

Poscosecha en Yuca:
de la investigación básica a la aplicada

John Beeching
Universidad de Bath
Reino Unido

Tópicos de la presentación

- ¿Qué es la deterioración fisiológica poscosecha (DFP)?
- Impactos económicos y sociales del DFP
- Conocimiento actual sobre el DFP
- Estrategias actuales y potenciales para el control del DFP
- Estrategias para obtener soluciones

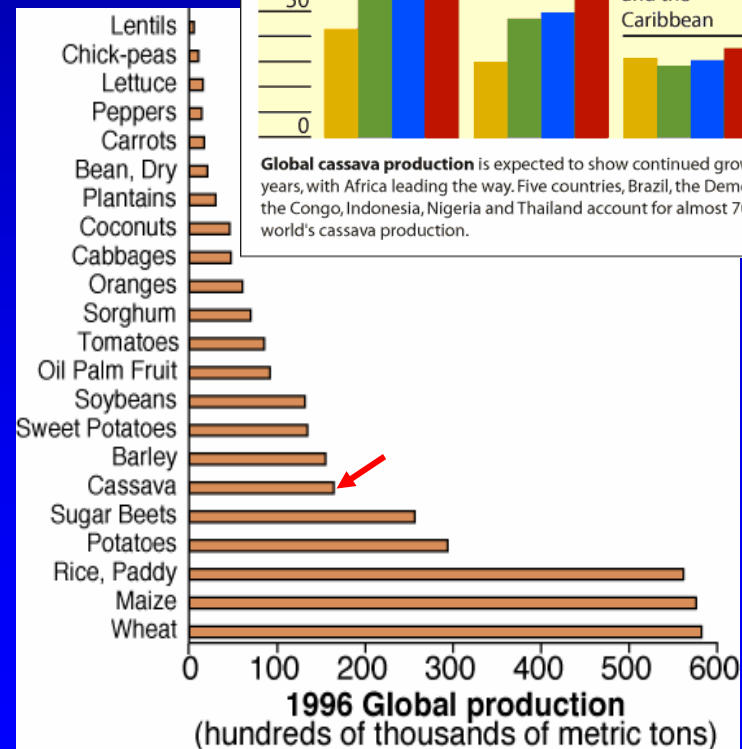
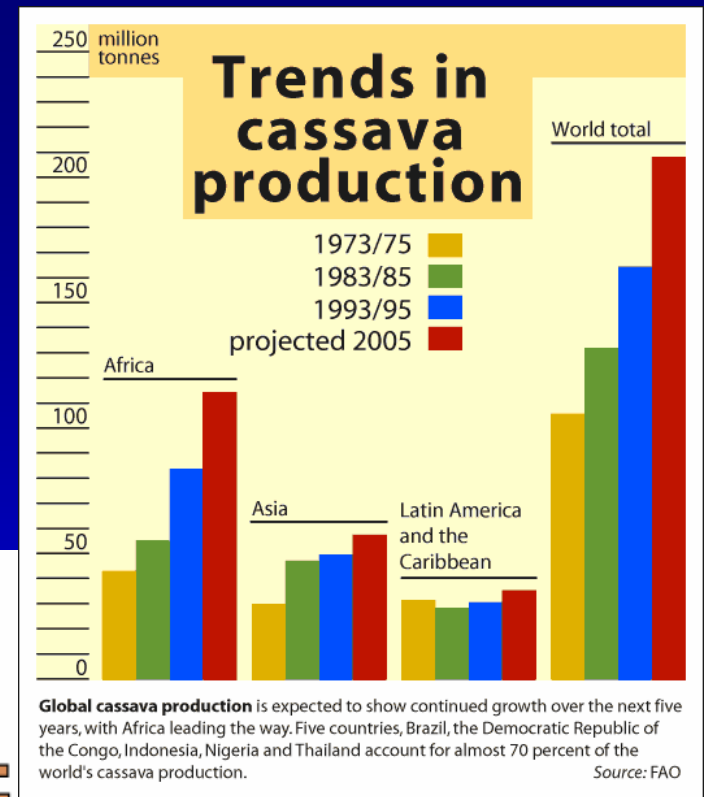
¿Qué es la deterioración fisiológica poscosecha (DFP)?

- Ocurren cambios fisiológicos y bioquímicos en la raíz, que no son causados por microorganismos
- 1 a 4 días después de la cosecha las posibilidades de consumo y mercadeo se reducen
- Por consiguiente, es necesario su rápido consumo y/o procesamiento
- DFP es uno de los mayores limitantes para los productores, procesadores y consumidores de yuca



La importancia de la yuca en el mundo

- Sexta cosecha mundial en términos de producción
- Cosecha básica para más de 500 millones
- Utilizado como comida y procesado en muchos productos
- La FAO estima que la producción mundial va a aumentar



Mann (1997) *Science*, 277: 1038-1043.

Impactos económicos y sociales del DFP

- Desperdicio:
 - 5-25% utilizado como alimentación animal (FAO)
 - Perdidas de 30-60% dependiente del clima y distancias al mercado (Colombia)
- Reducción de precio:
 - 70-90% descuento para raíces después de 3 días de la cosecha (Tanzania)
- Alza de precio de raíces frescas, especialmente en mercados urbanos:
 - Hasta 60% del precio final
 - Consumidores urbanos seleccionan otras fuentes de carbohidratos
- Insumos no-uniformes para los procesadores y la industria:
 - Reduce la calidad y competitividad de los productos de yuca

Controlando el DFP tendría el efecto de:

- Beneficiar a los productores de yuca de pequeña y gran escala
- Beneficiar a consumidores urbanos
- Beneficiar a procesadores de pequeña y gran escala
- Reducir importaciones de carbohidratos alternativos
- Mejorar la competitividad de productos de yuca

Conocimiento actual sobre el DFP

- Proceso activo involucrando cambios de:
 - Expresión de genes
 - Actividad enzimática
 - Biosíntesis de compuestos de bajo peso molecular
- Genes mapeados y utilizados para identificar QTLs
- Expresión de un gen estudiado durante DFP en yuca transgénica
- Genes aislados (ADNc):
 - Pared celular 20
 - Transcripción 6
 - Traducción 7
 - Transducción de señales 6
 - Estrés 5
 - Estrés oxidativo 4
 - Senescencia, MCP 5
 - Defensa 3
 - Metabolismo 7
 - Metabolismo secundario 7
 - Transporte membrana 2
 - Otros 6
 - No identificados 5

DFP muestra similitudes con:

- Mecanismos de defensa a heridas
 - Pero la reparación de heridas es inadecuada
- Mecanismos de defensa a estrés oxidativo
 - Actividad enzimática y de compuestos que modulan especies reactivas de oxígeno
- Mecanismos de senescencia
 - Expresión de genes homólogos a genes asociados a la senescencia

Estrategias actuales y potenciales para el control del DFP

- Tecnológicas
- Fitomejoramiento
- Biotecnología

Estrategias tecnológicas

- Guardar las raíces en el campo hasta que se necesiten
 - Solo para consumo local
 - Reduce la disponibilidad del campo
- Podar dos semanas antes de cosechar
 - Pero cambia la calidad del almidón – no adoptado
- Procesamiento a productos tradicionales o industriales
 - No todos comen yuca procesada
 - Problemas de calidad con procedimientos de gran escala
- Exclusión de oxígeno
 - Bolsas de plástico – no adoptado
 - Cubrimiento con cera – alto costo
- Congelamiento
 - Alto costo

Estrategias de fitomejoramiento

- Utilizado y comprobado en otros cultivos
 - Funciona bien con algunas características en yuca – Ej. rendimiento
- Pero:
 - La alta heterocigosidad de la yuca lo complica
 - DFP es una característica poligénica compleja
 - DFP está correlacionado con un alto contenido de materia seca
 - Factores ambientales complican la medida de diferencias en DFP
- No obstante, loci para características cualitativas (QTLs) y selección asistida con marcadores (MAS) podrían ayudar en el fitomejoramiento

Estrategias biotecnológicas

- Ventajas:
 - Potencial de introducir construcciones genéticas a cualquier variedad
 - Manipulación específica de los genes de interés
 - Éxitos en algunas cosechas importantes y en plantas modelos
- Desventajas:
 - Poca experiencia en yuca
 - Transformación de yuca es compleja, y por el momento, limitada a variedades modelos

Ejemplos

- Existen ejemplos on otros cultivos en que características relacionadas con DFP han sido controladas por medio de intervenciones biotecnológicas
- Estos pueden servir como modelos del tipo de modificación que se podría hacer en yuca
- Y ayudar en identificar los tipos de herramientas que se deberían desarrollar para la yuca

Ejemplo 1: Senescencia de hojas en tabaco



1. Senescencia activa el promotor de GAS (gen asociado con senescencia)
2. Activando el gen de biosíntesis de citoquinina
3. Citoquinina inhibe senescencia
4. Que inhibe la pérdida de hojas de la planta
5. Y desactiva el promotor GAS
6. El efecto total es que no se les caen las hojas a la planta

Ejemplo 2: Maduración de tomate



1. El promotor 35S funciona durante todas las etapas del desarrollo de la planta
2. Y activa el gen poligalacturonasa (PG) anti-sentido
3. Sintetiza ARN PG anti-sentido
4. ARN PG anti-sentido interacciona con el ARN PG sentido en las frutas durante la maduración
5. El complejo de ARN es destruido en el núcleo
6. La enzima poligalacturonasa no es producida en las frutas
7. Las frutas son más resistentes a daños mecánicos

Ejemplo 3: Ennegrecimiento de la papa

Promotor constitutivo 35S

Gen oxidasa polifenólico anti-sentido

1. El promotor 35S funciona durante todas las etapas del desarrollo de la planta
2. Y activa el gen polifenólico (PFO) anti-sentido en los tubérculos
3. Sintetiza ARN PFO anti-sentido
4. ARN PFO anti-sentido interacciona con el ARN PFO sentido
5. El complejo ARN es destruido en el núcleo
6. La enzima PFO no es producida en los tubérculos
7. Los tubérculos de la papa no se ennegrecen

Lecciones de estos ejemplos

- Se puede utilizar promotor X con gen Y, en forma sentido o anti-sentido, para modificar aspectos del desarrollo o respuestas poscosechas de plantas
- Mientras promotores constitutivos tienen sus usos, promotores específicos pueden ser herramientas mas útiles y precisas

Estrategias para obtener soluciones

- Herramientas requeridas:
 - Genes
 - Promotores
 - Transformación
 - Ensayos de campo
 - Colaboración entre laboratorios
 - Legislación

Herramientas requeridas: Genes

- La evaluación de germoplasma de yuca, incluyendo el germoplasma exótico, pueden ayudar en la selección del material
- Identificación de todos los genes involucrados en el DFP – e.j. con “micro-arrays” de ADNc
 - Ventajas secundarias potenciales
 - Marcadores para estudios genómicos
 - Identificación de QTLs
 - Herramientas para fitomejoramiento por medio de MAS
 - Interacción sinérgica con fitomejoramiento/genética

Herramientas requeridas: Promotores

- Es importante la especificidad de órgano, tejido y DFP
- El tiempo de actividad puede ser crítico
- Son necesarios para controlar construcciones sentido y anti-sentido



840 pb del promotor de PAL2 de yuca controlando GUS en yuca transgénica

Herramientas requeridas: Transformación

- Sistema eficiente de modelo para probar construcciones genéticas
 - Sistemas actuales son complejos, alargados y limitados a variedades específicas (Ej. TMS 60444)
 - Hay campo para mejoramientos
 - Hay necesidad de la difusión de experiencia
- Se tiene que extender el sistema a las variedades preferidas de los agricultores y a las variedades mejoradas
- Se necesitan vectores que cumplen con normas de bioseguridad para difusión de yuca mejorada

Herramientas requeridas:

Ensayos de campo

- Se tendrá que probar y evaluar yuca transgénica experimental en el invernadero y campo
- La yuca transgénica seleccionada, necesitaría ensayos de campo extensivos en diversas zonas agro-ecológicas para la confirmación de sus calidades antes de la difusión

Herramientas requeridas:

Colaboración entre laboratorios

- Colaboraciones y vínculos existentes:
 - Bath – biología molecular y bioquímica de DFP
 - CIAT – germoplasma, genómica, genética, mapeo, transformación, ensayos de campo
 - IITA – germoplasma, genética, mapeo, ensayos de campo
 - ILTAB – transformación
 - INIVIT – germoplasma, biotecnología
- Otros?
 - Colombia?

Herramientas requeridas: Legislación

- Implementación de la legislación de bioseguridad apropiada en países de difusión de la yuca mejorada
- Debemos informar y asistir en el proceso de desarrollo de la legislación
- Aprobación de variedades de yuca transgénica

Agradecimientos:

- Bath:
 - Adedapo Gbadegesin
 - Rocío Gómez-Vásquez
 - Yuanhuai Han
 - Hongying Li
 - Kim Reilly
 - María Rodríguez
- CIAT:
 - Hernán Ceballos
 - Diego Cortés
 - Martin Fregene
 - Joe Tohme
- IITA:
 - Alfred Dixon
- ILTAB:
 - Claude Fauquet
 - Nigel Taylor
- Donantes:
 - Colciencias
 - Colfuturo
 - Department for International Development
 - Rockefeller Foundation
 - University of Bath

Alfred Dixon – fitomejorador de yuca, IITA:

- “Controlando el DFP cambiaría la yuca en un cultivo moderno, abriendo todo su potencial para el beneficio del mundo”
- Nuestra meta es de convertir las palabras de Alfred en la realidad
- ¡Muchas gracias!