

LA BIOQUIMICA DE LA RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS, UN DESAFIO PARA LA BIOTECNOLOGIA Y LA FITOPATOLOGIA

RALPH L. NICHOLSON

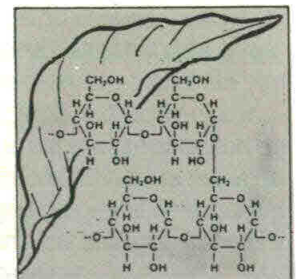
Profesor del Departamento de Botánica y Patología Vegetal. Purdue University. West Lafayette, Indiana, U.S.A.

Una de las áreas más desafiantes de la biología vegetal es la de cómo hacer uso de la base de conocimientos rápidamente cambiante proporcionada por la biotecnología. De primordial importancia en esta búsqueda para entender los mecanismos por medio de los cuales ocurren los procesos de la vida es el uso de la biotecnología para entender y controlar los procesos que soportan las bases de las interacciones entre las plantas y los patógenos que causan varias enfermedades. Sin embargo, existe un desafío aún mayor que debe ser enfrentado si nosotros en la agricultura queremos beneficiarnos totalmente de esta nueva tecnología.

Los agricultores de todo el mundo han hecho gran énfasis en los aspectos aplicados de los problemas relacionados con la obtención de cosechas óptimas y con la solución de problemas reales asociados con varias prácticas agronómicas, independientemente del cultivo en cuestión. A corto plazo esto ha resultado en tremendos beneficios que han incrementado la producción, disminuído los costos de producción y proporcionado alimentos y fibras que han sido la base que se ha probado adecuada para el mantenimiento de nuestra población mundial siempre en expansión.

Hoy, sin embargo, nuestras necesidades son diferentes. Nosotros nos encontramos teniendo que enfrentar problemas de preocupación ambiental que excluyen el constante y a menudo no controlado caso de productos para soportar la agricultura, tales como plaguicidas y altos niveles de fertilizantes. Más aún, encontramos que muchas de las prácticas agrícolas que hemos desarrollado en el pasado ahora presentan problemas de una mayor preocupación para continuar la producción de cultivos en nuestra continuamente decreciente base de tierra arable. En breve nosotros estamos enfrentados con la necesidad de regresar a las bases de la genética para modificar las plantas para nuestro beneficio y alterar nuestros métodos de prácticas agronómicas para resolver problemas de preocupación ambiental.

Como profesor, yo veo estos temas como fundamentales para el éxito continuo de nuestra agricultura para proporcionar los productos requeridos para soportar una vida de alta calidad para los más afortunados y para mejorar la calidad de vida para aquellos hombres, mujeres y niños alrededor del mundo que viven en niveles de pobreza.



Parece que el problema fundamental es que nosotros en la agricultura estamos divididos en dos grupos, aquellos que tienen que ver con problemas aplicados y aquellos que se relacionan con los problemas básicos de entendimiento de los sistemas agrícolas. Esta división es tan grande que en las universidades y en los organismos de investigación, nosotros nos hemos dividido en disciplinas aplicadas y de investigación básica en donde los individuos típicamente fallan en comunicarse entre ellos. Esto es lo que en mi sentir es el problema que debemos superar si es que vamos a usar los beneficios potenciales de la moderna biotecnología. Investigadores básicos y aplicados deben empezar a introducir y a entender las disciplinas de cada uno de los otros si vamos a solucionar los problemas que actualmente enfrenta la producción agrícola. Este cambio de actitud debe empezar en el salón de clase en donde los estudiantes pueden ser entrenados para entender la investigación básica y aplicada y usar las dos para contestar las preguntas pertinentes.

Yo quiero presentar tres ejemplos tomados del trabajo en mi laboratorio acerca de cómo una investigación aplicada puede interactuar para resolver problemas reales. Nosotros trabajamos con los cultivos de maíz y sorgo, pero los ejemplos pueden extenderse fácilmente a la producción de cualquier otro cultivo.

La planta de maíz posee un destacado mecanismo por medio del cual ella puede reducir el nivel de enfermedad causada por varios hongos. Cuando un hongo patógeno entra en contacto con la superficie foliar del maíz, germina e intenta penetrar a las células de la hoja en donde el hongo puede obtener los nutrimentos para su crecimiento y reproducción. Esto, desde luego resulta en enfermedad y finalmente en la destrucción de la hoja. El doctor Gabriel Cadena Gómez ha demostrado que la hoja tiene un sistema por medio del cual potencialmente se protege de hongos invasores. Antes del momento en el cual la penetración realmente ocurre, las células de la hoja de maíz sienten la presencia del hongo y producen un pequeño cuerpo de material denso de la pared celular justo en el sitio en el cual el hongo intenta penetrar. Este material forma una estructura denominada papila. Si la papila se forma lo suficientemente rápido, el hongo no será capaz de entrar al tejido! Usted puede comparar el fenómeno con el hecho de alguien que le cierra a usted la puerta y evita que usted entre a un salón. Si la puerta está asegurada usted no puede entrar, pero si la puerta está abierta o sólo cerrada usted puede entrar fácilmente. El doctor Cadena Gómez demostró que enzimas específicas, conocidas como peroxidasa, están envueltas en la formación de la papila. Lo más importante que él demostró fue que las nuevas enzimas

son producidas durante la formación de la papila. El doctor Cadena Gómez también demostró que la formación de la papila ocurre de una forma no específica, antes de la penetración del hongo y sin consideración de resistencia o susceptibilidad genética de la planta al patógeno.

Ahora bien, cómo puede ser usada esta información básica para dar respuesta al problema real de reducir los daños a la cosecha de maíz producidos por las enfermedades? Nuestra esperanza es la de usar la biología molecular para descubrir los genes que controlan la formación de la papila. Específicamente nosotros debemos encontrar los genes que regulan la velocidad de la formación de la papila. Esto será exitoso únicamente si unimos esfuerzos con investigadores aplicados y fitomejoradores para encontrar cultivares de maíz que posean una gran habilidad de formar papilas muy rápidamente. Nosotros podemos usar la enzima peroxidasa encontrada por el doctor Cadena Gómez para aislar los genes y otros productos necesarios para la rápida formación de la papila y entonces, trabajando con especialistas en cultivo de tejidos y biólogos moleculares podemos insertar esos genes en plantas de maíz de importancia económica. El mecanismo es muy simple si las papilas son hechas para que se formen lo suficientemente rápido como para que entonces los hongos no puedan penetrar y causar enfermedad.

En otro sistema, también usando maíz, hemos estado investigando los mecanismos bioquímicos que la planta usa para expresar resistencia a los hongos. Hemos encontrado que la planta produce materiales tóxicos conocidos como fenoles y esos tóxicos pueden inhibir el crecimiento y desarrollo fungoso. El resultado neto es la reducción de la cantidad de enfermedad. Lo importante del caso es que todas las plantas de maíz poseen los genes que aseguran la habilidad de sintetizar los fenoles tóxicos. Así el problema fundamental es por qué algunas plantas activan esos genes y expresan resistencia a ciertos patógenos mientras otras plantas fallan en hacer ésto y se enferman. Nosotros hemos encontrado que dos enzimas de la planta, controlan la habilidad de sintetizar los fenoles tóxicos, una de ellas, la fenilalanina (PAL) es regulada por la luz y controla la síntesis inicial de los compuestos tóxicos. La segunda enzima, la coagulasa actúa en la distribución de los compuestos tóxicos a sitios específicos en la célula en donde se necesitan.

Cómo podemos entonces usar esta información para ventaja nuestra? Para contestar esta pregunta es necesario que entendamos el simple hecho de que las plantas de maíz típicamente se enferman solamente cuando la intensidad lumínica es baja. Así, si podemos

trabajar con biólogos moleculares nosotros deberíamos ser capaces de aislar el gen que controla la síntesis de la enzima regulada por la luz. Si podemos alterar este gen para hacerlo responder aún a bajos niveles de intensidad lumínica nosotros podemos asegurar que la enzima PAL será expresada aún bajo condiciones ambientales tales como cubrimiento denso de nubes en donde poca luz es recibida por la planta. Trabajando con fitomejoradores podemos intentar mejorar la resistencia genética del maíz modificando la habilidad de responder rápidamente a la presencia de patógenos fungosos aún bajo condiciones ambientales adversas.

El último ejemplo que yo quiero presentar es uno de aún más grande valor práctico. En muchas partes del mundo hay un problema de malezas significativo causado por una planta llamada pasto Jhonson. El control de esta maleza es muy difícil dado que la planta produce tanto semillas como rizomas subterráneos a partir de los cuales se forman nuevas plantas. Aunque el control químico está disponible, dichos productos son costosos y requieren la rotación con otro cultivo durante el año en que ellos son usados. Por lo tanto, hay poca especificidad para los herbicidas disponibles para matar en una forma selectiva las plantas del pasto Jhonson.

En mi laboratorio, hemos descubierto que un hongo que es patógeno al sorgo y al maíz el *Colletotrichum graminicola*, produce un producto químico que hace que las plantas de sorgo sintetizen materiales con actividad específica antifúngica denominados fitoalexinas. Las fitoalexinas matan al hongo. Lo importante es que esos compuestos tóxicos también matan a las plantas de sorgo. Entonces cómo ayudará esto en el control de la maleza pasto Jhonson?. Simplemente la planta de

pasto Jhonson es también una especie de sorgo y nosotros hemos descubierto que ella también produce las fitoalexinas tóxicas. Nosotros hemos demostrado ahora que el químico fungoso también causará que la planta de pasto Jhonson sintetice las fitoalexinas y que como en el caso del sorgo de grano, las fitoalexinas maten a las hojas de la planta de pasto Jhonson. Nosotros estamos trabajando para descubrir las formas de producir y aplicar el químico fungoso con el fin de controlar el crecimiento y la invasión de la maleza pasto Jhonson. Usar esta vía de aplicación biotecnológica al control del pasto Jhonson tiene varias ventajas. Primero, será muy económico. Pero lo más importante, proporcionaría un herbicida natural altamente específico y biodegradable que en vez de matar a la planta, la planta se matará a sí misma!

Muchos otros ejemplos como los anteriores se volverán lugar común en la investigación agrícola en el futuro. Sin embargo, nuestro éxito en desarrollarlos depende de una simple y crítica orientación de la investigación. Investigadores básicos y aplicados deben comunicarse mutuamente sus necesidades y problemas de tal forma que sus herramientas puedan ser usadas con el objetivo de dar respuestas a los problemas reales de la producción de los cultivos.

Lo más importante es que nosotros empezamos ahora a entrenar jóvenes científicos para interactuar con otros cuyas disciplinas parecen muy distantes y no relacionadas con las suyas propias. Solamente de esta manera nuestra gente joven será capaz de usar sus capacidades para responder los tremendos desafíos que la agricultura enfrenta tanto hoy como en el futuro.