

# BIOTECNOLOXÍA ANTE OS RETOS ALIMENTÍCEOS DA HUMANIDADE

Rubén González Miguélez  
e- mail: rubengm013@hotmail.com

## Resumen

Trabajo Fin de Grado  
Tutor:  
- Manuel Rey Fraile  
Departamento de Bioloxía  
Vexetal e Ciencia do Solo  
Facultade de Bioloxía  
Universidade de Vigo.

Dende a aparición da agricultura no Neolítico o cultivo da terra transformou as sociedades humanas. Grazas á mellora e á innovación das técnicas agrícolas conseguíuse ó longo da historia dar alimento á crecente poboación humana. Agora encontrámonos ante un novo desafío: a partir da mesma superficie cultivable que no século anterior débese obter alimentos para un número de habitantes que crece a un ritmo exponencial. Está a ciencia preparada para asumir este desafío?

## INTRODUCCIÓN

A agricultura xurdiu no Neolito en diversos puntos do planeta (Figura 1). Esta tecnoloxía permitiu que as comunidades humanas vivisen nun mesmo lugar por un período de tempo prolongado, orixinando as sociedades sedentarias (Gupta, 2004). Outro cambio importante que propiciou foi o gran aumento no número de habitantes que poden ser alimentados, provocando unha expansión demográfica global (Gignoux *et al.*, 2011).

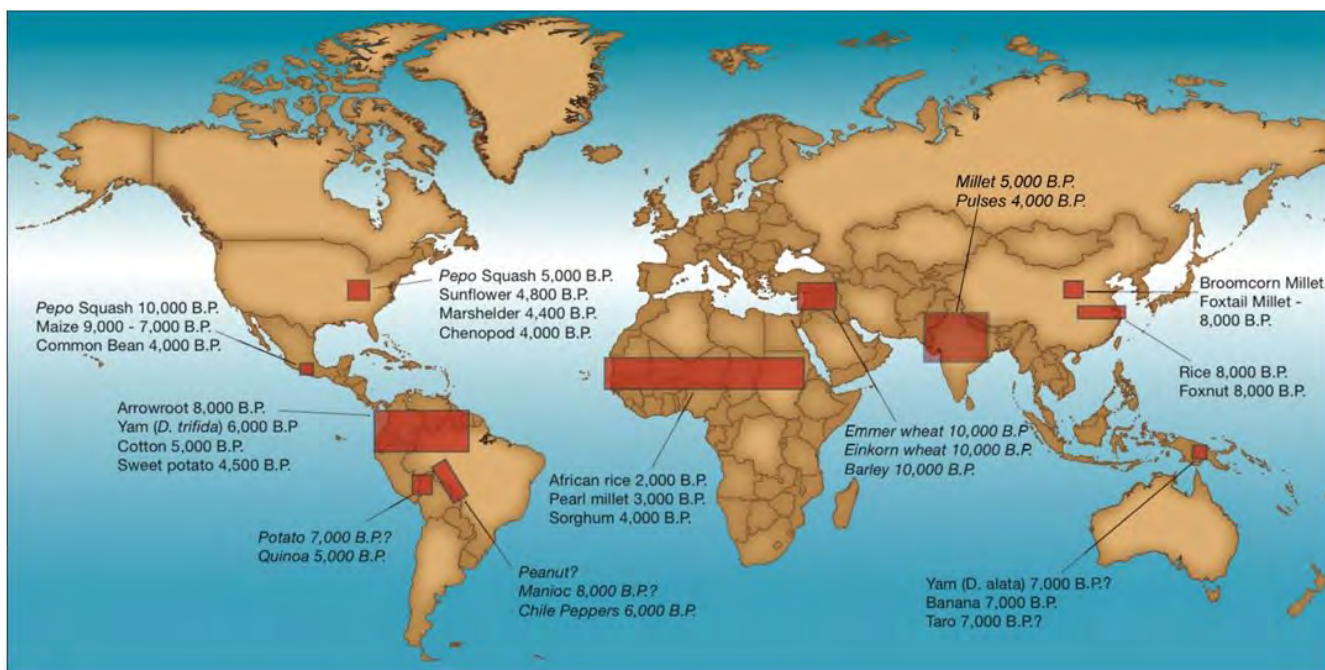


Figura 1. Centros de orixe da agricultura e data do comezo do cultivo das primeiras especies vexetais domesticadas. Fonte: Aiello, 2011.

A importancia que adquiriu a agricultura na nosa alimentación dende entóns é tal que arredor do 80% das calorías e unha gran cantidade das proteínas consumidas na actualidade son de orixe vexetal (Figura 2).

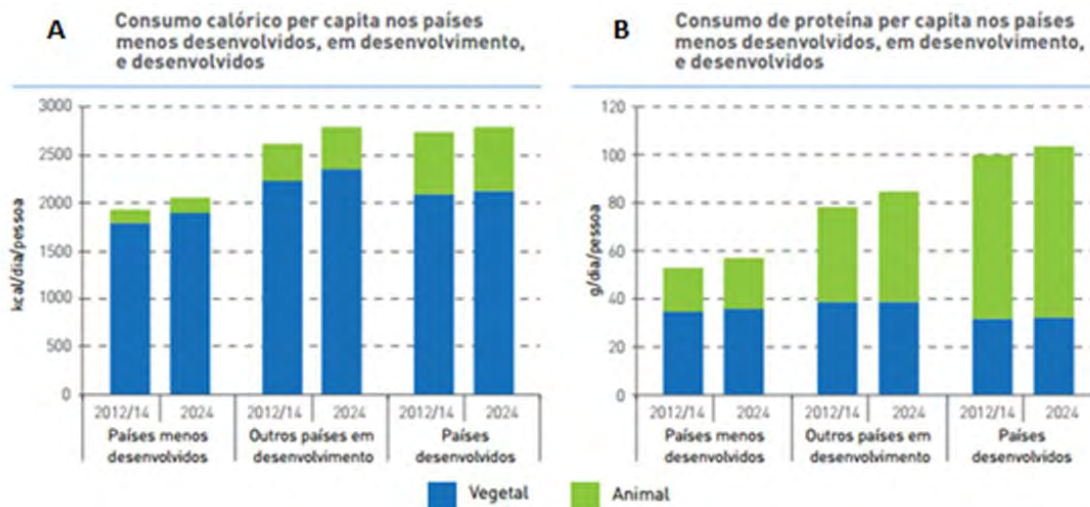


Figura 2. Procedencia das calorías (A) e proteínas (B) ingeridas pola poboación segundo o grao de desenvolvemento do país no que habitan. Fonte: OCDE-FAO, 2015.

### A necesidade do melloramento da produción agrícola

O fin da segunda guerra mundial supuxo un punto de inflexión no crecemento demográfico global, pasando dos 2.500 millóns de habitantes mundiais en 1950 (U.N., 1999) ós abrumadores 7.717 millóns actuais.

Poder producir a cantidade de alimento necesaria para tal número de persoas foi posible gracias á mellora das explotacións agrícolas. Os avances científicos propiciaron varias Revolucións Verdes: dende 1960 incrementouse a produción en cerca do 95% mentres que as áreas de cultivo apenas aumentaron nun 5%. O caso do arroz é moi ilustrativo: a área necesaria para producir unha tonelada de arroz en 1900 eran 6.600 m<sup>2</sup>, cando na actualidades só son necesarios 600 m<sup>2</sup>. (Canhoto, 2010).

Aínda así as previsións din que este incremento na produción non será suficiente: para o 2050 a cantidade de alimentos dispoñibles será inferior á cantidade demandada (Figura 3).

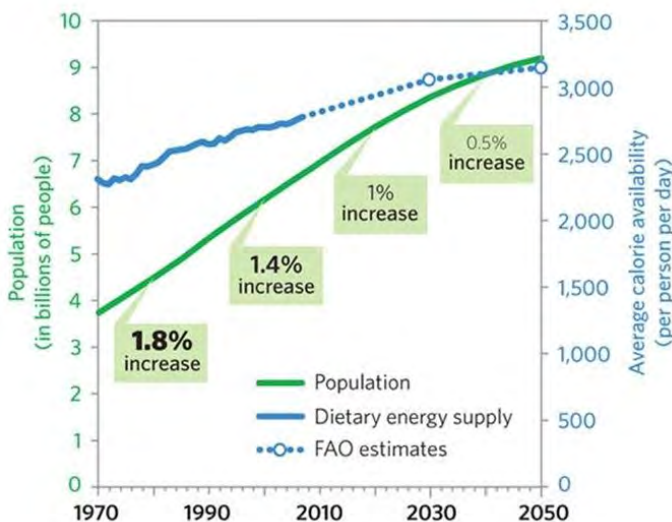


Figura 3. Evolución da dispoñibilidade calórica e da poboación mundial. Fonte: Spencer e Butler, 2010.

Debido a que é practicamente imposible ampliara cantidade de solo cultivable (por poñer un exemplo, o aumento de terras para o cultivo apenas é viable en Brasil), estas previsións constatan a necesidade de investigar melloras na produción agrícola co fin de producir máis en menos terreo.

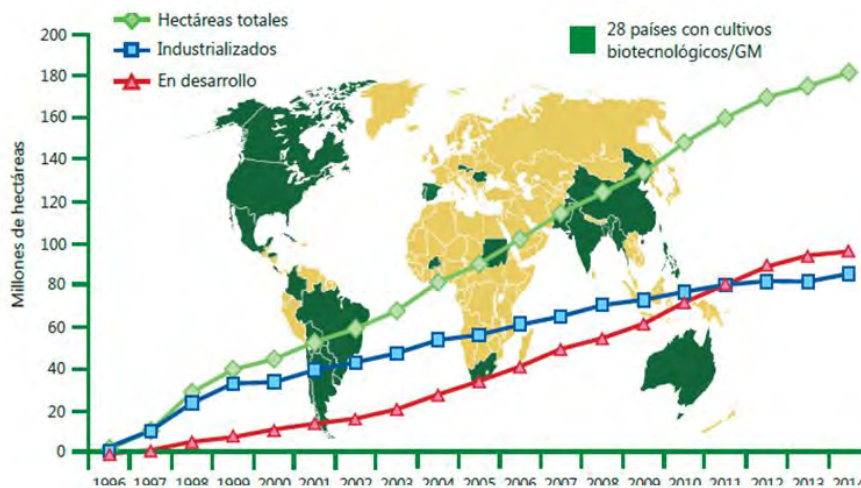


Figura 4. Superficie mundial de cultivos biotecnológicos /GM. Fuente: James, 2014.

Unha das técnicas que se están a amosar máis eficientes e produtivas dentro da biotecnoloxía vexetal é a transformación xenética, sendo esta a tecnoloxía agrícola que máis rápido foi adaptada na historia da humanidade: En 1996 había 1,7 millóns de hectáreas de cultivos biotecnolóxicos en todo o mundo, aumentando ata os 181,5 millóns en 2014 (Figura 4).

### Que é a transformación xenética?

A transformación xenética de seres vivos consiste na inserción dun ADN exógeno no xenoma dun organismo, empregando para iso medios directos ou indirectos. A transferencia indirecta de xenes implica a introdución de ADN exógeno mediante un vector biolóxico, como *Agrobacterium* (De Block *et al.*, 1987), mentres que a transferencia directa implica a introdución de ADN exógeno a través de procesos físicos ou químicos como é o bombardeo de micropartículas (Sanford *et al.*, 1987). Outras técnicas empregadas na transferencia directa son a electroporación, a microinxección ou a absorción de ADN mediada por polietilenglicol.

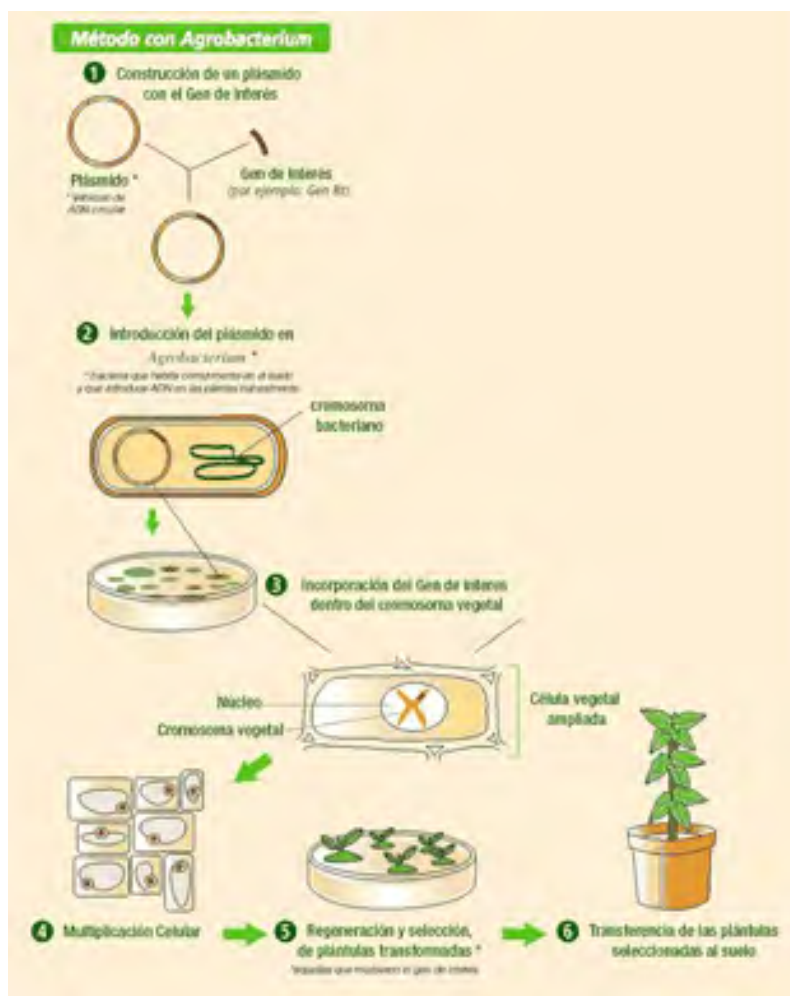


Figura 5. Método de transformación xenética empregando *Agrobacterium*.

Fuente:

<http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1&note=18>

*Agrobacterium* ten a capacidade de transferir parte do seu propio material xenético á planta hospedante. A capacidade patoxénica desta bacteria asóciase á presenza de plásmidos Ti. Demostrouse que un fragmento destes plásmidos, chamado ADN-T (ADN de transferencia), é transferido á célula vexetal onde se integra ó ADN cromosómico da planta. Deste xeito podemos empregar unha cepa de *Agrobacterium*, transformada incluíndo o xen que é de interese, como vector no noso proceso de enxeñería xenética (Figura 5).

É importante destacar que o proceso de transformación xenética ocorre de forma espontánea na natureza. Algunhas das especies vexetais que hoxe coñecemos foron modificadas xeneticamente fai miles de anos por *Agrobacterium*, como ocorre no caso da pataca doce (Kyndt *et al.*, 2015).

### **Utilidades da transformación xenética**

As aplicacións que se lle poden dar ás plantas transformadas son moi diversas: dende o seu uso nunha industria millonaria como a floricultura coa alteración de cores nas flores (Jeknić *et al.*, 2014) ata un uso en ciencia básica a través do estudo da planta modelo, *Arabidopsis thaliana* (Tamura *et al.*, 2014).

Outra industria que se beneficia con esta tecnoloxía é a farmacéutica, como se demostrou coa creación de anticorpos en plantas (Giritch *et al.*, 2006). Na creación de metabolitos de interese tamén son de gran axuda xa que as plantas transformadas proporcionan a proteína de interese de forma económica en comparación con outros métodos, evitando en moitos casos o caro proceso de purificación. Este baixo prezo xunto coa posibilidade de almacenar biofármacos e vacinas en sementes ou froitos, permite que o acceso de vacinas e fármacos sexa máis sinxelo en países subdesenvolvidos (Giddings *et al.*, 2000).

Pero o aspecto máis elemental no que se pode empregar esta tecnoloxía é na alimentación. En moitos países existe unha elevada desnutrición debido á dependencia de cereais básicos carentes de moitos nutrientes esenciais. A biotecnoloxía vexetal podería ser unha ferramenta moi útil na loita contra a desnutrición a través da creación de cultivos máis nutritivos (Pérez-Massot *et al.*, 2013).

O caso máis relevante no ámbito nutritivo é o do arroz dourado. Esta variante de arroz está modificada xeneticamente para conter altos valores de beta-carotenos, precursores da vitamina A. A deficiencia de vitamina A (Figura 6) é unha das grandes enfermidades nos países en vías de desenvolvemento, afectando a máis de 4 millóns de nenos cada ano, deixando a 500.000 deles parcial ou totalmente cegos (Harrison, 2005).



**Figura 6.** Cegueira infantil producida pola carencia de vitamina A.

Fonte: <http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/2012/08/arroz-dorado-biotecnologia-libre-la.html>

### **Controversia no emprego de organismos modificados xeneticamente**

Na actualidade aínda existe certa oposición ós alimentos obtidos mediante a transformación xénética. Este temor, especialmente arraigado na Unión Europea, baséase nos posibles efectos na saúde e no impacto ambiental.

Respecto ó ambiental quizáis o caso máis sonado sexa a publicación feita en 1999 por Losey, Rayer e Carter na que se parecía demostrar que o pole do millo Bt mataba ás bolboretas monarca. Tras a aparición deste estudo seis grupos independentes estudaron o caso chegando todos a conclusión de que o pole empregado no estudo orixinal era tóxico en doses elevadas pero determinaban que supoñía un risco insignificante para as larvas da bolboreteta monarca en condicións de campo (Pew Initiative, 2002). Este risco era especialmente pequeno en comparación con outras ameazas como os plaguicidas convencionais e a seca (Conner *et al.*, 2003).

Pola contra os cultivos transxénicos poden contribuír a reducir o impacto ambiental da agricultura. Un exemplo está na creación dun arroz cun enxerto de ADN da cebada que ten un rendemento superior e

emite un 1% menos de metano (Su *et al.*, 2015). Sendo a produción de arroz responsable de entre o 7 e o 17% de todas as emisións de metano de orixe humana, esta innovación podería ser unha útil ferramenta contra o cambio climático.

En palabras da Organización das Nacións Unidas para a Alimentación e a Agricultura en 2004:

*“Hasta ahora, en los países donde se han producido cultivos transgénicos, no ha habido ningún informe verificable de que causen algún peligro importante para la salud o el medio ambiente. Las mariposas monarca no han sido exterminadas. Las plagas no han desarrollado resistencia al Bt. Han aparecido algunas pruebas de malas hierbas tolerantes a los herbicidas, pero éstas no han invadido ecosistemas agrícolas o naturales. Por el contrario, se están viendo algunos beneficios sociales y ambientales importantes. Los agricultores están empleando menos plaguicidas y están sustituyendo productos químicos tóxicos con otros menos nocivos. Como consecuencia de ello, los trabajadores agrícolas y los suministros de agua están protegidos de los venenos, y aves e insectos beneficiosos están volviendo a los campos de los agricultores.”*

Escribir sobre os posibles efectos na saúde merece un artigo aparte. Tras vinte anos de consumo regular ningunha incidencia na saúde puido ser atribuída ó consumo de organismos modificados xeneticamente, nin ningunha investigación demostrou que o seu consumo sexa perxudicial. Non sendo o obxectivo deste artigo entrar ó debate neste longo e tedioso tema, animo ós lectores interesados a profundar nel no artigo de Lemaux publicado no 2008.

## CONCLUSIONES

Certos sectores das sociedades humanas sempre se mostran reacios ós cambios, ás innovacións, ós descubrimentos que fan o mundo un lugar un pouco mellor. Cando as investigacións científicas descartan que estas innovacións teñan efectos perxudiciais na saúde é case unha obriga moral que o total da poboación se beneficie dela. Europa pode permitirse o luxo de elixir que comer, pero non debemos esquecer que existen partes máis desfavorecidas no mundo para as que non existe opción. Incluso agora que a produción é maior que a demanda o número de persoas que sofren fame no mundo é superior a 1.000 millóns de persoas. A biotecnoloxía por si mesma non logrará acabar ca fame no mundo, iso depende de máis factores, pero lograr que máis recursos estean dispoñibles facilitará o acceso a eles, permitindo prezos máis asequibles e unha maior posibilidade de acceder a eles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aiello, L. C. (2011). The Origins of Agriculture: new data, new ideas. *Curr. Anthropol.* 52: 161-162.
- Canhoto, J. M. (2010). Embriogénese somática. En: Canhoto, J. M. (Ed.). *Bioclonagem Vegetal, da Clonagem de Plantas à Transformação Genética*. Coimbra, Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Conner, A. J., Glare, T. R., Nap, J.-P. (2003). The release of genetically modified crops into the environment: Parte II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.*, 33: 19-46.
- De Block, M., Herrera-Estrella, L., Van Montagu, M., Zambryski, P. (1987). Expression of foreign genes in regenerated plants and in their progeny. *EMBO* 8: 1681-1689.
- FAO (2004). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia: Grupo de la producción y diseño editorial. Servicio de Gestión de las Publicaciones FAO.
- Giddings, G., Allison, G., Brooks, D., Carter, A. (2000) Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals. *Nat Biotechnol.* 18: 1151-1155.

- Gignoux, C. R., Henn, B. M., Mountain, J. L. (2011). Rapid, global demographic expansions after the origins of agriculture. PNAS 15: 6044-6049.
- Giritch, A., Marillonnet, S., Engler, C., van Eldik, G., Botterman, J., Klimyuk, V., Gleba, Y. (2006). Rapid high-yield expression of full-size IgG antibodies in plants coinfecting with noncompeting viral vectors. Proc. Natl. Acad. Sci. US, 40: 14701-14706
- Gupta, A. K. (2004). Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. Curr. Sci. (India). 87: 1.
- Harrison, E. H. (2005). Mechanisms of digestion and absorption of dietary vitamin A. Annu. Rev. Nutr. 25: 87-103.
- James, C. (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. Ithaca, NY: ISAA.
- Jeknić, Z., Jeknić, S., Jevremović, S., Subotić, A., Chen, T. H. (2014). Alteration of flower color in *Iris germanica* L. 'Fire Bride' through ectopic expression of phytoene synthase gene (*crtB*) from *Pantoea agglomerans*. Plant Cell Rep. 33(8): 1307-1321.
- Kyndt, T., Quispe, D., Zhai, H., Jarret, R., Ghislain, M., Liu, Q., Ghevsen, G., Kreuze, J. F. (2015). The genome of cultivated sweet potato contains *Agrobacterium* T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop. Proc. Natl. Acad. Sc. 112: 5844–5849.
- Lemaux, P. G. (2008). Genetically engineered plants and foods: A scientist's analysis of the issues (Part I). Annu. Rev. Plant Biol. 59:771–812.
- Losey, J. E., Rayor, L. S., Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larva. Nature. 6733: 214.
- OCDE-FAO (2015). Perspectivas Agrícolas 2015-2024. Paris, Francia: OECD Publishing.
- Pérez-Massot, E., Banakar, R., Gómez-Galera, S., Zorrilla-López, U., Sanahuja, G., Arjó, G., Miralpeix, B., Vamvaka, E., Farré, G., Rivera, M., Dashevskaya, S., Berman, J., Sabalza, M., Yuan, D., Bai, C., Bassie, L., Twyman, L.M., Capell, T., Christou, P., Zhu, C. (2013). The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: opportunities and constraints. Genes Nutr. 1: 29–41.
- Pew Initiative on Food and Biotechnology (2002). Three years later: genetically engineered corn and the monarch butterfly controversy. Issue Brief
- Sanford, J. C., Klein, T. M., Wolf, E. D., Allen, N. (1987.) Delivery of substances into cells and tissues using a particle bombardment process. Part. Sci. Technol. 5: 27-37.
- Spencer, N., Butler, D. (2010). Food: The growing problem. Nature, 466: 546-547.
- Su, J., Hu, C., Yan, X., Jin, Y., Chen, Z., Guan, Q., Wang, Y., Zhong, D., Jansson, C., Wang, F., Schnürer, A., Sun, C. (2015). Expression of barley SUSIBA2 transcription factor yields high-starch low-methane rice. Nature. 7562: 602-06.
- Tamura, M., Tsuji, Y., Kusunose, T., Okazawa, A., Kamimura, N., Mori, T., Nakabayashi, R., Hishiyama, S., Fukuhara, Y., Hara, H., Sato-Izawa, K., Muranaka, T., Saito, K., Katayama, Y., Fukuda, M., Masai, E., Kajita, S. (2014). Successful expression of a novel bacterial gene for pinoreosin reductase and its effect on lignan biosynthesis in transgenic *Arabidopsis thaliana*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 19: 8165-8177.
- United Nations (1999). The World at Six Billion. Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations Secretariat.