



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Santa Fe
Estación Experimental Agropecuaria Oliveros

Rendimiento y estabilidad de híbridos de maíz.

Análisis de la interacción híbrido por ambiente de la Red de maíz de primera de INTA EEA Oliveros y sus Agencias. Campaña 2019-20

Ferraguti, F.¹, Magnano, L.¹; Malmantile, A.²; Widmer, T.²; Vita, E.³; Palú, E.³; Prieto G.⁴; Ibarlucea, J.; Capurro J.⁶; Dickie M. J.⁶; Gentili O.⁷; Casasola, E.⁷; Pagani R.⁸; Córdori, A.⁹ y Mendez, J.M.⁹.

¹INTA EEA Oliveros; ²INTA AER Venado Tuerto; ³INTA AER Pago de los Arroyos; ⁴INTA AER Arroyo Seco; ⁵INTA AER Roldán; ⁶INTA AER Cañada de Gómez; ⁷INTA AER Casilda; ⁸INTA AER Las Rosas; ⁹INTA AER Totoras.

I. **Introducción**

En las redes de ensayo es común observar que la posición que un híbrido ocupa en el ranking de rendimientos varía en cada sitio de evaluación. Esta respuesta diferencial se conoce como interacción genotipo (híbrido) x ambiente y puede obedecer a diferencias en la tolerancia a un estrés (hídrico, térmico, baja radiación, plagas, enfermedades, etc.), o diferencias entre los híbridos para capturar radiación, agua, nutrientes y la eficiencia con la que estos recursos son convertidos posteriormente en rendimiento en grano. A su vez, el concepto de ambiente en este análisis no se refiere únicamente a lo climático, sino que engloba además a las características del lote y las prácticas de manejo.

La Red de ensayos comparativos del INTA Oliveros tiene como objetivos identificar los híbridos de maíz con mayor potencial de rendimiento y que mejor se adaptan al sur de Santa Fe. Para ello, durante la Campaña 2019/20 se evaluó un set de híbridos comerciales (**Tabla I**) en 11 ambientes representativos del Centro Sur de Santa Fe.

Tabla I. Set de híbridos evaluados en todos los ambientes de la red

Híbrido	Abreviatura	Empresa
ACA 473 VT3P	ACA473	ACA
ACA 480 VT3P	ACA480	
ACA 481 VT3P	ACA481	
ACA 484 VT3PRO	ACA 235	
AX 7761 VT3P	AX7761	Nidera
AX 7784 VT3P	AX7784	
LT 721 VT3P	LT721	La Tijereta
MS 7123 PW	MS7123	Macroseed
SRM 6620 MGRR	SR6620	Limagrain
SYN 897 VIP3	SYN897	Syngenta
SYN 979 VIP3	SYN979	
T 767 VIP3	T767	Tobin

II. Rendimiento

El rendimiento promedio de los híbridos evaluados fue alto comparado con campañas anteriores y tuvo un rango de 11157 a 12394 Kg ha⁻¹ (**Fig. 1**). No obstante, en cuanto a los ambientes explorados, el rango de rendimientos fue notablemente más amplio (5885 a 14484 Kg ha⁻¹) (**Fig. 2**), determinado por diferencias marcadas en las localidades más cercanas a la costa del Río Paraná, donde hubo una fuerte señal de estrés hídrico en la primera mitad del periodo crítico (15 días previos a la floración femenina).

Los ambientes del oeste santafesino, por el contrario, tuvieron mejor oferta hídrica y en algunas localidades la oferta de una napa cercana permitió superar balances hídricos temporalmente negativos.

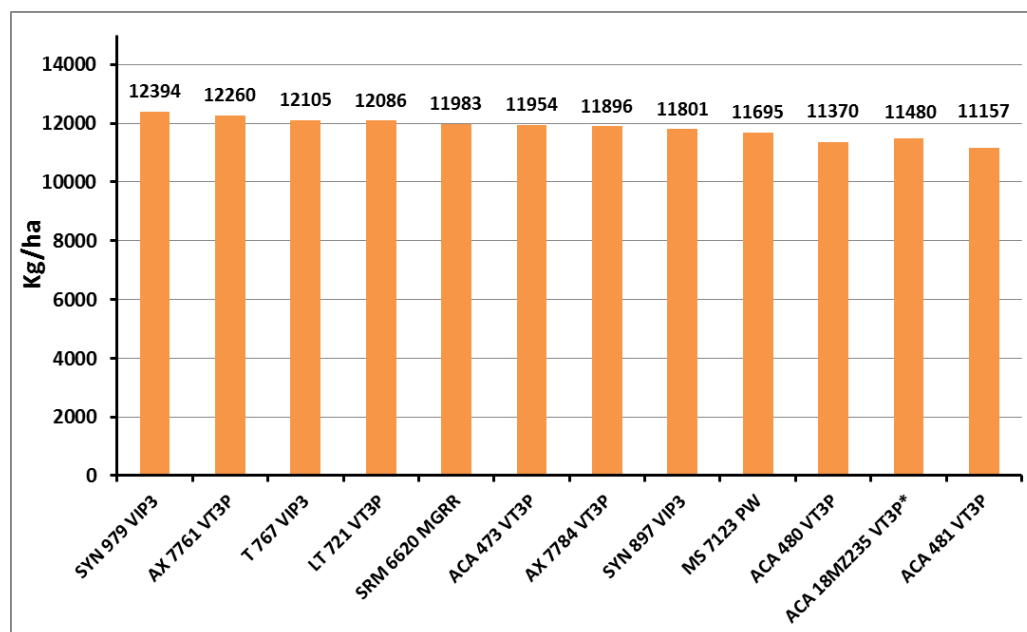


Figura 1. Rendimiento de híbridos evaluados en la Red de maíz de primera. Campaña 2019-20

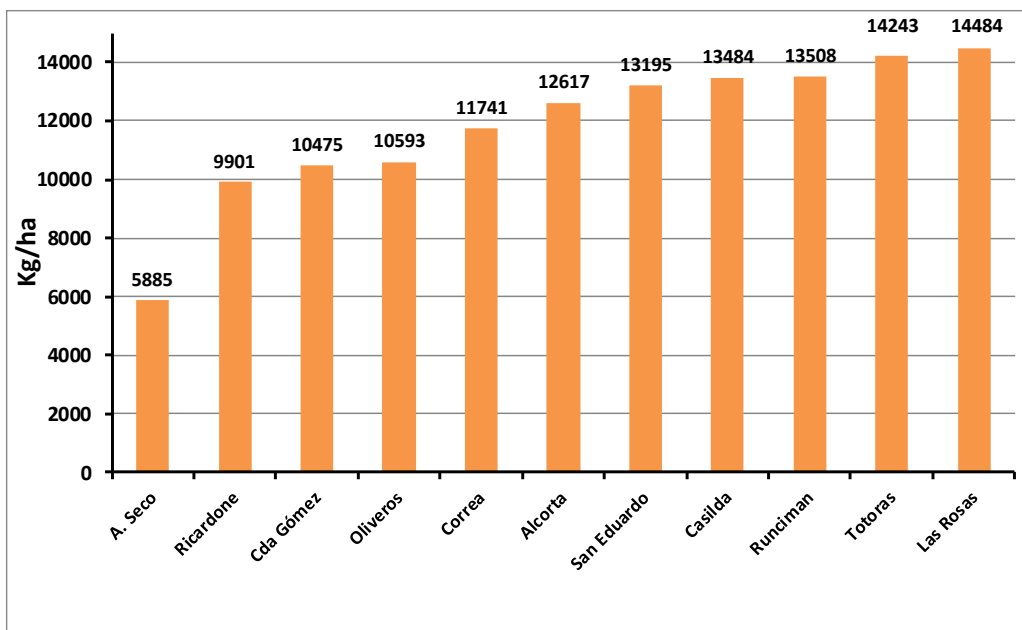


Figura 2. Rendimiento de ambientes evaluados en la Red de maíz de primera. Campaña 2019-20

III. Análisis de la Interacción híbrido x ambiente

Al analizar los componentes de variancia, se observó que el 4.2% de la variabilidad total del ensayo es explicada por el híbrido y que la interacción híbrido x ambiente explicó un 6.8%. La mayor parte de la variabilidad de los datos estuvo explicada por el ambiente (84.1%) (Fig.3).

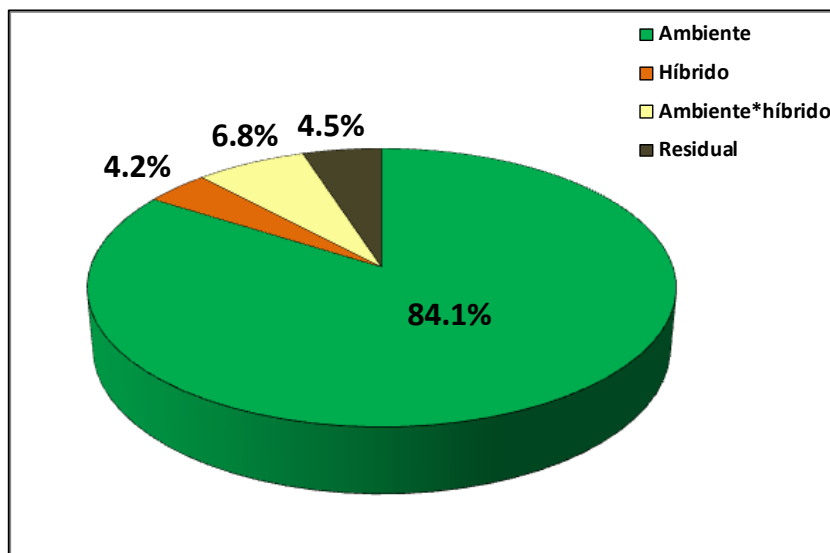


Figura 3. Contribución de los componentes de la variancia al rendimiento promedio

A continuación se presenta el análisis de la interacción híbrido x ambiente mediante 2 metodologías: la propuesta por Shukla, 1972, adaptada por Masiero & Castellano, 1991, y la metodología conocida como GGE plot propuesta por Yan et al., 2000.

III.i - Análisis de estabilidad mediante el método de Shukla

En el gráfico de Shukla (figuras 4 y 5) se representan los promedios de rendimiento de los híbridos en función de un test de estabilidad. La línea horizontal que corta al eje de rendimiento representa la media de los híbridos a través de todos los sitios (12351 kg.ha⁻¹). Las líneas verticales que cortan al eje test de estabilidad, representan los valores críticos al 5% y 1% mencionando dichas líneas de izquierda a derecha. Cuando los híbridos se encuentran a la derecha de estos valores se dice que resultaron ser inestables o, dicho de otra manera, manifestaron mayor interacción con el ambiente. Aunque a priori, un híbrido que presenta inestabilidad pareciera no ser la opción adecuada, esto no es necesariamente así. Si es inestable y de alto rendimiento, es decir que se encuentra en el cuadrante superior derecho, es un híbrido de alto potencial siempre que se lo utilice en el ambiente adecuado. La caracterización del ambiente es crucial para aprovechar el potencial de estos genotipos.

Los híbridos que se encuentran en el cuadrante superior izquierdo resultan ser de alto rendimiento y estables, es decir que presentan poca interacción con el ambiente. De manera análoga los híbridos en el cuadrante inferior izquierdo y derecho, son los que expresan rendimientos inferiores a la media general y resultan ser estables e inestables respectivamente.

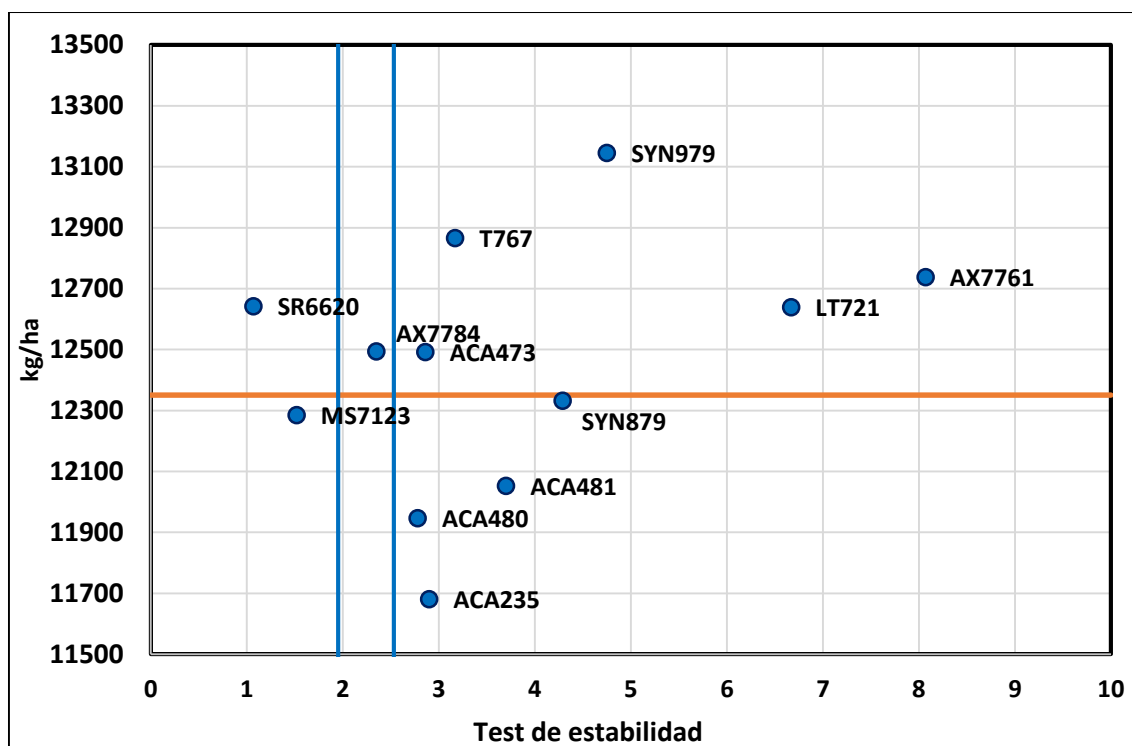


Figura 4. Gráfico de Shukla. Estabilidad de híbridos de maíz de primera. Campaña 2019-20

A partir del gráfico de estabilidad de híbridos (Fig. 4), se observa que SYN979 fue el híbrido que alcanzó mayor rendimiento medio (13146 kg.ha⁻¹). El mismo muestra alta interacción con el ambiente. Otros híbridos de alto rendimiento que se presentan como inestables son T767 (12866 kg.ha⁻¹), ACA473 (12492 kg.ha⁻¹), LT721 (12639 kg.ha⁻¹) y AX7761 (12737 kg.ha⁻¹) siendo los últimos dos híbridos mencionados los que presentan mayor interacción con el ambiente. Por su parte el híbrido SR6620 resulta estable y de alto rendimiento (12643 kg.ha⁻¹).

Como se indicó anteriormente, el concepto de ambiente incluye factores edafoclimáticos y de manejo. Si bien para identificar los ambientes explorados se refiere a la localidad donde se implantó el ensayo, esto no implica que un híbrido con buena performance en una localidad repita el mismo resultado al año

siguiente. La variación interanual de los factores climáticos y la incidencia de prácticas de manejo pueden variar drásticamente la oferta ambiental.

En el gráfico de estabilidad de la **Fig.5** se observa que Las Rosas (14647 kg.ha⁻¹), Totoras (14243 kg.ha⁻¹) y Runciman (13508 kg.ha⁻¹) son ambientes que se presentan como estables (nivel de significación 1%) y con mayor rendimiento. Casilda (13484 kg.ha⁻¹) tuvo un rendimiento medio similar a Runciman pero mostró ser levemente más inestable. San Eduardo también se posiciona como un ambiente de alto rendimiento medio (13291 kg.ha⁻¹) pero presenta una alta interacción. Esto significa que es necesario ser más cuidadoso con el híbrido a elegir en esta zona, ya que hay mayor penalidad por no elegir adecuadamente el híbrido.

Por su parte, Ricardone tuvo un bajo rendimiento medio (9902 kg.ha⁻¹) y se encuentra junto con Correa (11831 kg.ha⁻¹) y Cañada de Gómez (10540 kg.ha⁻¹) dentro del grupo de las localidades menos estables y con un rendimiento medio inferior a la media general. Oliveros también tuvo un rendimiento medio inferior al promedio (10400 kg.ha⁻¹) pero se ubicó entre las localidades estables (nivel de significación 1%).

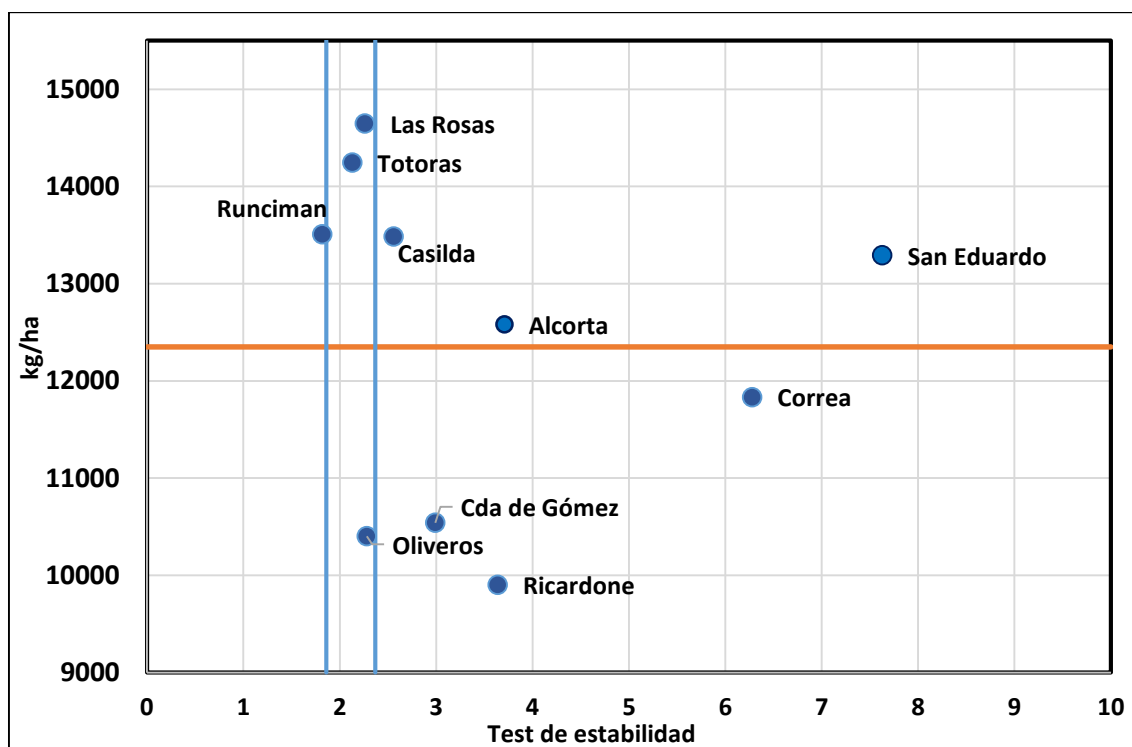


Fig. 5. Gráfico de Shukla. Estabilidad de Ambientes de maíz de primera. Campaña 2019-20

III.ii Gráfico GGE- Quién ganó dónde

El gráfico GGE (**Fig.6**) se utiliza específicamente para analizar la relación del híbrido y la interacción híbrido x ambiente sin tener el peso de la variabilidad producida específicamente por el ambiente. Es un biplot construido a partir de dos ejes que representan la mayor parte de la variabilidad (Factor 1 y 2) y permite identificar mega ambientes y determinar qué híbridos se desempeñan mejor en cada mega ambiente.

En la **Fig. 6** se observa un polígono (línea punteada azul). Los híbridos que se encuentran en los vértices del polígono son aquellos que más contribuyeron a la interacción híbrido x ambiente, es decir son los híbridos de comportamiento más extremo. Los mega ambientes se determinan a partir de líneas perpendiculares a los lados del polígono (líneas punteadas rojas). Los híbridos que se encuentran en el

vértice del polígono son los que mejor se desempeñaron en los ambientes contenidos en el respectivo mega ambiente.

Se reconocen dos mega ambientes (**Fig. 6**), uno donde se destacó el híbrido SYN979 y está formado Correa, Las Rosas, Alcorta, Totoras, Runciman y Casilda. El otro mega ambiente está formado por Ricardone, Cañada de Gómez, San Eduardo y Oliveros donde el híbrido AX7761 logró altos rendimientos (**Fig. 1 y 2**).

Los vectores (líneas verdes) que tienen un ángulo estrecho entre sí implican ambientes similares, mientras que un ángulo más obtuso indica diferencias significativas entre ambientes. La longitud de los vectores de cada ambiente indica la variabilidad presente en el mismo. Cuanto mayor es la longitud del vector, más variable resulta dicho ambiente y por ende hay una mayor diferenciación de los híbridos (Yan & Tinker, 2006). Los vectores que se alejan más del origen son aquellos que se vieron más favorecidos por los híbridos del vértice que determina el mega ambiente. En el primer mega ambiente se destaca el alto rendimiento del híbrido SYN979 en Correa y en el segundo el buen desempeño de AX7761 en San Eduardo. Puede resaltarse en este gráfico comportamientos similares entre Las Rosas y Correa para un mega ambiente y de Ricardone y Cañada de Gómez en otro.

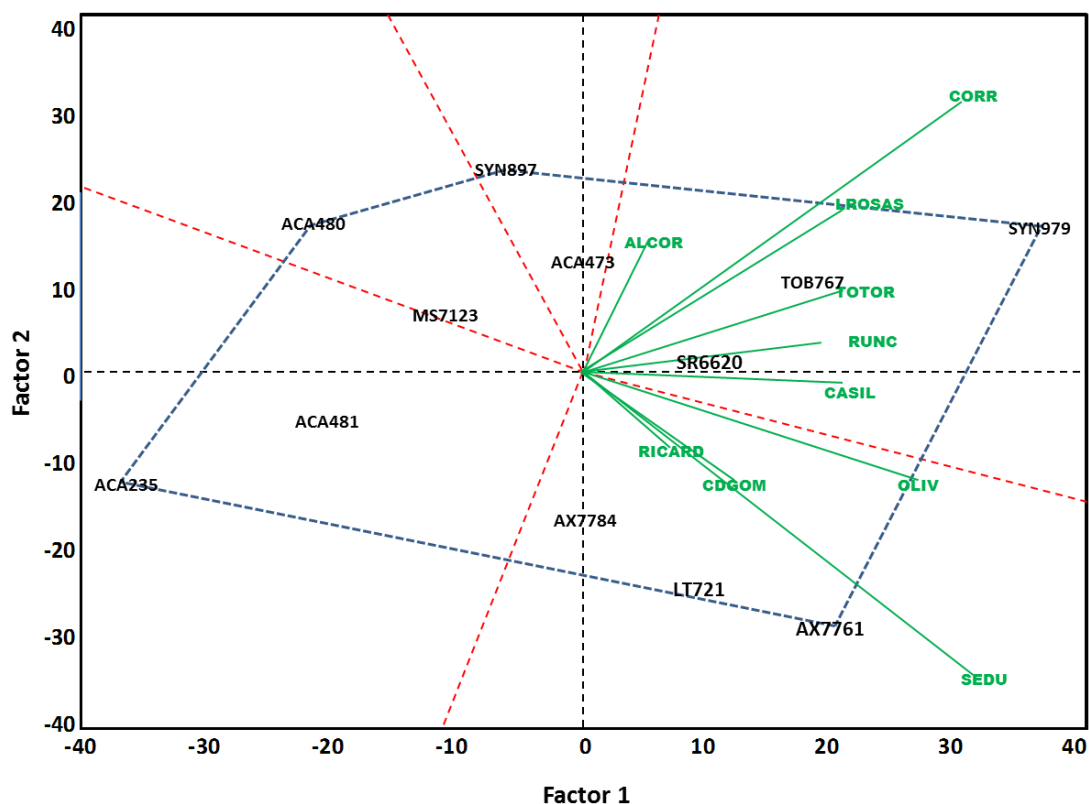


Fig. 4. Gráfico de GGE plot – Quién ganó donde. Red de maíz de primera. Campaña 2019-20

Bibliografía

Masiero, B. y Castellano, S.; 1991. Programa para el análisis de la interacción genotipo-ambiente usando el procedimiento IML de SAS. Actas I Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística. Valparaíso, Chile. 1:47-54.

Shukla, G.K., 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype–environmental components of variability. *Heredity* 29, 237–245.

Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavics, Z., 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40, 597–605.

Yan, W., y N.A.Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86:623-645.