



FACULTAT DE  
FARMÀCIA



UNIVERSITAT DE BARCELONA



# FISIOLOGIA VEGETAL



Curs  
2008-09

Ensenyament de Farmàcia



UNIVERSITAT DE BARCELONA



**Pla docent de l'assignatura**

**FISIOLOGIA VEGETAL**

### **Dades generals de l'assignatura**

**Nom de l'assignatura:** Fisiologia Vegetal

**Codi de l'assignatura:** 243002

**Curs acadèmic:** 2008-2009

**Coordinació:** FRANCISCO VILADOMAT MEYA

**Departament:** Dept. Productes Naturals, Biol. Veg. i Edafologia

**Crèdits:** 4,5



### **Recomanacions**

Assignatures prèvies recomanades: Biologia Cel·lular, Física Aplicada i Físicoquímica, Química Inorgànica, Química Orgànica, Bioquímica, Botànica Farmacèutica, Biologia Molecular i Genòmica.

### **Competències que es desenvolupen en l'assignatura**

La Fisiologia Vegetal és la ciència que ha de proporcionar als futurs professionals els coneixements bàsics i fonamentals sobre la bioproducció de compostos d'interès terapèutic per part de les plantes i dels sistemes que tenen aquests organismes per controlar-ne la producció. A més d'això, cal tenir en compte el retorn progressiu als medicaments d'origen natural i la utilització de la biotecnologia vegetal aplicada al desenvolupament de nous productes. Tot plegat fa que, actualment, el professional del medicament requereixi uns coneixements bàsics d'allò que es podria denominar "biologia vegetal funcional".

**Competències i habilitats del Bloc 1.** Amb aquesta unitat temàtica, els alumnes

sabran distingir la majoria d'estructures i compartiments d'una cèl·lula vegetal, podran justificar les diferències bàsiques entre animals i vegetals, aprendran a relacionar les estructures típiques de les cèl·lules vegetals amb les funcions que fan a la planta i coneixeran les particularitats del transport a través de les membranes de les cèl·lules vegetals i les seves repercussions. Aquests aspectes bàsics són imprescindibles per a la comprensió dels capítols posteriors del programa.

**Competències i habilitats dels Bloc 2.** Els alumnes diferenciarien clarament la nutrició vegetal de l'animal i valoraran el fet que la vida a la Terra depèn de l'existència de les plantes. A més, aprendran les funcions dels diferents elements minerals en relació al món vegetal i comprendran les conseqüències de les seves deficiències. Estudiaran la fotosíntesi i en distingiran les seves fases, alhora que comprendran l'origen de la capacitat reductora de les plantes i relacionaran els processos fotosintètics amb la formació de totes les substàncies primàries i secundàries. Finalment, els alumnes aprendran també que els processos metabòlics depenen dels factors externs (ambientals) i interns, i comprendran que els processos de la vida són complexos, de manera que els estudis del metabolisme i del desenvolupament no poden separar-se.

**Competències i habilitats del Bloc 3.** Els alumnes podran diferenciar els productes primaris dels secundaris des del punt de vista estructural, funcional i de distribució; entendran fins a quin punt els productes secundaris són imprescindibles per a la supervivència de les plantes; coneixeran la gran diversitat i complexitat dels productes secundaris (enorme reserva de models moleculars) i sabran relacionar les funcions d'aquests productes a les plantes amb les possibles aplicacions farmacològiques i/o industrials. A més, coneixeran els camins biosintètics dels diferents tipus de productes secundaris, relacionant-ho al mateix temps amb la compartimentació. En aquest context, els alumnes assumiran que els productes secundaris de les plantes representen una reserva de milers de compostos que, en un futur, podrien esdevenir nous caps de sèrie. També assumiran que el coneixement del metabolisme secundari en facilita el control, la qual cosa té moltes aplicacions pràctiques a través de la biotecnologia vegetal i l'enginyeria genètica, que permeten incrementar o bé modificar la producció de fàrmacs i altres productes d'interès comercial.

**Competències i habilitats del Bloc 4.** Els alumnes coneixeran els diferents

processos que tenen lloc durant el desenvolupament vegetal i les etapes del cicle vital d'una planta; sabran quins són els factors, tant externs com interns, que regulen el desenvolupament vegetal; aprendran el concepte d'hormona vegetal i els mecanismes pels quals els senyals hormonals són percebuts i transmesos fins a produir una resposta fisiològica; coneixeran els diferents tipus d'hormones vegetals, les possibles interaccions entre elles i quins processos del desenvolupament vegetal estan regulats per les diferents hormones. A més, coneixeran les possibles aplicacions comercials de les diferents fitohormones, i aprendran que la manipulació dels nivells hormonals mitjançant enginyeria genètica permet regular el cicle vital de la planta, i que aquests canvis poden afectar-ne el metabolisme, tant primari com secundari.

**Competències i habilitats del Bloc 5.** Els alumnes aprendran que les potencialitats metabòliques de la cèl·lula vegetal són enormes i que, mitjançant el desenvolupament de tècniques bàsiques com ara les dels cultius in vitro i de l'enginyeria genètica, s'han pogut assolir unes aplicacions insospitades i de gran transcendència social i econòmica. Els alumnes coneixeran les tècniques pròpies del cultiu in vitro i l'aplicació en àmbits de gran interès com ara la micropropagació de plantes medicinals i aromàtiques. També coneixeran com es porta a terme la introducció de gens aliens en els vegetals amb la finalitat de modificar-ne les característiques i millorar la capacitat per sintetitzar compostos d'interès per a la indústria quimicofarmacèutica, així com els riscos ambientals i sanitaris que representa la manipulació genètica de vegetals, i les seves implicacions ètiques i legals. Atesa la limitació de temps, el grau de competències que s'adquiriran serà bàsic, però permetrà als alumnes ampliar els coneixements i habilitats en altres assignatures de cursos avançats.

Amb la **pràctica de laboratori**, l'alumnat aprendrà a desenvolupar i manipular el teixit de call, visualitzant allò que haurà après en les classes teòriques, així com a treballar en condicions estèrils i a emprar tot l'utilitatge i equipament que requereix aquest tipus de tècniques, com ara cabines de flux laminar, autoclaus, processos de dissecció i esterilització del material vegetal, etc. Aquestes habilitats seran d'utilitat a l'alumnat per al desenvolupament de tècniques relacionades amb altres disciplines que també tenen com a base el treball sota condicions d'asèpsia.

**Habilitats Transversals:** Els continguts impartits en l'àmbit de l'assignatura estan

en connexió amb altres àrees de coneixement properes (Bioquímica i Biologia Molecular, Producció Vegetal). El coneixement de l'assignatura, per tant, permet a l'alumnat desenvolupar-se en aspectes relacionats amb la bioquímica vegetal, biologia molecular de plantes, biotecnologia vegetal, enginyeria agrícola, etc., i en l'aplicació en camps temàtics com ara l'ecofisiologia, la fitoremediació, la selecció i millora de plantes medicinals i aromàtiques, la bioproducció de compostos d'interès industrial, entre d'altres.

El contingut de la Fisiologia Vegetal ha de servir, a més, de base per cursar algunes assignatures optatives de segon cicle (Biotecnologia Vegetal, Metabolisme i Desenvolupament Vegetal, Metabolisme Secundari de les Plantes, Transformació Genètica Vegetal). Assignatures que permeten ampliar els coneixements d'alguns capítols fonamentals de la Fisiologia Vegetal.

## **Objectius d'aprenentatge de l'assignatura**

### **Referits a coneixements**

L'objectiu general de l'assignatura de 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 han d'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 en allò que fa referència al punt 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», i al punt 5a: «identificar, dissenyar, obtenir, analitzar, controlar i produir fàrmacs i altres productes i matèries primeres d'interès sanitari d'ús humà o veterinari».

El programa de Fisiologia Vegetal adaptat al currículum del farmacèutic i considerant la planta com una factoria viva, productora de medicaments, 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:

- Iniciar el futur professional en el coneixement de les vies metabòliques que

conduïxen a la bioproducció de compostos d'interès terapèutic.

- Donar uns coneixements bàsics sobre els estats essencials del desenvolupament del vegetal i del seu control hormonal. En la majoria dels casos, la biosíntesi de compostos amb acció terapèutica depèn de la fase de desenvolupament de l'organisme productor i els compostos d'interès se sintetitzen, en general, en estructures especialitzades de la planta, sota un estricte control intern i ambiental.

- Introduir les tècniques d'enginyeria genètica i del cultiu vegetal in vitro. La utilització d'aquestes tècniques obre noves vies per a la manipulació genètica dels vegetals, amb l'objectiu de millorar la producció de les plantes medicinals, desenvolupar nous productes i/o sistemes de producció alternatius per a la bioproducció de principis actius d'utilitat en la indústria farmacèutica, entre d'altres.

Al llarg del desenvolupament de l'assignatura, l'alumne rebrà els coneixements fonamentals del desenvolupament vegetal i dels factors que hi influeixen, del funcionament de les plantes en els aspectes relacionats més estretament amb la producció dels compostos d'interès farmacèutic, i dels cultius in vitro com a eina per al desenvolupament de la biotecnologia vegetal.

## **Blocs temàtics de l'assignatura**

### **Introducció a l'assignatura**

**1** Descripció dels objectius i les activitats. Medicaments d'origen vegetal. Concepte funcional de planta medicinal i droga vegetal. Fisiologia vegetal i salut

### **Bloc 1 Particularitats estructurals i funcionals de la cèl·lula vegetal**

**2** Particularitats estructurals i funcionals de la cèl·lula vegetal. Paret cel·lular: estructura, formació i funcions fisiològiques

**3** Membranes cel·lulars i transport. Particularitats funcionals de les membranes de les cèl·lules vegetals. Importància dels vacúols. Cloroplast: sistemes membranosos i compartiments

### **Bloc 2 Nutrició mineral i metabolisme primari**

**4** Elements essencials en nutrició. Macronutrients i micronutrients. Estat nutritiu de la planta. Solucions nutritives. Cultius hidropònics i cultius in vitro

- 5** Absorció i transport d'aigua i de sals minerals. Vies de circulació. Apoplast i simplast. Pressió radicular i transpiració. Control de l'obertura estomàtica
- 6** Fotosíntesi. Concepte i significació. Absorció i emissió de la llum per àtoms i molècules (pigments fotosintètics)
- 7** Fotosistemes. Cooperació entre fotosistemes. Fototransport d'electrons. Fotofosforilació
- 8** Utilització de l'energia i el poder reductor obtinguts en la fotosíntesi. Cicle fotosintètic de reducció del carboni. Vies de sortida del cicle. Interaccions entre els cloroplasts i la resta de la cèl·lula. Transport d'assimilats a través del floema
- 9** Cicle fotosintètic d'oxidació del carboni (fotorespiració). Mecanismes d'acumulació de CO<sub>2</sub>: plantes C<sub>4</sub>, plantes CAM. Significació fisiològica de les plantes C<sub>4</sub> i CAM

### **Bloc 3 Metabolisme secundari**

- 10** Conceptes de metabolisme secundari i de producte secundari. Relació amb el metabolisme primari. Material genètic que codifica el metabolisme secundari. Diversitat química i variabilitat. Classificació
- 11** Principis bàsics en la biosíntesi de productes secundaris. Compartimentació cel·lular. Distribució i emmagatzematge. Mecanismes de detoxificació
- 12** Importància dels productes secundaris per als organismes productors. Funcions fisiològiques. Interaccions de les plantes amb altres plantes, animals i microorganismes. Importància dels productes secundaris en l'alimentació i com a principis actius en farmàcia
- 13** Productes secundaris derivats de la via del siquimat. Formació de compostos fenòlics a partir del metabolisme glucídic. Importància biològica i aplicacions d'aquest tipus de compostos
- 14** Ruta de l'acetat-malonat. Policètids. Metabolisme dels flavonoides i estilbens. Importància biològica i farmacèutica
- 15** Isoprenoides. Rutes de l'acetat-mevalonat i de la DOXP-MEP. Biosíntesi de les diferents famílies de productes terpenics. Compartimentació i regulació del procés. Importància biològica i farmacèutica d'aquests compostos
- 16** Alcaloides. Conceptes de protoalcaloide i pseudoalcaloide. Principals grups d'alcaloides. Principis bàsics en la biosíntesi d'alcaloides. Importància dels alcaloides en farmàcia

#### **Bloc 4 Creixement i desenvolupament**

**17** Concepte de creixement i desenvolupament. El cycle vital de les plantes. Expressió diferencial de gens. Cèl·lula meristemàtica i cèl·lula especialitzada. Concepte de totipotència. Factors que regulen el desenvolupament vegetal: externs (llum: fitocrom, fotoperiodicitat; temperatura: vernalització) i interns (hormones vegetals)

**18** Concepte d'hormona vegetal. Tipus d'hormones i altres reguladors del creixement. Característiques generals. Resposta de la cèl·lula vegetal a les senyals hormonals: cadena de percepció i transducció de senyal

**19** Auxines. Efectes fisiològics: arrelament d'esqueixos, formació de fruits partenocàrpics. Mecanisme d'acció. Aplicacions comercials

**20** Cinines. Efectes fisiològics: control del cycle cel·lular, retardament de la senescència foliar. Mecanisme d'acció. Aplicacions comercials. Interaccions entre auxines i cinines: dominància apical, organogènesi en cultius in vitro

**21** Gibberel·lines. Efectes fisiològics: control del creixement i desenvolupament de la tija, inducció de la floració, creixement i desenvolupament de fruits, estímulo de la germinació. Mecanisme d'acció. Aplicacions comercials

**22** Àcid abscísic. Efectes fisiològics: respostes a l'estrès, germinació de les llavors, inhibició del desenvolupament vegetatiu, abscisió. Mecanisme d'acció. Aplicacions comercials

**23** Etilè. Efectes fisiològics: germinació, inhibició del creixement de la tija i l'arrel, control de les respostes a l'estrès, abscisió, maduració de fruits. Mecanismes d'acció. Aplicacions comercials. Altres reguladors del creixement

#### **Bloc 5 Cultius in vitro. Bioproducció**

**24** Fonaments i tipus de cultiu in vitro. Requeriments dels cultius in vitro. Morfogènesi i embriogènesi

**25** Aplicacions del cultiu in vitro. Cultius de cèl·lules i protoplasts. Micropropagació clonal

**26** Obtenció de noves varietats. Hibridació somàtica. Tècniques de manipulació genètica. Millora en la producció de plantes significatives en els sectors farmacèutic i alimentari. Riscos sanitaris i ambientals

#### **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, per la seva novetat i/o les perspectives de futur que ofereixen. A la vegada, alguns seminaris poden servir per aportar coneixements imprescindibles per desenvolupar alguns capítols del programa teòric.

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

Les pràctiques de laboratori estan relacionades amb alguns aspectes concrets del programa teòric de l'assignatura.

- Anàlisi microscòpica de la cèl·lula vegetal. Tinció del nucli. Plasmòlisi i deplasmòlisi. Estomes.
- Reguladors del creixement. Efectes antisenescents de cinines i pollamines.
- Metabolisme secundari. Determinació qualitativa i quantitativa d'alcaloides tropànics en fulles de *Datura stramonium* (Solanaceae).
- Cultiu in vitro. Establiment i cultiu de teixit de call. Inducció d'organogènesi.

### **Temes d'autoaprenentatge (WebQuest)**

- Cloroplasts. Les membranes i els compartiments dels cloroplasts. Origen procariòtic dels cloroplasts.
- Transport a llarga distància mitjançant el floema. Estructura del floema. Naturalesa de les substàncies transportades. Mecanismes de transport.
- Aplicacions de les plantes transgèniques. Models típics de les diferents generacions.

## **Metodologia i organització general de l'assignatura**

### **ACTIVITATS PRESENCIALS**

Sobre la base de 13 setmanes lectives, i a raó de 2 hores de classe teòrica per setmana, l'alumnat rebrà un total de 26 hores de classes magistrals. A més, rebrà 5 hores de seminaris i 10 hores de classes pràctiques de laboratori. El nombre total d'hores presencials serà, doncs, de 41 hores, sense comptar les 4 hores d'avaluació presencial.

a) 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 fotocòpies.

b) Seminaris. L'objectiu dels seminaris és desenvolupar i aprofundir aspectes

concrets que tenen un marcat caràcter pràctic i/o aplicat. Els seminaris s'impartiran de manera semblant a les classes teòriques, però en aquest tipus de classes, el professor plantejarà qüestions o casos pràctics, amb la finalitat d'incrementar la participació dels alumnes.

c) Pràctiques de laboratori. Les pràctiques de laboratori estan relacionades amb alguns aspectes concrets del programa teòric de l'assignatura i plantegen a l'alumne/a algun problema en el qual hagi de demostrar un mínim d'iniciativa. S'utilitzaran tècniques habituals en el camp de la fisiologia vegetal, amb l'objectiu que els alumnes coneguin la metodologia experimental utilitzada en l'estudi dels productes naturals.

### **WEBQUEST (ACTIVITAT PRÒPIA + TREBALL DIRIGIT)**

Es preveu que l'alumnat desenvolupi una certa activitat d'autoaprenentatge i treball dirigit mitjançant la preparació de 3 temes concrets relacionats amb la disciplina de fisiologia vegetal, que, per raó del baix nombre de crèdits de l'assignatura, no estan coberts totalment en el programa d'activitats lectives. S'utilitzen els recursos de la xarxa i es proposa un format estàndard d'activitat guiada basada en les WebQuest, seguint les propostes de Bernie Dodge, de manera que els alumnes tinguin ben clar que han de fer i com, amb una selecció acurada de recursos. La feina serà individual i, el primer dia de classe l'alumnat sabrà quina és la tasca a desenvolupar, d'on pot treure la informació necessària i com pot aconseguir la tutorització del professor. Es calcula una dedicació de 24 hores per desenvolupar aquesta activitat. De fet, les WQ que es proposen tenen una doble basant, per una part impliquen un procés de treball dirigit (10 hores), i per l'altre són un mecanisme d'aprenentatge autònom (14 hores).

## **Avaluació acreditativa dels aprenentatges de l'assignatura**

### **DETALL DE LES FORMES I 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 preguntes curtes (conceptuals o de raonament) i preguntes de tipus test (V/F). Hi haurà 20-25 preguntes de tipus test (40 % de la nota final) i 5-8 preguntes curtes (35 % de la nota final).



Per a l'avaluació de les activitats relacionades amb les pràctiques de laboratori hi haurà una prova escrita amb 4 preguntes. A més, es puntuarà l'assistència, l'actitud i l'aptitud de l'alumnat a les pràctiques. La qualificació global de les pràctiques de laboratori representarà un 10 % de la nota final.

Per a l'Avaluació de les 3 WebQuests també hi haurà una prova escrita. Aquesta prova inclourà 3 preguntes curtes relacionades amb l'assoliment dels objectius previstos en les 3 WQ. La qualificació d'aquest apartat representarà un 15 % de la nota final. Però, a més d'això, una vegada complementades les WQ, els alumnes podran contestar un seguit de preguntes d'un qüestionari i omplir una Guia de Reflexió sobre el que han après amb les WQ. Tot plegat podran enviar-ho per correu electrònic al seu professor perquè aquest pugui avaluar-ho, lo qual representarà un 3% adicional sobre la nota final.

### **SEGONA CONVOCATÒRIA**

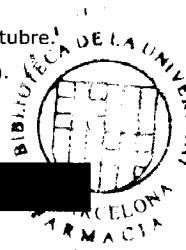
Es durà a terme un únic examen (prova escrita). En aquest examen s'inclouran també els coneixements adquirits en les pràctiques de laboratori i en les WQ. Les proporcions seran les mateixes que per l'avaluació continuada. Ara bé, els alumnes que hagin superat la prova de pràctiques o bé la de les WQ a la primera convocatòria, no caldrà que s'examinin d'aquesta/es part/s a la segona convocatòria del mateix curs acadèmic.

**TEMPORALITZACIÓ:** Es preveu una durada de 2 hores per fer l'examen escrit, el qual es durà a terme al final del període lectiu, segons el calendari que estableixi el Consell d'Estudis. En relació a les proves de les pràctiques de laboratori i de les WQ, es preveu una durada d'una hora més per cadascuna de les activitats.

### **Avaluació única**

Pels alumnes que s'acullin a aquesta opció, es durà a terme un únic examen (prova escrita) per avaluar de manera conjunta els coneixements adquirits per l'alumnat a les classes de teoria, seminaris i pràctiques de laboratori. En aquest examen s'inclouran també els coneixements adquirits mitjançant les activitats d'aprenentatge autònom (WebQuest). Les proporcions seran les mateixes que per l'avaluació continuada. Però, en aquest cas l'examen constituirà una unitat que cal superar com a conjunt. Si no es supera, caldrà examinar-se de tot a la segona convocatòria.

El termini per sol·licitar acollir-se a l'avaluació única és el divendres 10 d'octubre.  
La sol·licitud s'ha de fer per escrit (l'imprès corresponent es trobarà al web).



## Fonts d'informació bàsiques de l'assignatura

### Libres

- AZCÓN-BIETO, J.; TALÓN, M. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana / Publicacions i Edicions de la U.B., 2008. ⇨
- BARCELÓ, J. [et al.] Fisiología vegetal. Madrid: Pirámide, 2001. ⇨
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiología vegetal. 2 vol. Trad. de: Plant physiology. 3rd ed. [Castelló de la Plana]: Universitat Jaume I; cop. 2006. ⇨
- Lloc web d'acompanyament en anglès. Els capítols 2 i 14 només són accessibles via aquest lloc web. ⇨
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. ⇨
- MOHR, H.; SCHOPFER, P. Plant Physiology. Berlín: Springer-Verlag, 1995. ⇨
- SALISBURY, F.; ROSS, C. Fisiología vegetal. México: Grupo Editorial Interamericana, 1994. ⇨
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. 4th ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc, Publishers. 2006. Material complementari consultable a: ⇨ Plant Physiology online ⇨
- LODISH, HARVEY F. [et al.]. Biología celular y molecular: 5a edición. Buenos Aires/Madrid [etc.]: Médica Panamericana, cop; 2005. Material d'acompanyament a: ⇨ LODISH Bride page ⇨
- BARKER, A.V.; PILBEAN, D.J. Handbook of plant nutrition. Col. Books in soils, plants and environment Vol. 117. Boca-Ratón: CRC Taylor&Francis; 2007 ⇨
- GROTEWOLD, E. The science of Flavonoids. New York: Springer; 2006. ⇨
- WINK, M. (ed.) Biochemistry of plant secondary metabolism. Col. Annual plant reviews; 2. Sheffield: Sheffield Academic Press; 1999. ⇨
- DAVIES, P. J. (ed.) Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!. Dordrecht [etc.]: Kluwer Academic; 2004. ⇨
- HEDDEN, P.; THOMAS, S. Plant hormone signaling. Col. Annual plant reviews vol: 24. Oxford: Blackwell; 2006 ⇨
- BENITEZ-BURRACO, A. Avances recientes en biotecnología vegetal e ingeniería genética de plantas. Barcelona: Reverté; 2005. ⇨

- MURCH, S.; SAXENA, P. Journey of a single cell to a plant. Enfield: Science Publishers; 2005. →

### **Pàgina web**

- Plant Physiology →
- Open Directory-Science: Biology: Botany: Plant Physiology ↗
- The Biology Project ⇒
- Plant Physiology online. 4th ed. →
- The Life Wire ↗
- The Plant Cell ⇒
- Plant Physiology - Cell Walls: Structure and Function ↗
- Nutrient Management Module No. 9 ↗
- Photosynthesis ⇒
- What is Photosynthesis? →
- Insect Behavior Review Articles 2003 (EN507) ↗
- Botany online: The Secondary Metabolism of Plants: Secondary Defence Compounds ⇒
- Plant Hormones ↗
- plant tissue culture INFORMATION EXCHANGE ⇒
- Plant Tissue Culture Resources on the Internet ⇒
- Botany *online*
- <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e00/index.htm> ↗

### **Text electrònic**

- Introducción al Desarrollo Vegetal - Concepto de Hormona Vegetal  
<http://novella.mhhe.com/sites/dl/free/8448151682/592176/Capitulo18.pdf> ⇒
- Buchanan, B. B.; Grisse, W.; Jones, R. L. Illustrations from biochemistry and Molecular Biology of Plants [cd-rom]. Versió 1.1. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2001. ⇒