



FACULTAT DE  
FARMÀCIA

0/34



UNIVERSITAT DE BARCELONA

U

B



# TRANSFORMACIÓ GENÈTICA VEGETAL

Curs  
2006-07

Ensenyament de Farmàcia



**ENSENYAMENT DE FARMÀCIA  
PLA D'ESTUDIS 2002**

**PLA DOCENT – CURS 2006-07**

<b>ASSIGNATURA</b>		<b>TRANSFORMACIÓ GENÈTICA VEGETAL</b>
<b>DEPARTAMENT</b>		<b>Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia</b>
<b>ÀREA DE CONEIXEMENT</b>		<b>Fisiologia Vegetal</b>
<b>SEMESTRE DE DOCÈNCIA</b>		<b>2n semestre</b>
<b>CRÈDITS (TEÒRICS + PRÀCTICS)</b>		<b>6,0 cr. (4,5T + 1,5P)</b>
<b>TIPUS</b>		<b>Optativa</b>
<b>CRÈDITS ECTS</b>	Hores de treball d'activitat presencial	54 h
	Hores de treball d'activitats dirigides	0 h
	Hores d'aprenentatge autònom	54 h
	Hores d'activitats d'avaluació	3 h
	<b>Hores totals de treball de l'alumne/a</b>	<b>111 h</b>



## 1. INTRODUCCIÓ

Un aspecte essencial dins de la llicenciatura de Farmàcia és el coneixement de les matèries primeres per a l'obtenció de formes farmacèutiques. Una bona part d'aquestes matèries són productes naturals d'origen vegetal; per això, un punt clau és saber com incrementar-ne la producció, ja que algunes són produïdes per espècies de difícil accessibilitat o es troben en quantitats molt baixes. L'alternativa actual es basa en la transformació genètica, que ens permet abordar no només la millora genètica de les plantes, sinó també investigar els mecanismes que en controlen el desenvolupament i les respostes a diversos factors ambientals. Aquests coneixements bàsics són essencials per millorar la productivitat, ja que els productes vegetals amb interès terapèutic són la majoria metabòlits secundaris, que es produeixen només en determinats òrgans o tipus cel·lulars i en estats concrets del desenvolupament de la planta. Per tant, la genètica molecular aplicada a l'estudi de les plantes aporta quelcom més que un conjunt de tècniques, ja que ens permet observar el funcionament de les plantes com un tot integrat i fa possible assolir un objectiu essencial en biologia vegetal, que és conèixer com funcionen les plantes i entendre els mecanismes pels quals es duen a terme les diferents funcions fisiològiques.

En aquest context, la transformació genètica vegetal ha de proporcionar, als futurs professionals, els coneixements bàsics i fonamentals per poder manipular el genoma d'una planta i introduir-hi nous caràcters. Ara bé, per poder manipular el genoma d'una planta és necessari saber com està regulada l'expressió gènica en plantes superiors. D'altra banda, cal tenir en compte que la transformació genètica vegetal també ens permet obtenir col·leccions de mutants sense funció, de gran utilitat per conèixer els gens implicats en els diferents processos fisiològics.

A més d'aquests aspectes bàsics de la transformació, es tenen en compte les aplicacions que pot tenir per estudiar els mecanismes implicats en les diferents funcions fisiològiques de les plantes, i en les relacions de les plantes amb l'entorn, considerant que tot això pot afectar la producció de compostos d'interès.

## 2. OBJECTIUS

### 2.1 Objectius generals

L'objectiu general de la Fisiologia Vegetal s'emmarca en la Directiva 85/432/CEE i en el Reial decret 1464/1990, segons els quals, durant el procés de formació dels futurs farmacèutics, l'ensenyament ha de proporcionar i els estudiants assolir, entre d'altres, «un coneixement adequat dels medicaments i de les substàncies utilitzades per a la seva fabricació». Així mateix, també està en concordança amb els objectius generals de l'ensenyament de Farmàcia de la UB en allò que fa referència als punts 4): «establir les bases per a l'accés posterior de l'alumnat a l'especialització farmacèutica, la investigació científica, les activitats de desenvolupament tecnològic i la docència», 5a:

«identificar, dissenyar, obtenir, analitzar, controlar i produir fàrmacs i altres productes i matèries primeres d'interès sanitari d'ús humà o veterinari» i 7): «Estimular l'aprenentatge autònom, incentivar l'estudi individual i col·lectiu i reduir les formes passives d'ensenyament a fi de motivar l'alumnat envers la formació continuada», entre d'altres.

## **2.2 Objectius específics**

El programa de Transformació Genètica Vegetal s'adapta al *currículum* del farmacèutic i considera la planta com una factoria viva, productora de medicaments, de manera que garanteix l'adquisició, per part de l'alumnat, de coneixements, habilitats i criteris sobre «plantes medicinals: diversitat, ús i gestió», corresponent al punt *i* dels «Continguts específics» de l'ensenyament de Farmàcia. Tanmateix, pretén:

- Proporcionar, als futurs professionals, els coneixements bàsics i fonamentals per poder modificar genèticament els caràcters d'una planta.
- Donar uns coneixements bàsics sobre com es pot aplicar la transformació genètica de les plantes a l'estudi dels mecanismes que controlen els diferents processos fisiològics. Això és essencial per poder regular, mitjançant manipulació genètica, el desenvolupament de les plantes i la seva adaptació al medi ambient.
- Conèixer algunes de les aplicacions de les plantes modificades genèticament que en poden millorar la productivitat i supervivència en determinats hàbitats, així com la producció de compostos d'interès industrial.
- Complementar els coneixements impartits, en el camp de la biologia vegetal, en altres assignatures relacionades.

### **2.2.1 Coneixements**

Al llarg del desenvolupament de l'assignatura, l'alumne rebrà els coneixements fonamentals sobre la regulació de l'expressió gènica en vegetals, els diferents mètodes de transformació de plantes, la utilització d'aquestes plantes per aprofundir en l'estudi dels diferents processos fisiològics vegetals i en els mecanismes moleculars que hi estan implicats, i les possibilitats d'aplicar aquests coneixements per obtenir plantes més productives i millor adaptades al medi ambient.

### **2.2.2 Competències específiques**

Tret d'alguns temes introductoris, el contingut de l'assignatura és altament específic i ens permet, entre altres coses:

- Tenir clar el concepte de *totipotència cel·lular* i tot el que fa referència a cultius vegetals *in vitro* com a coneixements bàsics per poder entendre el procés de transformació genètica vegetal.
- Conèixer com es regula l'expressió gènica en vegetals.
- Comprendre els diferents mecanismes pels quals un gen exogen es pot introduir de manera estable en el genoma vegetal.
- Relacionar la transformació genètica amb l'obtenció de material vegetal que ens servirà com a eina per estudiar diferents processos fisiològics a nivell molecular.
- Aplicar els coneixements adquirits a l'obtenció de plantes amb noves característiques d'interès.

### 2.2.3 Habilitats transversals

Els continguts impartits en l'àmbit de l'assignatura estan relacionats amb els d'altres àrees de coneixement afins, com per exemple Bioquímica i Biologia Molecular, Botànica, Nutrició i Bromatologia i Producció Vegetal. El coneixement de l'assignatura, per tant, permet a l'alumnat desenvolupar-se en aspectes relacionats amb la bioquímica vegetal, la biologia molecular de plantes, la biotecnologia vegetal, l'enginyeria agrícola, la nutrició, etc., i la seva aplicació en camps temàtics com ara l'ecofisiologia, la fitoremediació, la millora de plantes medicinals i aromàtiques, la bioproducció de compostos d'interès industrial, etc., entre d'altres.

## 3. PROGRAMA

### 3.1 Programa de classes teòriques

#### Bloc temàtic 1. Cultius *in vitro* com a vehicles de transformació genètica

**Competències i habilitats.** L'alumnat ha de ser capaç de: 1) conèixer les tècniques de cultius *in vitro* vegetals com una eina imprescindible per a l'obtenció de plantes transgèniques; 2) conèixer les bases dels diferents mètodes utilitzats per modificar genèticament una planta, així com els avantatges i inconvenients de cada mètode.

1. Concepte de *totipotència cel·lular* i aplicació al cultiu *in vitro* vegetal. Finalitat dels cultius *in vitro*. Cultiu de teixits i cèl·lules vegetals. Regulació de la morfogènesi en els cultius *in vitro*. Organogènesi i embriogènesi somàtica.
2. Protoplasts. Aïllament i cultiu. Factors que afecten la divisió de protoplasts. Regeneració de plantes. Fusió de protoplasts.
3. Concepte de transformació genètica vegetal. Mètodes de transferència de gens al nucli de la cèl·lula vegetal. Transformació genètica mediada per *Agrobacterium*

*tumefaciens*. Transformació directa en protoplasts. Transformació biobalística amb microprojectils. Gens marcadors.

4. Transformació de cloroplasts. Mètodes de transformació. Avantatges i inconvenients de la transformació de cloroplasts enfront de la transformació nuclear. Aplicacions.

## **Bloc temàtic 2. Regulació de l'expressió gènica a vegetals**

**Competències i habilitats.** L'alumnat ha de ser capaç de: 1) comprendre els mecanismes que regulen l'expressió gènica en vegetals, tant a nivell transcripcional com traduccional; 2) conèixer els diferents tipus de promotors que es poden emprar per obtenir plantes modificades genèticament i en quins casos utilitzar-los.

5. Regulació a nivell transcripcional de l'expressió gènica en les plantes superiors. Estudi de promotors. Anàlisi funcional d'un promotor. Elements *cis* i factors transcripcionals vegetals. Gens delatadors. Expressió transitòria de gens en la cèl·lula vegetal.
6. Promotors utilitzats en la transformació genètica vegetal. Promotors constitutius. Promotors induïbles per substàncies químiques exògenes. Promotors específics de teixit o d'òrgans. Factors endògens i exògens que afecten l'activitat dels promotors.
7. Regulació a nivell traduccional de l'expressió gènica en les plantes superiors. Direccionament de proteïnes a diferents compartiments o orgànuls cel·lulars: nucli, vacúols, cloroplasts, mitocondris.
8. Regulació de l'expressió gènica en cloroplasts. El genoma cloroplàstic. Seqüències promotores. Processament de transcrits. Introns i empalmament (*splicing*).

## **Bloc temàtic 3. Estratègies per manipular l'expressió de gens en plantes**

**Competències i habilitats.** L'alumnat ha de ser capaç de: 1) entendre les bases de les diferents estratègies emprades per alterar (augmentar o disminuir) l'expressió de gens vegetals; 2) saber com obtenir i analitzar col·leccions de mutants per inserció de DNA; 3) aplicar aquests coneixements a l'estudi funcional dels gens vegetals.

9. Sobreexpressió de gens en plantes: gens heteròlegs i gens homòlegs. Silenciament gènic. RNA antisentit en plantes. Regulació de l'expressió de gens endògens. Aplicacions.
10. RNA d'interferència. Descobriment i concepte. Mecanisme d'acció en plantes. Aplicacions en vegetals.
11. Obtenció de mutants per inserció de T-DNA. Mutants amb pèrdua de funció. Col·leccions de mutants d'*Arabidopsis*: obtenció i anàlisi. Utilització de les col·leccions de mutants per a estudis de genètica reversa.
12. Transposons en vegetals. Principals famílies de transposons: característiques estructurals i funcionals. Mecanisme de transposició. Transposició en sistemes

vegetals homòlegs i heteròlegs. Els transposons com a eina per a l'aïllament i la caracterització funcional de gens.

#### **Bloc temàtic 4. Utilització de les plantes modificades genèticament en estudis d'investigació bàsica i aplicada**

**Competències i habilitats.** L'alumnat ha de ser capaç de: 1) saber com utilitzar les plantes modificades genèticament (mutants i plantes transgèniques) per conèixer els mecanismes moleculars que controlen diferents processos del desenvolupament vegetal i d'adaptació de les plantes al medi ambient; 2) conèixer com es pot utilitzar la transformació genètica vegetal per obtenir plantes amb característiques noves que les fan avantatjoses respecte a les varietats comunes.

13. Plantes modificades genèticament per estudiar les funcions i vies de transducció de senyal dels reguladors de creixement vegetal. Mutants de síntesi i mutants de resposta a hormones vegetals.
14. Plantes modificades genèticament per estudiar la resposta de les plantes a diferents tipus d'estrès abiòtic. Plantes transgèniques i mutants.
15. Plantes modificades genèticament per estudiar la resposta de les plantes a l'estrès biòtic. Plantes transgèniques i mutants.
16. Plantes modificades genèticament per estudiar el procés de floració. Regulació del desenvolupament floral per gens homeòtics. Regulació de la floració per factors ambientals (llum i temperatura) i endògens (hormones).
17. Modificació de la maduració del fruit mitjançant manipulació genètica. Gens implicats en la maduració. Estudi dels promotors dels gens implicats en la maduració. Modificació de diferents aspectes de la maduració dels fruits. Aplicacions.
18. Manipulació de les proteïnes de reserva de les llavors. Característiques de les proteïnes de reserva majoritàries. Factors que afecten la manipulació. Aplicacions.
19. Modificació de la tolerància a diferents tipus d'estrès abiòtic mitjançant manipulació genètica. Estrès oxidatiu, estrès sali, estrès hídric.
20. Control de la resistència de les plantes a patògens mitjançant la manipulació genètica. Sobreexpressió de gens *R* i *Avr*. Silenciament d'alguns gens vegetals imprescindibles per a la infecció.

#### **Bloc temàtic 5. Consideracions ètiques i legals**

**Competències i habilitats.** L'alumnat ha de ser capaç de: 1) entendre els riscos sanitaris i ambientals que comporta l'ús de plantes transgèniques a nivell de camp; 2) conèixer els possibles sistemes per disminuir aquests riscos; 3) conèixer la legislació actual pel que fa a la utilització de plantes modificades genèticament.

21. Riscos sanitaris i ambientals en la utilització de plantes transgèniques. Estudis de bioseguretat. Estudis sobre l'impacte ambiental. Mètodes de contenció de transgens.
22. Aspectes ètics i legals de la manipulació genètica de plantes. Requeriments de la Comunitat Europea per portar plantes transgèniques a cultiu de camp. Normativa europea per als aliments que contenen organismes modificats genèticament.

### **3.2 Programa de classes pràctiques**

El programa de classes pràctiques inclou la realització de diverses sessions a l'aula d'informàtica (10 hores), així com la impartició de seminaris de tipus presencial (5 hores).

#### **Programa de seminaris**

Els temes que es tracten en els seminaris, o bé tenen un marcat caràcter pràctic, o bé són temes que actualment desperten l'interès en el món científic, ja sigui per la novetat i/o per les perspectives de futur que ofereixen. A la vegada, alguns seminaris poden servir per aportar coneixements imprescindibles per desenvolupar alguns capítols del programa teòric. Alguns temes seleccionats són:

- Sistema del doble híbrid de llevat per identificar interaccions proteiques en les plantes.
- Activació de gens vegetals per inserció de T-DNA. Utilitats.
- Plantes transgèniques productores de polímers biodegradables.
- Quantificació de transgènics en els aliments.
- Manipulació del metabolisme nitrogenat vegetal mitjançant la transformació genètica.

#### **Programa de pràctiques de laboratori**

Els darrers avenços en biologia molecular han experimentat un gran impuls gràcies a les noves tecnologies, que proporcionen eines de gran valor per a la comunitat científica. La seqüenciació del genoma d'*Arabidopsis* i la seva accessibilitat a través de les bases de dades obertes al públic en són un bon exemple. L'objectiu d'aquestes pràctiques és proporcionar a l'alumnat una visió global sobre eines bàsiques en la biologia molecular de plantes disponibles a través d'Internet.

Les pràctiques que es duran a terme utilitzant diferents bases de dades són:

- Cerca de seqüències de gens i proteïnes vegetals.
- Cerca d'homologies per a un gen o proteïna determinats.
- Identificació de la regió promotora de gens vegetals i identificació dels elements reguladors presents.



- Predicció de la localització de proteïnes en la cèl·lula vegetal.
- Accés i interpretació de *microarrays* d'*Arabidopsis*.

#### 4. METODOLOGIA

Sobre la base de 13 setmanes lectives, i a raó de 3 hores de classe teòrica per setmana, l'alumne rebrà un total de 39 hores de «classes magistrals». A més, rebrà 5 hores de seminaris i 10 hores de classes pràctiques a l'aula d'informàtica. El nombre total d'hores presencials per alumne serà, doncs, de 54 hores.

- Classes teòriques.** Les classes teòriques s'impartiran en forma de classes magistrals, encara que es possibilitarà al màxim la interacció i participació de l'alumnat. Tindran el suport de mitjans audiovisuals i dels dossiers electrònics.
- Seminaris.** L'objectiu dels seminaris és desenvolupar i aprofundir aspectes concrets que tenen un marcat caràcter pràctic i/o aplicat. En els seminaris, el professorat farà una introducció bàsica del tema que es vol tractar, i posteriorment s'aprofundirà a partir d'articles científics distribuïts prèviament als alumnes per incrementar-ne la participació.
- Pràctiques de laboratori.** Les pràctiques es duran a terme a l'aula d'informàtica i pretenen donar a l'alumnat una visió global de les eines informàtiques bàsiques disponibles actualment en el camp de la biologia molecular de plantes. S'utilitzaran bases de dades i programes informàtics habituals en aquest camp.

#### 5. AVALUACIÓ

Es farà un únic examen (prova escrita) per avaluar de manera conjunta els coneixements adquirits per l'alumnat a les classes de teoria, als seminaris i a les pràctiques de laboratori.

##### **Detall de les formes i dels criteris d'avaluació per a cada tipus d'activitat**

Les activitats lectives corresponents a les classes teòriques i als seminaris s'avaluaran mitjançant un examen final escrit, integrat per un combinat de 8-10 preguntes curtes (conceptuals o de raonament).

Per a l'avaluació de les activitats relacionades amb les pràctiques hi haurà 2 preguntes a l'examen final escrit. A més, es puntuarà l'assistència, l'actitud i l'aptitud de l'alumne a les pràctiques. La qualificació global de les pràctiques de laboratori representarà un 10 % de la nota final.

## Temporalització

Es preveu una durada de 2-3 hores per a la realització de l'examen escrit, el qual es durà a terme al final del període lectiu, d'acord amb el calendari que estableixi el Consell d'Estudis.

## 6. RECOMANACIONS PER CURSAR L'ASSIGNATURA

Assignatures prèvies recomanades:

Biologia Cel·lular, Química Orgànica, Bioquímica, Biotecnologia Farmacèutica, Botànica Farmacèutica, Biologia Molecular i Genòmica, Fisiologia Vegetal.

## 7. BIBLIOGRAFIA I FONTS DOCUMENTALS

BHOJWANI, S. S.; RAZDAN, M. K. *Plant Tissue Culture: Theory and Practice. A revised edition.* Amsterdam: Elsevier Science, 1996..

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants.* Waldorf: American Society of Plant Physiologists, 2000.

GALUN, E.; BREIMAN, A. *Transgenic Plants.* London: Imperial College Press, 1997.

HANSEN, E.; HARPER, G. *Differentially expressed genes in Plants.* London: Taylor & Francis Ltd., 1997.

HIATT, A. *Transgenic Plants. Fundamentals and Applications.* New York: Marcel Dekker Inc., 1993.

LINDSEY, K. *Transgenic Plant Research.* Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1998.

SCHILPEROOT, R. A.; DURE, L. *10 Years Plant Molecular Biology.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992.

SLATER, A.; SCOTT, N.; FOWLER, M. *Plant Biotechnology.* New York: Oxford University Press, 2004.

### Webs d'interès

<http://www.arabidopsis.org>

<http://www.biologia.edu.ar/basicos/notas/siarn.htm>

[http://www.nature.com/nrg/journal/v2/n2/animation/nrg0201\\_110a\\_swf\\_MEDIA1.html](http://www.nature.com/nrg/journal/v2/n2/animation/nrg0201_110a_swf_MEDIA1.html)

<http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/CultivosTransgenicos>

<http://plantandsoil.unl.edu/croptechnology2005/pages/index.jsp>

<http://www.ejbiotechnology.info/content/vol1/issue3/full/1/#Generation>

<http://croptechnology.unl.edu/listLessons.cgi>

<http://www2.udec.cl/~jhuenuma/udec/beneficios.htm>

<http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/igvegetal-1.html>  
<http://es.geocities.com/picodelobo/plantastransgenicas.html>  
<http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/4.htm#44>  
<http://sebiot.cnb.uam.es/Espanol/publicaciones/20020611terceraedicioncuaderno.pdf>  
[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/h\\_cuaderno.asp](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/h_cuaderno.asp)  
[http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/classes/plsc416/projects\\_2002/christine/webpage/index.html](http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/classes/plsc416/projects_2002/christine/webpage/index.html)  
<http://www.defra.gov.uk/environment/acre/bestprac/consult/guidance/bp/index.htm>

## 8. COORDINACIÓ I PROFESSORAT

Coordinadora	Teresa Altabella Artigas	
Professorat / Idioma	Antonio Fernández Tiburcio Teresa Altabella Artigas	Català Castellà

## 9. EQUIVALÈNCIA SEGONS ELS CRÈDITS ECTS (*European credit transfer system*)

El conjunt del treball de l'alumne necessari per al desenvolupament normal de l'assignatura es desglossa de la manera següent:

Hores de treball d'activitat presencial (classes teòriques = 39; seminaris = 5; laboratori = 10)	54 h
Hores de treball dirigides	0 h
Hores d'aprenentatge autònom	54 h
Hores d'activitat d'avaluació	3 h
<b>Hores totals de treball de l'alumne/a</b>	<b>111 h</b>