

Introgressão 03

A localização física do transgene no genoma hospedeiro influencia a sua probabilidade de escape, uma vez que várias regiões de genoma apresentam diferentes taxas de introgressão. Se a introgressão no genoma silvestre se der nas vizinhanças de algum gene importante para sua sobrevivência ou competitividade, o transgene terá maior chance de persistir na espécie. No entanto, se o transgene for neutro para competitividade, ele persistirá, dependendo de fenômenos aleatórios de recombinação. Raybould e Gray (1994) concluíram que muitos transgenes que codificam para características sem vantagem competitiva no *habitat* agiram como gene neutro.

Uma das principais preocupações dos ecologistas com o uso de variedades transgênicas é a possibilidade de os transgenes escaparem dos organismos geneticamente modificados, invadirem o genoma de populações silvestres e, dessa forma, causarem desequilíbrio ecológico no meio ambiente.

Esse processo de escape gênico e instalação do transgene em outros organismos é denominado "introgressão" e envolve incorporação, estabilização, recombinação e expressão do transgene no indivíduo ou na população receptora.

Quase nada é conhecido sobre o escape de transgenes para organismos silvestres ou cultivados, que compartilham o mesmo *habitat*. Embora poucos estudos tenham sido realizados nesta área, alguns princípios têm sido estabelecidos sobre fluxo gênico.

Umbeck et al. (1991) estudaram a dispersão de pólen de algodão transgênico via insetos. No trabalho desses autores, a fonte do pólen transgênico foi circundada por plantas de algodão não-transgênicas em um raio de 25 m, cuja função era atuar como dreno para o pólen disperso pelos insetos. A polinização cruzada a partir da planta transgênica para as adjacentes caiu de 5 para menos de 1% quando a distância entre fonte e dreno subiu de 1 para 7 m. Foi detectado, entretanto, pequena percentagem de polinização cruzada mesmo nas plantas a 25 m de distância da planta transgênica fonte do pólen.

Transferências Horizontal e Vertical

Se duas espécies distintas são geneticamente compatíveis, de forma que podem formar uma única população, o termo transferência vertical descreve melhor o fluxo gênico entre os indivíduos dessa população. No entanto, se o gene em transferência é específico de uma das espécies ou significativamente diferente do seu "equivalente" na espécie receptora, a melhor terminologia é transferência horizontal.

Com relação à informação codificada pelo transgene, a transferência vertical e a horizontal são equivalentes se esta informação é idêntica ou suficientemente homóloga entre os genes. Entretanto, para informações não-homólogas, uma distinção entre os dois tipos de transferência deve ser reconhecida.

O sucesso de qualquer transferência gênica depende da possibilidade do transgênico em formar um sistema geneticamente estável, para que a quantidade e a função do transgene permaneçam constantes na população receptora. Dessa forma, a transferência depende: *i*) da integração no genoma receptor, *ii*) dos comportamentos meiótico e mitótico após a integração e *iii*) da capacidade adaptativa do indivíduo ou da população.

A literatura tem registrado vários casos de fluxo gênico entre espécies cultivadas e silvestres em diferentes regiões, conforme listado no Quadro 3.1.

A maioria dos casos listados no Quadro 3.1 se refere ao fluxo gênico da espécie cultivada para o seu parente silvestre. Entretanto, em alguns casos, o fluxo gênico pode ocorrer em ambos os sentidos.

De acordo com alguns autores, a introgressão de transgenes de espécies cultivadas em seus parentes silvestres pode levar à extinção dos tipos silvestres. Entretanto, a literatura não registra nenhum caso onde isso tenha sido comprovado.

Após a hibridação entre as duas espécies e a formação do híbrido, este deve retrocruzar com uma das espécies genitoras para promover a dispersão gênica nas gerações seguintes. Uma vez que a maioria dos relatos documentados na literatura não acessa a permanência do gene e sua expressão nas gerações seguintes, torna-se

extremamente difícil distinguir fluxo gênico *per se* de hibridação interespecífica.

Quadro 3.1 – Fluxo gênico entre espécies cultivadas e seus parentes silvestres

Nome Científico	Parente Silvestre	Região	Referência
<i>Amarantus</i> spp.	Amaranto-silvestre	Califórnia	8
<i>Beta vulgaris</i>	<i>B. maritima</i>	Inglaterra	1
<i>Dacus carota</i>	Cenoura-silvestre	Canadá	2
<i>Helianthus annuus</i>	<i>H. bolanderi</i>	Califórnia	7
<i>Hordeum vulgare</i>	Cevada-silvestre	Ásia	4
<i>Medicago sativa</i>	<i>M. falcata</i>	Turquia	2
<i>Oryza sativa</i>	Arroz-vermelho	EUA	3
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>S. halepense</i>	EUA	4,9
<i>Zea mays</i>	<i>Z. mexicana</i>	México	6
<i>Zea mays</i>	<i>Tripsacum</i>	América do Sul	5,6
<i>Zea mays</i>	<i>Z. diploperennis</i>	México	10

Referências: 1) Eijlander (1989), 2) Small (1984), 3) Langerin et al. (1990), 4) Harlan (1965), 5) Mangelsdorf (1961), 6) Farquharson (1957), 7) Heiser (1947), 8) Tucker e Saver (1958), 9) Wet (1966) e 10) Doebley (1984).

Incompatibilidade e Introgressão

Incompatibilidade Pré-Zigótica

O desenvolvimento de incompatibilidade pré-zigótica entre populações é o principal passo da especiação. Uma das maiores preocupações com a transferência gênica horizontal entre espécies isoladas por barreiras pré-zigóticas é a quebra desses mecanismos de isolamento.

Existem vários mecanismos que explicam a incompatibilidade pré-zigótica. Um deles é baseado na capacidade de reconhecimento entre as espécies, como ocorre na auto-incompatibilidade. Em alguns casos, pode

ocorrer a inibição da germinação de pólen com determinada constituição genética.

Incompatibilidade Pós-Zigótica

Quando a incompatibilidade pré-zigótica entre duas populações é inexistente ou incompleta, a fecundação pode ocorrer e há a formação do zigoto. Se a incompatibilidade age após a formação do zigoto, ela pode manifestar-se, causando a sua inviabilidade ou esterilidade. Uma das formas de atuação da incompatibilidade pós-zigótica é a dessincronia na replicação do DNA.

Literatura Consultada

- Boudry, P.; Broomberg, K.; Saumitou Laparade, P.; Morchen, M.; Cuguen, J.; Dijk, H.; van Jones, D.D. 1994. Gene escape in transgenic sugar beet: what can be learned from molecular studies of weed beet populations? *In*: The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms. Proceedings of the 3rd International Symposium, Monterey, California, USA. 75-87pp. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California Press.
- Doebley, J. F. 1984. Maize introgression into teosinte – a reappraisal. *Ann. Mem. Bot. Gard.* 71: 1100–1113.
- Eijlander, R. 1989. Transgene beet, ja of nee. *Prophyta* 43: 232–233.
- Farquharson, L. I. 1957 Hybridization in *Tripsacum* and *Zea*. *J. Hered.* 48: 295–299.
- Harlan, J. R. 1965. The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants. *Euphytica* 14: 173–176.
- Heiser, C. B. 1947. Variability and hybridization in sunflower species, *Helianthus annuus* and *H. bolanderi* in

- California. Davis: University of California. (Tese de Ph.D.)
- Langevin, S.A.; Clay, K. e Grace, J.B. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed redrice (*Oryza sativa* L.). *Evolution* 44: 1000–1008.
- Mangelsdorf, P. C. 1961. Introgression in maize. *Euphytica* 10: 157–168.
- Small, E. 1984. Hybridization in the domesticated-weed-wild complex. In: Grant, W. F. (ed.): *Plant Biosystematics*. Toronto: Academic Press 11: 195–210.
- Thierry, D.; Vaucheret, H. 1996. Sequence homology requirements for transcriptional silencing of 35S transgenes and post-transcriptional silencing of nitrite reductase (trans)genes by the tobacco 271 locus. *Plant Molecular Biology*. 32: 1075-1083.
- Tomiuk, J.; Hauser, T.P.; Bagger.; Jorgensen, R. 2000. A-or-C-chromosomes, does it matter for the transfer of transgenes from *Brassica napus*. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 750-754.
- Tucker, J. M. e Saver, J. D. 1958. Aberrant *Amaranthus* populations of the Sacramento-San Joaquin delta, California. *Madrono* 14: 252–261.
- Umbeck, P. F.; Barton, K. A. Nordheim, E. V.; Mc Casthy, J.C.; Parrott, W. L. e Jenkins, J.N. 1991. Degree of pollen dispersal by insects from field test of genetically engineered cotton. *J. Econ. Entomol.* 84: 1943–1950.
- Wet, J. M. J. 1966. The origin of weediness in plants. *Proc Oklahoma Acad. Sci.* 47: 14-17.