

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
AGRONOMIA EN HORTICULTURA PROTEGIDA

BIOQUÍMICA

I.- DATOS GENERALES

| | |
|--|-------------------------------------|
| Unidad Académica | Departamento de Fitotecnia |
| Programa Educativo | Agronomía en Horticultura Protegida |
| Estructura o línea curricular | Ciencias Básica |
| Nivel educativo | Licenciatura |
| Créditos | 7.5 |
| Clave de la asignatura | |
| Asignatura | Bioquímica |
| Carácter | Obligatorio |
| Tipo | Teórico – Práctico |
| Prerrequisitos | Química Orgánica |
| Nombre del profesor | Ma. del Rosario García Mateos |
| Ciclo escolar | 2008/2009 |
| Año | 4° |
| Semestre escolar | 1er |
| Horas Teoría/semana | 3.0 |
| Horas Práctica/semana | 2.0 |
| Horas aprendizaje independiente/semana | 2.5 |
| Horas Totales del curso | 80.0 |

II.- INTRODUCCIÓN

La asignatura de Bioquímica Vegetal contribuye al logro de los objetivos de la Currícula del Plan de estudios que ofrece el Departamento de Fitotecnia en la formación del Agrónomo en Horticultura Protegida. Mantiene relación con la línea curricular básica y Agrobiológica. Se relaciona horizontalmente con las asignaturas de Matemáticas, y Anatomía y morfología, y de manera indirecta con los cursos: Análisis químico y diagnóstico nutrimental vegetal, además de materias como plagas y en enfermedades hortícolas, Fisiología vegetal y Nutrición vegetal.

La característica de la asignatura de Bioquímica vegetal es teórica y práctica, se imparte a través de un curso teórico que comprende ocho unidades y diez prácticas de laboratorio. Para el proceso enseñanza y aprendizaje se aplican diferentes métodos: tradicional y métodos activos dependiendo de la unidad del programa, es decir, se considerarán actividades organizadas en: conferencias, clases prácticas, de laboratorio, seminarios. El profesor y estudiantes participarán de manera presencial y sincrónica en las actividades. También se coordinarán trabajos de investigación bibliográfica con la finalidad de mejorar el interés por el curso y desarrollar la capacidad de auto-aprendizaje y habilidades (síntesis y análisis de la

información). Durante el proceso se organizarán actividades para desarrollarse de manera grupal o en equipo en el laboratorio, biblioteca y aula de clase, lo que conducirá al logro de una mayor eficiencia del proceso de enseñanza y aprendizaje. Se trabajará con material impreso (artículos de revistas científicas, textos y otros documentos), como material audiovisual se usarán acetatos, y cañón y en el laboratorio se trabajará con material vegetal y para el análisis se utilizarán material de laboratorio y sustancias químicas. La evaluación se realizará a partir de exámenes y reportes de las prácticas, entre otros aspectos.

III.- PRESENTACIÓN

La asignatura de bioquímica vegetal pretende proporcionar una educación formativa, integral, crítica, con bases teóricas y metodológicas proporcionando al educando una primera aproximación hacia la comprensión de la organización celular, las características estructurales, función y fuente natural de las biomoléculas, de la función de los metabolitos primarios y secundarios en los vegetales y de algunos procesos de síntesis en los vegetales, así como comprender algunas características de los plaguicidas y su comportamiento en los organismos vivos. Las prácticas de laboratorio le permitirá al estudiante identificar algunas biomoléculas, comprobar sus propiedades fisicoquímicas y desarrollar algunas habilidades y destrezas.

Por lo tanto, estos conocimientos le permitirán entender, interpretar, analizar y resolver problemas básicos de desviaciones y alteraciones de los procesos de desarrollo y rendimiento de las plantas.

Siendo la intención de la materia de Bioquímica vegetal el proporcionar un cuerpo básico de conocimientos para la mejor comprensión de los conceptos de la asignatura de Fisiología Vegetal y otros de aplicación tecnológica agrícola que se impartirán a futuro.

IV.- OBJETIVOS

GENERAL

Comprender la constitución y función química de los metabolitos primarios y secundarios y los aspectos básicos de funcionamiento de los vegetales, en particular de algunos productos hortícolas para identificar su relación con el desarrollo y caracterización de los vegetales.

ESPECIFICOS

- Aplicar los conocimientos básicos de bioquímica para explicar los fenómenos fisiológicos que ocurren en los vegetales a fin de comprender las funciones básicas de las biomoléculas en las plantas.
- Desarrollar habilidades como comprender y analizar algunos fenómenos bioquímicos afín de relacionar estos con la fisiología de algunos productos hortícolas y con materias relacionadas.
- Aplicar los conceptos fundamentales de Bioquímica para plantear la solución de problemas agrícolas.

- Valorar los aportes de la Bioquímica afín de comprender el desarrollo de la Agricultura, la Ingeniería Genética y Biotecnología.
- Interpretar el lenguaje técnico para comprender la información científica que se publica en relación con Bioquímica
- Desarrollar una actitud crítica y analítica que permita dar respuesta a los problemas y búsqueda de soluciones.

V.- CONTENIDO

| Unidad | Tiempo (h) | Sesiones de teoría | Sesiones laboratorio |
|---|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Metabolitos primarios | 4.5 | 3 | 1 |
| 2. Lípidos y membrana celular | 9.0 | 6 | 2 |
| 3. Función de las proteínas y enzimas | 12.0 | 8 | 3 |
| 4. Carbohidratos y pared celular | 9.0 | 6 | 2 |
| 5. Función de los nucleótidos y ácidos nucleicos | 9.0 | 6 | 1 |
| 6. Metabolitos secundarios | 9.0 | 6 | 3 |
| 7. Reguladores de crecimiento | 9.0 | 6 | 1 |
| 8. Bioquímica de plaguicidas | 6.0 | 4 | 1 |

UNIDAD 1. METABOLISMO PRIMARIO (4.5 h)

Introducción

La bioquímica agrupa a todos los conocimientos relativos al entendimiento de los sistemas biológicos a nivel molecular. En relación con los constituyentes moleculares de los seres vivos y con la forma que interaccionan dichos constituyentes para permitir y regular las operaciones de los sistemas biológicos. Los lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, considerados metabolitos primarios por ser esenciales para el desarrollo de los organismos, en particular de los vegetales, son los pilares de la naturaleza.

Los avances y aportes de la bioquímica ha contribuido sin duda al desarrollo y evolución de otras disciplinas del conocimiento. En particular podría citarse a la Biología molecular, a la Genética, Biotecnología, etc.

Objetivos particulares

- Destacar la importancia del estudio de la Bioquímica para usar sus conceptos y teorías como base del desarrollo y comprensión de los procesos fisiológicos
- Comentar la diferencia entre células vegetales y animales para establecer sus diferencias
- Señalar la ubicación de biomoléculas en la célula afín de destacar su importancia.

- Integrar las características de las biomoléculas presentes en la célula para comprender su función
- Analizar las características de los metabolitos primarios para comprender los procesos fisiológicos celulares

Contenido

1. Importancia y aportes de la Bioquímica Vegetal hacia el conocimiento de los procesos metabólicos de los vegetales
2. Nivel de integración de vegetales, tejido, célula y biomolécula
3. Componentes químicos de la célula
4. Importancia y localización de iones, agua y biomoléculas en la célula
5. Diferencias estructurales entre células vegetales y animales
6. Características del Metabolismo primario

UNIDAD 2. LÍPIDOS Y MEMBRANA CELULAR (9 h)

Introducción

Los lípidos biológicos constituyen un grupo químicamente diverso de compuestos cuya característica común y definitoria es su insolubilidad en agua. Las funciones biológicas de los lípidos son igualmente diversas. En muchos organismos las grasas y los aceites son las formas principales de almacenamiento energético, mientras que los fosfolípidos y los esteroides constituyen la masa de las membranas biológicas. Otros lípidos, aún estando presentes en cantidades relativamente pequeñas, juegan papeles cruciales como agentes emulsionantes, mensajeros intracelulares, transportadores electrónicos

Objetivos particulares

- Analizar las características de la membrana celular para comprender su función
- Señalar la composición lipídica de la membrana celular para describir sus propiedades físicas
- Señalar las funciones y clasificación de los lípidos afín de enfatizar su importancia en la vida de los organismos

Contenido

1. La membrana celular
 - Composición química
 - Características de la membrana celular
2. Lípidos
 - Función de los lípidos en los seres vivos
 - Distribución de los lípidos en los vegetales

Características físicas de los lípidos
Clasificación de acuerdo a su función
Lípidos de interés vegetal
 Ácidos grasos
 Suberina, cutina y ceras
 Triglicéridos
 Fosfolípidos

UNIDAD 3. FUNCIÓN DE LAS PROTEÍNAS Y ENZIMAS (12 h)

Introducción

Los aminoácidos constituyen los bloques de construcción de las proteínas, entre ellos se localizan algunos que se consideran esenciales para el hombre. Las proteínas se estructuran de diversas formas, lo que se manifiesta en las diferentes funciones que presentan. De acuerdo a los niveles de estructuración que manifiestan las proteínas se destacará su función. Como proteínas, las enzimas poseen características peculiares que las hace diferentes a las restantes proteínas, además en los vegetales, éstas pueden servir como indicadores de las deficiencias nutrimentales.

Objetivos particulares

- Describir a los aminoácidos para destacar su importancia como unidades estructurales de péptidos y proteínas.
- Analizar la estructura de péptidos y proteínas para explicar su función
- Clasificar a las proteínas de acuerdo a su función afín de destacar su importancia.
- Describir los principios de la catálisis para comprender la función de las enzimas en los sistemas biológicos.
- Destacar la importancia de las enzimas afín de analizar su papel en los procesos fisiológicos y en el desarrollo de las plantas.
- Explicar el significado de los parámetros cinéticos con la finalidad de analizar el comportamiento de una enzima y su papel metabólico.
- Investigar algunas enzimas como indicadores de deficiencias de macro y micro elementos en los vegetales para explicar las deficiencias así como formular alternativas de solución.

Contenido

1. Aminoácidos como bloques de construcción de las proteínas:

 Grupos funcionales y nomenclatura
 Clasificación
 Carácter anfotérico
 Función de los aminoácidos no proteícos

2. Péptidos:

Estructura del enlace peptídico.
Función de algunos péptidos (biocidas)

3. Proteínas :

Importancia de las proteínas
Clasificación por su función
Niveles de estructuración
Relación entre estructura y función
Desnaturalización

4. Enzimas

Naturaleza química y características de las enzimas
Clasificación y nomenclatura de las enzimas
Cinética de una enzima
Factores que afectan la actividad enzimática
Enzimas indicadoras de deficiencia de elementos en los vegetales

UNIDAD 4. CARBOHIDRATOS Y PARED CELULAR (9 h)

Introducción

Los carbohidratos constituyen la mayor parte de la materia orgánica de la Tierra a causa de sus variadas funciones en todos los seres vivos. En primer lugar, los carbohidratos sirven como almacén o transferencia de energía, son combustibles e intermediarios metabólicos, en general, son sustancias de reserva y estructurales, además son los componentes principales de la pared celular en las plantas. El almidón en los vegetales y el glucógeno en los animales son dos polisacáridos que rápidamente pueden movilizarse para liberar glucosa, el combustible primordial para generar energía. Por lo tanto, analizar estructuralmente a los monosacáridos, identificar a los disacáridos más comunes presentes en los vegetales y reconocer la importancia de fragmentos de polisacáridos como parte del mecanismo de defensa de las plantas, permite comprender algunos procesos fisiológicos de los vegetales .

Objetivos particulares

- Describir las características y función de la pared celular en los vegetales para comprender su función
- Clasificar a los monosacáridos de acuerdo a su grupo funcional y número de carbonos para comprender sus propiedades físicas.
- Determinar con base a su estructura cuando un carbohidrato es un azúcar reductor para relacionar éstas con el proceso de maduración de un fruto .
- Reconocer la función de los disacáridos y polisacáridos en los vegetales para identificar ésta en algunos tejidos vegetales.

Contenido

1. Características de la Pared celular
 - Función y composición química
2. Carbohidratos
 - Función en los vegetales
 - Propiedades físicas de los carbohidratos
 - Clasificación de los carbohidratos
 - Características de los Monosacáridos mas comunes en la naturaleza
 - Serie de aldosas y cetosas
 - Formas de representación
 - Disacáridos presentes en los vegetales
 - Estructura
 - Fuente vegetal
 - Polisacáridos
 - Estructura
 - Fuente vegetal
 - Papel de las oligosacarinas en mecanismos de defensa de vegetales

UNIDAD 5. ACIDOS NUCLEICOS (9 h)

Introducción

Los ácidos nucleicos son los compuestos biológicos de mayor peso molecular existentes en la naturaleza. Existen dos tipos de polinucleótidos: el ácido desoxiribonucleico o ADN y el ácido ribonucleico o ARN, ambos constituidos por diferente tipo de azúcar, y con una misión diferente. El primero se considera depositario de la información genética en los seres vivos, y el segundo está directamente implicado en la síntesis de proteínas. Los nucleótidos, considerados las unidades de los ácidos nucleicos, también tienen otras funciones, en particular el ATP vinculado a los procesos energéticos en el metabolismo celular.

Objetivos particulares

- Destacar la importancia de los ácidos nucleicos en los seres vivos para comprender sus aplicaciones en la ingeniería genética .
- Señalar las diferencias estructurales entre el ADN y ARN para reconocer su función en las células.
- Destacar la función del ARN en los organismos para describir su importancia en la síntesis de proteínas.

Contenido

1. Ácidos nucleicos
 - Importancia y papel biológico de los ácidos nucleicos
 - Estructura química
 - Diferencias químicas

- Nucleósidos y nucleótidos
- Diferencias estructurales entre los ácidos nucleicos
- Niveles de estructuración
- Procesos de los ácidos nucleicos
 - Replicación del ADN
 - Replicación del ADN
 - Transducción del ARN
 - Síntesis de proteínas
- Mutaciones
- 2. Nucleótidos
 - Papel del ATP
 - Producción y utilización de la energía
 - Función en el metabolismo energético

UNIDAD 6. METABOLISMO SECUNDARIO (9 h)

Introducción

Los vegetales producen una diversidad de sustancias, producto del metabolismo secundario, algunas responsables de la coloración y aromas de flores y frutos, otras vinculadas con interacciones ecológicas, como es el caso de la atracción de polinizadores. Actualmente, se ha demostrado que principalmente la mayoría de ellos participan en el mecanismo de defensa de las plantas. Entre estos últimos, se consideran a las fitoalexinas, los alelopáticos, por mencionar algunos. La razón de ser de estos metabolitos permite una gama de usos en la agricultura y en la medicina. Adicionalmente, las múltiples funciones que presentan en los vegetales permite la búsqueda de nuevos agroquímicos naturales, como insecticidas, herbicidas, reguladores de crecimiento, etc.

Objetivos particulares

- Señalar la importancia de los metabolitos secundarios afín de interpretar su razón de ser en la fisiología de las plantas.
- Reconocer el papel de los metabolitos secundarios para comprender el mecanismo de defensa de los vegetales contra el ataque de herbívoros y patógenos.

Contenido

- 1. Metabolito secundario
 - Concepto y características de metabolito secundario
 - Función de los metabolitos secundarios
 - Importancia
- 2. Terpenoides
 - Características generales y función
 - Carotenos como pigmentos de hortalizas

3. Compuestos fenólicos
 - Características generales y función
 - Antocianinas como pigmentos de flores y frutos
4. Alcaloides
 - Características generales y función
 - Betalainas como pigmentos de algunas hortalizas y frutos
5. Glucósidos cianogénicos
 - Características generales y función

UNIDAD 7. REGULADORES DE CRECIMIENTO (9 h)

Introducción

Es importante conocer las acciones de las fitohormonas y de los reguladores de crecimiento. Las hormonas vegetales comprenden un pequeño grupo de sustancias químicas que producen un gran número de efectos en la fase de desarrollo de los vegetales. Algunos de ellos varían tanto que sugieren una gran variedad de mecanismos de acción diferentes, estos metabolitos están involucrados en la absorción de agua, el crecimiento, el metabolismo, el transporte de nutrientes, la fotosíntesis, el alargamiento celular, senescencia, cierre estomático, floración, producción de etileno, maduración, por mencionar algunas. Es importante señalar que el balance o interacción de las hormonas, más que la suma de sus acciones individuales, lo que da como resultado el desarrollo óptimo. Finalmente, se considera un regulador de crecimiento aquella sustancia exógena, sintética que es aplicada a la planta, a diferencia de una hormona que es un metabolito producido por la misma planta.

Objetivos particulares

- Destacar la función de cada uno de los grupos de reguladores de crecimiento para explicar su importancia en la fisiología vegetal.
- Enlistar las funciones y características de los reguladores de crecimiento para agrupar éstos de acuerdo a su función.
- Investigar el papel que juegan en cultivo *in vitro* para planear el desarrollo y propagación de plántulas de algunas especies.
- Investigar algunas alteraciones hormonales debido a estrés o a la invasión de algunos patógenos afín de comprender sus implicaciones en el desarrollo de algunos cultivos.

Contenido

1. Reguladores crecimiento y fitohormonas
 - Concepto
2. Abscisinas
 - Estructura química y función
2. Giberelinas
- 3.

- Estructura química y función
- 4. Auxinas
 - Estructura química y función
- 5. Citocininas
 - Estructura química y función
- 6. Etileno
 - Estructura química y función
- 7. Brasinoesteroides y ácido jasmónico
 - Estructura química y función

UNIDAD 8. BIOQUÍMICA DE PLAGUICIDAS (6 h)

Introducción

Se consideran sustancias naturales o sintéticas que sirven para combatir una gran número de plagas en los vegetales. El uso de agroquímicos sintéticos ha permitido aumentar notablemente el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos, pero el uso constante de éstos ha alterado el medio biológico existente, además de encarecer la producción de cualquier cultivo. Es por ello que se ha dado impulso a la investigación del control biológico que conlleve al descubrimiento de compuestos de origen natural o plaguicidas naturales que por ser biodegradables a corto plazo se puedan aprovechar en el control de plagas.

Objetivos particulares

- Analizar las características estructurales y propiedades fisicoquímicas de los diversos grupos de plaguicidas sintéticos para explicar su mecanismo de acción
- Describir los beneficios y principales sustancias naturales con actividad para promover su uso en la agricultura
- Construir una tabla con las características físicas de algunos plaguicidas para relacionar éstos con su estructura química.

Contenido

1. Plaguicidas
 - Concepto y Clasificación
 - Reacciones bioquímicas
2. Organoclorados
 - Estructura
 - Propiedades físico-químicas
 - Metabolismo
3. Organofosforados
 - Estructura
 - Propiedades físico-químicas
 - Metabolismo
4. Carbamatos y piretroides

- Estructura
 Metabolismo
 4. Plaguicidas naturales

VI.- PRÁCTICAS

| Práctica | Título | Objetivo |
|----------|--|--|
| — | Cuidados en el laboratorio | Describir los cuidados que se deben tener en el laboratorio con la finalidad de evitar accidentes |
| 1 | Índice de saponificación de lípidos | Determinar el índice de saponificación de algunos aceites vegetales, mediante la reacción de hidróxido de potasio bajo condiciones controladas, para identificar a los lípidos saponificables de los no saponificables. |
| 2 | Identificación de lípidos | Determinar por el método de Wijs, el índice de yodo en una muestra de aceite o grasa para identificar el grado de insaturación por la presencia de ácidos grasos saturados e insaturados en una muestra. |
| 3 | Identificación de aminoácidos | Extraer proteínas de reserva de algunas leguminosas para identificar el tipo de aminoácidos presentes en el tejido vegetal mediante reacciones coloridas específicas. |
| 4 | Separación de aminoácidos por cromatografía en papel | Emplear los principios físicos de la capilaridad y de afinidad para separar diferentes aminoácidos presentes así como identificar estos en una mezcla problema por cromatografía en papel. |
| 5 | Cinética de las reacciones enzimáticas | Esquematizar a través de una gráfica, la cinética de reacción de una enzima para determinar la actividad de la catalasa, empleando un extracto de tejido vegetal, mediante la liberación de oxígeno de la mezcla de reacción. |
| 6 | Identificación de carbohidratos en jugo de frutas | Aplicar distintas reacciones coloridas y formar derivados cristalinos a muestras que contienen carbohidratos para identificar cualitativamente y diferenciar azúcares reductores de no reductores, cetosas de aldosas, monosacáridos de disacáridos y diferentes monosacáridos por la formación de ozonas. |
| 7 | Cuantificación de azúcares reductores en tres estados de maduración de una fruta | Cuantificar los azúcares reductores en tres estados de maduración del fruto, realizando con Reactivo de Fehling la titulación de la muestra para comprobar desde el punto de vista químico su estado de madurez (plátano). |

| | | |
|----|--|--|
| 8 | Extracción del ácido desoxirribonucleico del kiwi | Extraer la molécula de ADN de un producto vegetal, por medio del rompimiento de las membranas celular y nuclear, para obtener un precipitado que posteriormente podrá ser identificado. |
| 9 | Separación de los pigmentos de los tejidos vegetales | Separar los pigmentos presentes en el tejido de los vegetales empleando una técnica versátil, como es la técnica de cromatografía en columna para identificar a las xantofilas, clorofilas y carotenos. |
| 10 | Estabilidad del color de las antocianinas y betalaínas | Relacionar la estabilidad del color de algunos pigmentos naturales a diferentes valores de pH para diferenciar las antocianinas de las betalaínas presentes en los extractos flores y betabel |
| 11 | Cuantificación de clorofilas en vegetales frescos | Emplear las propiedades físico-químicas de las clorofilas fresco para cuantificar el contenido de clorofilas a, b y clorofila total en diferentes extractos de material vegetal. |
| 12 | Efecto del ácido giberélico en hipocotilos de lechuga | Evaluar el efecto del ácido giberélico a distintas concentraciones, mediante la medición de la longitud de los hipocótilos de semillas germinadas para comprobar su efecto sobre el desarrollo de una planta con hábito de roseta. |
| 13 | Acción diferencial de herbicidas hormonales | Evaluar el efecto de un herbicida a diferentes concentraciones para comprobar el efecto de concentración sobre el desarrollo de plántulas (talluelos y radículas) de fríjol y trigo. |

VII.- METODOLOGÍA

1. Modalidad de la asignatura

- Curso teórico-práctico
- Sesión de prácticas
- Sesión de teoría
- Seminarios

2. Lugar de trabajo

- Aula
- Laboratorio
- Biblioteca

3. Recursos y materiales didácticos

- * Material impreso
- * Material audiovisual
- * Modelos moleculares

* Material de laboratorio y sustancias químicas y equipo

VIII.- EVALUACIÓN

60 % Teoría

40 % Exámenes Teórico (tres exámenes parciales)

20% Trabajo de Investigación bibliográfica y Seminarios

40 % Laboratorio

30 % Reportes (en formato de un artículo científico)

10 % Examen de Laboratorio

*Para la acreditación del curso se necesita aprobar la teoría y la parte práctica

IX.- BIBLIOGRAFÍA

Azcon-Bieto, J., y Talon, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana, Mc. Graw Hill. México.

Bohinski, R.C. 1973. Bioquímica Fondo Educativo Interamericano. México.

Braverman, J. B. S. 1967. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos Ed. Omega, S.A. España.

Bruneton, J. 1991. Elementos de fitoquímica y de farmacognosia. Ed. Acribia, España.

Buchanan, B. B., Gruissem, W., y Jones, R. L. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiology. USA.

Cremlyn, R. 1986. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México.

Cremlyn, R. J. 1991. Agrochemicals. Preparation and mode of action. John Wiley and Sons. UK.

Conn, E. E. 1981. The Biochemistry of Plants. A Comprehensive Treatise. Secondary Plant Products. Vol. 7. Academic Press. USA.

Darnell, J., Lodish, H., y Baltimore, D. 1993. Biología Celular y Molecular. 2a, Ed. Editorial Omega. España.

Dennis, D. T., Turpin, D. H., Lefebvre, D. D., y Layzell, D. B. 1997. Plant Metabolism. Longman Singapore Publishers. Singapore.

Goodwin, T. W., y Mercer, E. I. 1983. Introduction to Plant Biochemistry. Second Edition. Pergamon Press. U.K.

Godfrey, C. R. A. 1995. Agrochemicals from Natural Products. Marcel Decker Inc. USA.

Harborne, J. B. 1984. Phytochemical Methods. Guide to Modern Techniques of Plant Analysis.

Hassal, K. A. 1990. The Biochemistry and uses of pesticides. VCH Publishers. USA.

Ikan, R. 1969. Natural Products. A Laboratory Guide. Academic Press. USA.

Jankiewicz, L. S. 2003. Reguladores del Crecimiento, Desarrollo y Resistencia en plantas. Propiedades y acción. Mundi Prensa. México.

Lehninger, A. L., Nelson, D.L., y Cox, M.M. 1995. Principios de Bioquímica. 2a. Ed. Editorial Omega. España.

Mathews, C. K., van Holde, K. E., y Alhern, K. G. 2002. Bioquímica. 3ª Edición. Editorial Addison Wesley. España.

- Melo, V., y Cuamatzi, O. 2007. Bioquímica de los Procesos Metabólicos. Editorial Reverté, España.
- Raven, P. H., y Johnson, G. B. 1996. Biology. 4a. Ed. WCB. Brown Publishers. USA.
- Regnault-Roger, C., Philogine, B. J. R. y Vincent, Ch. 2004. Biopesticidas de Origen vegetal. Ediciones Mundi.Prensa. España.
- Rojas Garcidueñas, M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. Editorial McGraw Hill. México.
- Taiz, L., y Zeiger, E. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Pubhising. USA.
- Vickery, M . J., y Vickery, B. 1981. Secondary Plant Metabolism. McMillan Press Ltd. Hong Kong.
- Weaver, R. J. 1982. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Trillas. México.
- Yúfera, E. P., y Carrasco-Dorriern, J. M. 1977. Química Agrícola II. Ed. Alambra. España.