama prenesenim iz divljeg sirka.

Stepen formiranja hibrida između gajenog i divljeg sirka je ispitivan i u poljskim uslovima (Arriola, 1995). Pošto su obe posmatrane vrste imale poznati genotip i bile su homozigoti za alternativne alele u jednom izozimskom lokusu, za merenje prelaska polena sa metlica jedne na metlice druge vrste su korišćeni izozimski markeri. Pri tome su se biljke divljeg sirka nalazile na udaljenosti 0,5–100 metara od biljaka gajenog sirka. Elektroforetskom analizom identifikovano je hibridno potomstvo sve do udaljenosti 100 metara. Hibridno potomstvo se odlikovalo sa 0–100% kljavih zrna na biljci. Proporcija biljaka kod kojih se našlo barem jedno hibridno seme se smanjivala sa povećanjem udaljenosti. Proporcija ukupnog hibridnog potomstva se takođe smanjivala sa povećanjem udaljenosti.

PROTOK GENA

Protok gena predstavlja prelazak i inkorporaciju gena iz genpula jedne populacije u genpul druge. Za protok gena nije značajna samo mogućnost hibridizacije unutar vrste već i inkorporacija migrirajućih alela u genpul druge vrste (Slatkin, 1987). Da bi do razmena gena između dve populacije ili vrste dolazilo u kontinuitetu, dobijeni hibridi moraju opstati u prirodnim uslovima. Hibridizacija na relaciji gajena vrsta – korovska vrsta malo je razmatrana zbog toga što korov koji nosi osobine poželjne za gajenu vrstu (patuljasti tip rasta, seme koje se

ne osipa, itd.) nije konkurentan sa ostalim korovima koji ove osobine ne poseduju, zbog čega geni iz gajene vrste retko opstaju u korovskoj populaciji (National Research Council, 1989). U slučaju sirka interspecies hibridi su prisutni u prirodi i zato se protok gena u oba pravca javlja u merljivim razmerama (Arriola, Ellstrand, 1997). Posledice ove pojave se teško mogu predvideti (Morden et al., 1990).

Kontinualni protok gena ima izraziti efekat na genetsku strukturu populacije (Ellstrand, 1992) što dovodi do promena u njenoj kompoziciji, adaptivnoj vrednosti ili čak do njenog nestanka (Small, 1984; Futuyama, 1986; Slatkin, 1987). Spontana hibridizacija u okviru roda *Sorghum* je potencijalni izvor nove genetičke varijabilnosti (Baker, 1972; Harlan, 1992). Na primer divlji sirak se javlja kao potencijalni izvor novih osobina koje mogu da se iskoriste u okviru programa oplemenjivanja gajenog sirka. S druge strane, ona može biti izvor kontaminacije oplemenjivačkog materijala (Sangduen, Hannah, 1984). Prenosenje polena može dovesti do unošenja alela od gajenog sirka u korovsku populaciju i time povećati njen korovski potencijal, što opet može dovesti do izražene agresivnosti divljeg sirka (Harlan, 1992).

Razvoj novih biotehnologija omogućava genetičku transformaciju biljaka za specifična svojstva. Neka novonastala svojstva mogu povećavati adaptibilnost i konkurentnu sposobnost korova, ukoliko ih ovi poseduju (Ellstrand, Hoffman, 1990; Raybould, Gray, 1994). Protok gena iz gajenih biljaka nastalih genetskom modifikacijom u srodne divlje ili korovske biljne vrste može rezultirati "bekstvom" transgena (Colwell et al., 1985; Ellstrand, 1988; Tiedje et al., 1989). U praksi se za sada genetički modifikovani sirak ne koristi, pre svega zbog slabog uspeha u razvoju efikasnih metoda za transfer gena kod ove biljne vrste (Subudhi, Nguyen, 2000), ali i zbog opasnosti transfera gena prema divljem sirku.



Sl. 1 Biljka u F_1 usevu sirka za zrno za koju se pretpostavlja da je nastala spontanom ukrštanjem muško sterilne majčinske biljke hibrida i divljeg sirka za vreme proizvodnje F_1 semena

Fig. 1 Plant in F_1 commercial sorghum field of grain sorghum supposed to derive from spontaneous cross between male sterile female parent and Johnsongrass during the process of F_1 seed production

Skoro svi komercijalni hibridi gajenog sirka danas se proizvode korišćenjem citoplazmat-sko-genetskog sistema (cms) A1 tipa, pre svega zahvaljujući postojanju velikog broja linija koje restauriraju fertilitnost u A1 citoplazmi (Bosques-Vega et al., 1989; Torres-Cardona et al., 1990). S druge strane, veoma je mali broj linija sposobnih za restauraciju fertilitnosti, npr. u A3 citoplazmatsko muško sterilnim linijama sirka (Bosques-Vega et al., 1989; Torres-Cardona et al., 1990), pa se njihovo korišćenje preporučuje kao mera kojom bi se onemogućio negativan transfer gena. Iako se korišćenjem ove citoplazme nepoželjni protok gena ne može u potpunosti eliminisati, on se može značajno redukovati (Pedersen et al., 2003).

Gajeni sirak razmenjuje gene sa divljim srodnicima dugo vremena i ne treba sumnjati da će se to odigravati i ubuduće. Zbog oskudnih istraživanja iz ove oblasti potrebno je izvršiti detaljnija ispitivanja genoma divljeg sirka, koja bi omogućila određivanje stepena srodnosti između sirkova u okviru roda *Sorghum*, kao i nivo protoka gena. Ovakva istraživanja bi dala odgovor na pojavu atipičnih biljaka u semenskim i komercijalnim usevima sirka (sl. 1).

LITERATURA

Aldrich, P.R., Doebley, J., Schertz, K.F., Stec, A. (1992): Patterns of allozyme variation in cultivated and wild *Sorghum bicolor*. *Theoretical and Applied Genetics* 85, 451–460.

Arriola, P.E., Ellstrand, N.C. (1996): Crop-to-weed gene flow in the genus *Sorghum*: spontaneous interspecific hybridization between johnsongrass and crop sorghum. *American Journal of Botany* 83, 1153–1160.

Arriola, P.E., Ellstrand, N.C. (1997): Fitness of interspecific hybrids in genus *Sorghum*: persistence of crop genes in wild populations. *Ecological Applications* 7, 512–518.

Arriola, P.E. (1995): Crop to weed gene flow in sorghum: implications for transgenic release in Africa. *African Crop Science Journal* 3, 153–160.

Baker, H.G. (1972): Migrations of weeds. In: *Taxonomy, Phytogeography, and Evolution*. Valentine, D.H. (ed.). pp. 327–347. Academic Press, London.

Barrett, S.C.H. (1983): Crop mimicry in weeds. *Economic Botany* 37, 255–282.

Bosques-Vega, A., Sotomayor-Rios, A., Torres-Cardona, S., Perrerly, H.R., Schertz, K.F. (1989): Maintainer and restorer reactions with A1, A2 and A3 cytoplasm of lines from the sorghum conversion program. MP-1676. Texas Agricultural Experiment Station, College Station.

Colwell, R.K., Norse, E.A., Pimentel, D., Sharples, F.E., Simberloff, D. (1985): Genetic engineering in agriculture. *Science* 229, 111–112.

DeWet, J.M.J., Harlan, J.R. (1975): Weeds and domesticates: evolution in a man-made habitat. *Economic Botany* 29, 99–107.

Doggett, H. (1988): *Sorghum* 2nd ed. Tropical Agricultural Series. Longman Scientific, Essex.

Ellstrand, N.C., Hoffman, C.A. (1990): Hybridization as an avenue for the escape of engineered genes. *Bioscience* 40, 438–442.

Ellstrand, N.C. (1988): Pollen as a vehicle for the escape of engineered genes? 30–32. In: Hodgson, J.; Sugden, A.M. (eds). *Planned release of genetically engineered organisms. Trends in Biotechnology/trends in Ecology and Evolution Special publication*. Elsevier publications, Cambridge.

Ellstrand, N.C. (1992): Gene flow by pollen: implications for plant conservation genetics. *Oikos* 63, 77–86.

Futuyama, D.J. (1986): *Evolutionary Biology*. Sinauer, Sunderland, MA.

- Harlan, J.R. (1992): Crops and man. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Hoang-Tang, Liang, G.H. (1988): The genomic relationship between cultivated sorghum and johnsongrass: A re-evaluation. *Theoretical and Applied Genetics* 76, 277–284.
- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V., Herberger, J.P. (1977): *The world's worst weeds*. University Press of Hawaii, Honolulu.
- Kigel, J., Rubin, B. (1985): *Sorghum halepense*. In: CRC Handbook of Flowering. IV. Halevy, A.H. (ed.), 376–379. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Morden, C.W., Doebley, J., Schertz, K.F. (1990): Allozyme variation among the spontaneous species of *Sorghum* section *Sorghum*. *Theoretical and Applied Genetics* 80, 296–304.
- Morden, C.W., Doebley, J., Schertz, K.F. (1989): Allozyme variation in Old World races of *Sorghum bicolor*. *American Journal of Botany* 76, 247–255.
- National Research Council (1989): *Field testing genetically modified organisms: framework for discussions*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Paterson, A.H., Schertz, K.F., Lin, Y.R., Liu, S.C., Chang, Y.L. (1995): The weediness of wild plants: molecular analysis of genes responsible for dispersal and persistence of johnsongrass (*Sorghum halepense* L. Pers.) *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 92, 6127–6131.
- Pedersen, J.F., Marx, D.B., Funnell, D.L. (2003): Use of A3 cytoplasm to reduce risk of gene flow through sorghum pollen. *Crop Science* 43, 1506–1509.
- Pederson, J.F., Troy, J.J., Johnson, B. (1998): Natural outcrossing of sorghum and sudangrass in the Central Great Plains. *Crop Science* 38, 937–939.
- Raybould, A., Gray, A.J. (1994): Will hybrids of genetically modified crops invade natural communities? *Trends in Ecology and Evolution* 9, 85–89.
- Rooney, W.L., Smith, C.W. (2000): Techniques for developing new cultivars. 329–328, In: *Sorghum: Origin, History, Technology and production*. Smith, C.W.; Frederiksen, R.A. (eds) John Wiley and Sons, NY.
- Sangduen, J., Hanna, W.W. (1984): Chromosome and fertility studies on reciprocal crosses between two species of autotetraploid sorghum *S. bicolor* and *S. halepense*. *Journal of Heredity* 75, 293–296.
- Slatkin, M. (1987): Gene flow and the geographic structure of natural populations. *Science* 236, 787–792.
- Small, E. (1984): Hybridization in the domesticated weed-wild complex. 195–219. In: *Plant Biosystematics*. Grant, W.F. (ed.). Academic Press, Toronto.
- Subudhi, P.K., Nguyen, H.T. (2000): New horizons in Biotechnology. pp. 349–398, In: *Sorghum: Origin, History, Technology and Production*. Smith, C.W.; Frederiksen, R.A. (eds.). John Wiley and Sons, NY.
- Tiedje, J.M., Colwell, R.K., Grossman, Y.L., Hodson, R.E., Lenski, R.E., Mack, R.N., Regal, P.J. (1989): The planned introduction of genetically engineered organisms: ecological consideration and recommendations. *Ecology* 70, 298–315.
- Torres-Cardona, S., Sotomayor-Rios, A., Quiles Belen, A., Schertz, K.F. (1990): Fertility restoration to A1, A2 and A3 cytoplasm systems of converted sorghum lines. MP-1721, Texas Agricultural Experiment Station, College Station.
- Warwick, S.I. (1990): Allozyme and life history variation in five northwardly colonizing North American weeds species. *Plant Systematics and Evolution* 169, 41–54.

INTERSPECIES HYBRIDIZATION IN *Sorghum* sp.

Sikora, V., Berenji, J.

SUMMARY

Sorghums are self pollinated plants with certain percentage of outcrossing. Interspecies hybrids between the cultivated (*Sorghum bicolor*) and weedy Johnsongrass (*Sorghum halepense*) demonstrate exceptional fitness and hybrid vigor for some quantitative traits. Gene flow between cultivated sorghum and weedy Johnsongrass represent a potential danger for transfer of genetic information through pollen. Genes that increase adaptive or competitive advantage can be transferred from cultivated sorghum crops to weedy plants. Oposite gene flow can be the source of atypical plants in commercial sorghum fields.

Key words: interspecies hybridization, *Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense*, gene flow