

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

PROGRAMA ANALÍTICO

Elaborado por Dr. Alfonso López Benítez

Actualizado por Dr. Alfonso López Benítez

Fecha de actualización: Junio 2011

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA MATERIA: RESISTENCIA GENÉTICA

CLAVE: FIT-476

TIPO DE MATERIA: OPTATIVA

DEPARTAMENTO QUE LA IMPARTE: FITOMEJORAMIENTO

HORAS TEORÍA: 3

HORAS PRÁCTICA. 2

CRÉDITOS: 5

CARRERAS EN QUE SE IMPARTE: ING. AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

PROFESOR: DR. ALFONSO LÓPEZ BENÍTEZ

PRERREQUISITOS: FIT-401 GENÉTICA Y PAR-485 FITOPATOLOGÍA

II. OBJETIVO GENERAL:

En un sistema Hospedante-parásito, comprender la importancia de las Leyes de la Genética y Principios de Fitopatología como un instrumento único o complementario en el control integrado de las enfermedades de los cultivos en la producción agrícola en un contexto de agricultura sustentable, sus ventajas y limitaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Proveer al estudiante con una visión general de la importancia económica y social que tienen las pérdidas causadas por las enfermedades de las plantas en la producción agrícola
2. Que el estudiante comprenda los mecanismos naturales mediante los cuales las plantas se defienden del ataque de los patógenos,
3. Comprenda las bases teóricas genéticas y fitopatológicas del curso para poder interpretar, analizar y evaluar las interacciones huésped -parásito.
4. Los diferentes tipos de resistencia a las enfermedades, su naturaleza genética e importancia como estrategia de control de organismos fitopatógenos mediante fitomejoramiento
5. Integrar los conocimientos adquiridos en otras disciplinas curriculares afines a los efectos de controlar genéticamente las enfermedades que sufren los cultivos.
6. Uso de herramientas moleculares; Estrategias en el uso de los Genes de Resistencia.

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Provee al estudiante de Fitomejoramiento con una visión general de la importancia agrícola que tienen las alternativas de control genético de las enfermedades en la producción agrícola mediante la utilización de los diferentes mecanismos naturales de defensa las plantas contra los patógenos, los diferentes tipos de resistencia a las enfermedades, su naturaleza genética y su utilización a través del mejoramiento genético, así como los efectos epidemiológicos de la resistencia en el desarrollo de las enfermedades. Se enfatizan los conceptos teóricos en los que se fundamenta el curso, desarrollar la habilidad para analizar e interpretar las diferentes relaciones hospedante-patógeno, el control genético de la virulencia en el patógeno de la especificidad de la susceptibilidad en el hospedante. Fuentes de resistencia, metodología para probarla y evaluarla así como su utilidad práctica en el mejoramiento genético de plantas. Estrategias para la utilización de los genes de resistencia.

I. INTRODUCCIÓN

- A. Importancia de las enfermedades en los cultivos
- B. Las grandes epifitas de los cultivos agrícolas en el mundo
- C. Historia de la resistencia a las enfermedades de los cultivos, importancia, contribuciones y perspectivas.
- D. El valor de la resistencia de las plantas a las enfermedades en la agricultura
- E. El papel del Fitomejorador y del Parasitólogo en el fitomejoramiento

II. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

- A. Terminología que involucra al hospedante y al parásito
 - Infección
 - Patosistema
 - Enfermedad
- B. Terminología. Hospedante
 - Inmunidad
 - Escape
 - Resistencia
 - Susceptibilidad
 - Resistencias vertical (RV)
 - Resistencia horizontal (RH)
 - Hipersensibilidad
 - Tolerancia
 - Efecto vertifolia y Erosión genética
 - Resistencia residual (Resistencia horizontal)
 - Patodemo
- C. Terminología Parásito
 - 1. Parásito
 - 2. Patógeno
 - 3. Patogenicidad
 - 4. Virulencia y agresividad
 - 5. Formas especiales, líneas y razas
 - 6. Patotipo

III. MECANISMOS DE PENETRACIÓN E INFECCIÓN DE LOS PATÓGENOS Y DE RESISTENCIA EN LAS PLANTA

A. Mecanismos de Penetración

1. Penetración en infección de los patógenos
2. Degradación enzimática de la pared celular.
3. Degradación enzimática del contenido de las células vegetales
4. Toxinas microbiales

B. Mecanismos de resistencia

1. Defensa estructural preexistente
2. Defensa bioquímica preexistente
3. Defensa estructural de respuesta
4. Defensa bioquímica de respuesta
 - Resistencia mediante la inducción de estructuras
 - Resistencia dependiente de sustancias o reacciones inducidas

IV. VARIACIÓN PATOGENICA EN ORGANISMOS FITO PARÁSITOS Y SU IMPORTANCIA PARA EL FITOMEJORADOR

1. Tipos de variación y terminología específica utilizada
- 2, Cultivares diferenciales e identificación de razas fisiológicas de un Patógeno.
3. Mecanismos de variación en hongos fitopatógenos
 - Mutación
 - Heterocariosis
 - Parasexualismo
 - Reproducción sexual
 - Variación extracromosómica
4. Mecanismos de variación en bacterias fitopatógenas
 - Mutación
 - Transformación
 - Conjugación
 - Transducción
5. Mecanismos de variación en virus fitopatógenos
 - Mutación
 - Recombinación genética
6. Mecanismos de variación en otros organismos fitopatógenos

V. BASE GENÉTICA DE LA INTERACCIÓN HOSPEDANTE-PATÓGENO

1. Genética de la resistencia.
2. Genética de la virulencia
3. El concepto de gen por gen
4. La no Especificidad de la resistencia.
5. Sistemas Genéticos Complementarios con una Relación Gene por Gene
6. Genes que Interactúan Diferencialmente con Razas del Patógeno
7. Genes que no Interactúan Diferencialmente con Razas del Patógeno

8. Genotipos Diferenciales y Razas fisiológicas
9. Genética de poblaciones de la interacción gen por gen

VI. TIPOS DE RESISTENCIA HEREDABLE.

1. Criterios Fitopatológicos
 - Resistencia Específica.
 - Resistencia General.
2. Criterios Genéticos
 - Resistencia monogénica
 - Resistencia Oligogénica.
3. Resistencia Específica
4. Características Genéticas y Fitopatológicas que Influyen en su utilización
5. Efecto sobre el Inoculo inicial del y el Desarrollo de la Enfermedad.
6. Mutaciones para Virulencia en el Patógeno
7. Fluctuaciones en las Poblaciones de Patógenos en Relación a los Genes para Resistencia del hospedante en el Tiempo.
8. Resistencia General
9. Características Genéticas y Fitopatológicas que Influyen en su utilización
10. Efecto sobre el Inoculo inicial y el Desarrollo de la Enfermedad.
11. Componentes de la Resistencia General.

VII. FUENTES DE RESISTENCIA A ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS.

1. Importancia de los Recursos Genéticos para el Fitomejoramiento.
2. Centros de Origen Primarios y Secundarios.
3. Fuentes de Resistencia en la Misma o Diferente Especie ó Genero
4. Materiales Genéticos Mejorados o en Proceso de Selección
5. Materiales Genéticos Criollos
6. Materiales Silvestres.
7. Mutaciones Inducidas
8. Erosión Genética.
9. Preservación de la Resistencia

VIII. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA

1. Exploración del material a evaluar (estudios genéticos o de selección)
2. Órganos de la planta y sintomatología de la enfermedad a evaluar
3. Momento de la evaluación
4. Número de plantas a evaluar
5. Interferencia entre parcelas
6. Escalas de evaluación y resistencia parcial
7. Evaluación en poblaciones segregantes y en poblaciones estables
8. Transformaciones y análisis estadísticos

IX. BASES GENÉTICAS DE LAS EPIFITIAS

1. Perspectiva
2. Vulnerabilidad de los cultivos
3. Uniformidad genética y erosión de la resistencia horizontal

- Maíz híbrido en EE.UU. en 1969 - 1970
 - Cultivares de avena resistentes a la roya de la corona en Iowa en 1948
 - Magnitud de la uniformidad genética
4. Genética de la susceptibilidad
 5. Estrategias de control

X. PRESENTACIÓN POR ALUMNOS DEL CURSO DE TEMAS RELEVANTES SOBRE RESISTENCIA A ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, N. George. 1994. Plant Pathology. Academic Press. New York and London
2. Alzate-Marín, Ana Lilia., Barros, Everaldo Gonçalves and Moreira, Maurílio Alves. 1999. Co-evolution model of *Colletotrichum lindemuthianum* (melanconiaceae, melanconiales) races that occur in some Brazilian regions. Genetics Molecular Biology 22:115-118.
3. Bourke, Joanna 'Husbandry to Housewifery: Rural Women and development in Ireland 1890-1914' ph.d thesis 1989 and 1993.
4. Dhan Pal Singh. 1986. Breeding for Resistance to Diseases and Insect Pests. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, London
5. FLOR, H.H. 1961. Current status of the gene-for-gene concept, Annual Review Phytopathology 9:275-296. 1971.
6. Huang, N., Angeles, E. R., Domingo, J., Magpantay, G., Singh, G., Kumaradivel, N., Bennett, J., and Khush, G. S. 1999. Pyramiding of bacterial blight resistant genes in rice: Marker assisted selection using RFLP and PCR. Theor. Appl. Genet. 95:313-320.
7. Jarosz, A. M., and Burdon, J. J. 1991. Host-pathogen interactions in natural populations of *Linum marginale* and *Melampsora lini*: II. Local and regional variation in patterns of resistance and racial structure. Evolution 45:1618-1627.
8. Kim, S. G., Kim, K. W., Park, E. W., and Choi, D. 2002. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: A possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. Phytopathology 92:1095-1103.
9. K. Mendgen, M. Hahn, and H. Deising . 1996. Morphogenesis and mechanisms of penetration by plant pathogenic fungi. Annual Review of Phytopathology. Vol. 34: 367-386
10. Leonard J. Francl and Deborah A. Neher. 1997. Exercises in Plant Disease Epidemiology. APS. Press. The American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota
11. Mehta, Y.R. and Zadoks, J.C. Uredospore production and sporulation period of *Puccinia recondita* f. sp. *tritricina* on primary leaves of wheat. Netherlands Journal Plant Pathology 76:267-176. 1970.
12. Robinson, R. A. 1987. Host Management in Crop Pathosystems. The MacMillan Press. New York, USA
13. Singh, S., Sidhu, J. S., Huang, N., Vikal, Y., Li, Z., Brar, D. S., Dhaliwal, H. S., and Khush, G. S. 2001. Pyramiding three bacterial blight resistance genes (*xa5*, *xa13*

- and *Xa21*) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR106. *Theor. Appl. Genet.* 102:1011-1015.
14. Stakman, E. C., F. J. Piemeisel, and M. N. Levine. 1918. Plasticity of biological forms of *Puccinia graminis*. *Journal of agronomical Research* 15:221-250
 15. Vanderplank, J. E. 1984. *Disease Resistance in Plants*. 2a. Ed. Academic Press Inc., Orlando, San Diego, San Francisco N.Y. Tokyo
 16. Kim, S. G., Kim, K. W., Park, E. W., and Choi, D. 2002. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: A possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. *Phytopathology* 92:1095-1103.

GLOSSARY

Acquired resistance: See "**induced resistance**".

Adult plant resistance: Resistance expressed in the adult plant stage only. This resistance is often governed by race-specific major genes and is therefore not of a more durable nature than seedling/overall resistance.

Aggressiveness: Counterpart of race-non-specific resistance; the ability of the isolate to grow vigorously on or in its host. The more aggressive an isolate of a pathogen is the more of the host tissue it can invade in a given time.

Avirulence: The (near) absence of pathogenicity of a pathogen genotype when it comes into contact with a host genotype that carries a race-specific resistance gene corresponding to an avirulence gene of the pathogen genotype.

Biotroph: A pathogen that obtains its nutrient supply only from living host tissue.

Complete resistance: Resistance, that does not allow growth of the pathogen. There are no signs of disease or of the presence of the pathogen.

Constitutive resistance: Resistance which is present when exposed to the pathogen. Many resistances are induced (see "**induced resistance**") when exposed to a pathogen.

Durable resistance: Resistance that remains effective for long periods when widely exposed to the pathogen under the prevailing growing conditions.

Field resistance: Resistance that is expressed best in the field; it is usually a QR (Quantitative Resistance).

General resistance: It is sometimes used as an equivalent to race-non-specific or horizontal resistance. The term should be avoided as there are forms of resistance that are truly general, being effective to a wide range of pathogens. Phytoalexins belong to this class of resistance.

Generalist: Pathogen that has a wide host range including species from various families.

Horizontal resistance: Equivalent to "**race-non-specific resistance**".

Immunity: Extreme form of resistance; after exposure to a pathogen it is not possible to demonstrate its presence.

Hypersensitivity: Response to infection in which the invaded cells and neighbouring cells die rapidly and the pathogen is prevented to spread further. The result is strongly localized necrosis.

Incomplete resistance: Any resistance that is not complete; there is some growth of the pathogen. Some major gene and all QR can be seen as forms of incomplete resistance.

Induced resistance: Enhancement of resistance of a susceptible plant in response to an extrinsic stimulus, the stimulus being of a biotic or abiotic nature. The enhanced resistance can be localized at the site of the inducing treatment or it can be systemic. The latter commonly indicated with acquired resistance.

Isolate: A population of a micro-organism obtained by isolating it from a host or substrate and establishing it in pure culture.

Major gene resistance: Resistance governed by one or more genes with large effects; large enough to produce a discontinuous character in segregating populations, see qualitative resistance.

Mature tissue resistance: In some plant species only the the young tissue is susceptible to the pathogen, the mature tissue is fully resistant (Apple/*Venturia inaequalis*, Rice/*Magnapothe grisea*)

Minor gene resistance: Resistance governed by genes with small effects; too small to identify the individual genes. It gives a continuous character in segregating populations; see quantitative and polygenic resistance.

Monogenic resistance: Resistance controlled by one gene, usually a major gene; as a minor gene is very hard to discern.

Partial resistance: Equivalent to QR. In crops against biotrophic pathogens (rusts, powdery mildews) it means QR associated with susceptible infection types.

Pathogenicity: The ability of the pathogen to grow and to develop on or in its host and at the costs of the host.

Pathotype: Equivalent to "Race".

Polygenic resistance: Equivalent to minor genes. The effect of the minor genes together can be large as the small effects are additive.

Qualitative resistance: Host genotypes show a discontinuous range of variation in resistance. Susceptible and resistant genotypes can be easily discerned; see major gene resistance.

Quantitative resistance (QR): Host genotypes show a continuous range of variation in resistance from extremely susceptible to fairly resistant; see minor gene and polygenic resistance.

Race: All genotypes of a pathogen that carry the same set of avirulence genes.

Race-non-specific or pathotype-non-specific resistance: Resistance effective to all genotypes of the pathogen. There are no cultivar x race interactions.

Race-specific or pathotype-specific resistance: Resistance effective to certain races or pathotypes of the pathogen, but not to others. There are cultivar x race interactions.

Resistance: Mechanisms, which interfere with and so reduce the growth and/or development of the parasite.

Seedling or overall resistance: Resistance expressed in all stages of the plant. Selection for it is often done in the seedling stage. It is often controlled by race-specific major genes and considered to be non-durable.

Specialist: Pathogen that has a narrow host range, one species only or species of one genus or of a few related genera.

Stable resistance: Sometimes wrongly used as an equivalent for durable resistance. The right meaning is: Resistance that is expressed under a wide range of growing conditions. Various resistance genes in cereals to rusts are temperature sensitive, they come to expression at certain temperatures but not at others. This can be seen as unstable resistance.

Strain: It is vaguely used to indicate a group of similar genotypes within a pathogen species.

Vertical resistance: Equivalent to "race-specific resistance".

Virulence: Counterpart of race-specific resistance; the ability of a race to be pathogenic on certain host genotypes only. It lacks the functional avirulence genes corresponding with the resistance genes in these host genotypes.