

Identificación de genotipos de trigo para zonas semiáridas del área tradicional de Bolivia

Gonzalo Quispe, Roberto Butrón, Félix Marza; Félix Quispe,
Benjamín Huallpa, Gilberto Gutiérrez

gonzalo24052011@hotmail.com

Programa Nacional de Trigo, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF),
Av. Blanco Galindo km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia.

Resumen

Con la finalidad de seleccionar e identificar genotipos de alto rendimiento y estables en amplio rango de ambientes, se realizó la introducción de germoplasma del CIMMYT del vivero 20th SAWYT durante la gestión 2012, este material genético fue evaluado en 20 localidades del área tradicional por el Programa Nacional de Trigo durante un periodo de 3 años (2012-2015). Se registraron alrededor de 20 variables entre cualitativas y cuantitativas que permitieron conocer los atributos de cada línea. El análisis estadístico se llevó aplicando métodos univariados y multivariados específicamente GGEBiplot (Yan *et al.*, 2002), que tiene la habilidad de agrupar las localidades en mega ambientes y de mostrar el patrón de comportamiento de los mejores cultivares para cada localidad. Se identificaron para el segundo año 15 líneas que expresaron superioridad en rendimiento medio de grano en relación a testigo Tepoca T89 a lo largo de las 15 localidades, entre ellas: L311, L333, L327, L347, L313, L329, L339, L321, L331, L307, L315, L324, L322 y L334. Posteriormente en la evaluación de los 15 seleccionados durante la campaña agrícola 2014-2015 tres líneas del total, mostraron un rendimiento superior en ambientes de baja y alta productividad de las 12 localidades. La L313 tiene una amplia estabilidad y rendimientos altos y esta seguida por la L327 L315 y L333 que mostraron un comportamiento favorable en zonas de altura donde el cultivo de trigo es muy restringido por las condiciones ambientales.

Palabras Claves: genotipo ideal, cultivar vértice e interacción genotipo ambiente

Abstract

In order to select and identify staple genotypes with high performance in a wide range of environments, the 20 SAWYT nursery was introduced from CIMMYT. These lines were studied in 20 locations in the traditional area by the National Wheat Program for a period of three years (2012-2015). About 20 variables between qualitative and quantitative were registered which allowed to know the attributes of each line. The univariate and multivariate method of GGEBiplot was applied (Yan *et al.*, 2002). The last one has the ability to group locations and to show the pattern of behavior of the best cultivars for each environment. During the second year of evaluation, among the 15 lines, the following ones expressed a superiority in grain yield to the check Tepoca T89, such as: L311, L333, L327, L347, L313, L329, L339, L321, L331, L307, L315, L324, L322 and L334. For the 15 evaluated lines in 2014-2015, three of them showed superior performance in environments of low and high productivity. The L313 has an outstanding stability and high yields, followed by the L327 and L315 which showed a favorable trend in areas where wheat farming is restricted by environmental conditions.

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum*, L.) es una especie anual que se cultiva bajo condiciones semiáridas y bajo riego, en nuestro país se constituye en la principal fuente de energía de la dieta alimentaria. Su cultivo se diversifica desde pequeñas áreas en el altiplano hasta extensas áreas tropicales (Herbas, 2008). INE (2011), indica que en Bolivia más del 80 % de la superficie cultivada es

a secano con rendimientos que oscilan entre 0.9 a 1.6 t*ha⁻¹ y la producción solamente satisface el 30% de la demanda nacional (INIAF, 2012). Este patrón de producción puede ser modificado priorizando el mejoramiento de trigo para dichos ambiente en el área tradicional y tropical con la generación de variedades de alto rendimiento y amplio rango de adaptación (Herbas, 2008).

Es fundamental evaluar los cultivares en ambientes múltiples para determinar su estabilidad fenotípica y su interacción con el medio ambiente, los mismos pueden ser detectados con herramientas estadísticas multivariadas en los programas de fitomejoramiento, los cuales pretenden desarrollar variedades estables en su rendimiento, carácter que es de interés para los productores cuando adoptan cultivares de reciente liberación (Condon *et al.*, 2004). En la identificación y selección de cultivares estables varios modelos matemáticos han sido desarrollados y las más utilizadas son modelos univariados que usan la regresión lineal (Eberhart y Russell, 1966) y multivariados como el GGEbiplot (Yan *et al.*, 2000). Técnica que es asistida por gráficos que visualizan el patrón de comportamiento de los genotipos respecto a la discriminación y representatividad de los ambientes en evaluación (Rodríguez *et al.* 2002).

El Programa Nacional de Trigo del INIAF, realizó la introducción de 50 líneas de trigo harinero entre ellos un testigo del vivero 20 SAWYT del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). El mismo fue evaluado en la Red Nacional de Ensayos distribuidos en los nichos trigueros del área tradicional y parte de la región tropical.

El objetivo del presente trabajo fue identificar genotipos de trigo de alto rendimiento y amplio rango de adaptación de 50 líneas avanzadas del vivero 20th SAWYT introducidas del CIM-

MYT evaluadas en 22 localidades del área tradicional de Bolivia durante las gestiones agrícolas 2012 a 2015.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en 15 localidades tradicionales de producción de trigo durante tres campañas agrícolas 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015 (tabla 1). El material genético consta de 50 líneas avanzadas del vivero 20thSAWYT (Ensayo de rendimiento para zonas semiáridas) que fue introducido del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La siembra inicialmente fue establecida en un diseño experimental alfa látice (Patterson y Williams, 1976). Posteriormente en la siguiente campaña, 15 líneas élites fueron seleccionadas con características de alto potencial de rendimiento, con amplio rango de adaptación y además tolerantes a factores adversos bióticos y abióticos presentes en dichos ambientes. Estas fueron establecidas en diseño de bloques completamente al azar con tres réplicas. Para ambas campañas el testigo fue la variedad Tepoca T89 (L301). La densidad de siembra fue de 100 kg*ha⁻¹, sembrados en surcos de 4 metros de ancho y 25 cm entre surcos. Se aplicó 100 kg de fertilizante compuesto de 50 kg de 46-00-00 y 50 kg 18-46-00. Las malezas de hoja ancha se controlaron con herbicidas a base de Clodinafop (Topik) y malezas de hoja angosta con Metsulfuron-metil (Ally).

Tabla 1. Localidades del área tradicional y área tropical donde se realizaron ensayos de rendimiento de trigo harinero, en las gestiones agrícolas 2012 a 2015.

Id	Departamento	Localidad	Años de prueba (ensayo)		
			2012-2013	2013-2014	2014-2015
1	Cochabamba	E. E. CNPSH	*	*	
2	Tarija	Carachimayo		*	
3	Cochabamba	Chullpa Chullpa bajo		*	
4	Chuquisaca	Incahuasi		*	*
5	Santa Cruz	Quirusillas	*	*	
6	Potosí	Ravelo		*	
7	Chuquisaca	Redención		*	*
8	Potosí	Rumi Wiñasca		*	
9	Cochabamba	E. E. Tarata		*	*
10	Cochabamba	Uyaxtipunta		*	
11	Potosí	Yamparaez		*	*
12	Tarija	Yesera Norte		*	
13	Cochabamba	Yuraj Molino		*	
14	Potosí	Zudáñez		*	*
15	Cochabamba	Collpana			*
16	Cochabamba	E.E.San Benito		*	*
18	Cochabamba	Totora			*
19	Potosí	Arapampa			*
20	Cochabamba	Arani			*
21	Oruro	E.E. Condoriri			*
22	La Paz	E.E. Kallutaca			*

Para la selección e identificación de cultivares estables y superiores en rendimiento de grano, se realizó el análisis con métodos univariados y multivariados específicamente análisis de componentes principales, a través de gráficos de doble entrada para agrupar las localidades en mega ambientes y de mostrar el patrón de comportamiento de los mejores cultivares para cada localidad y los que tienen adaptabilidad general y específica (Yan et al., 2002).

Resultados y discusión

En la figura 1 se presenta el gráfico GGEBiplot correspondiente a la campaña agrícola (2013-2014) que ilustra los dos pri-

meros ejes del componente principal (PC1 y PC2) que explica el 34.17% de la varianza y se puede observar a los cultivares vértices que forma un polígono cuyo comportamiento refleja la expresión máxima en rendimiento en dicho sector y son altamente sensibles a cambios ambientales entre ellos están los genotipos L307, 313, 311 y 315, L328. También se identificó cuatro mega ambientes: el primero agrupa a las localidades de Yesera Norte, Uyaxtipunta y Carachimayo, el segundo está conformado por Zudáñez, Chullpa Chullpa Bajo, el tercero por Incahuasi, Quirusillas, Ravelo, Yuraj Molino y Sipe Sipe y finalmente el cuarto compuesto por Redención y Yamparaez. Además indicar las líneas L328, L319, L302 y L340 tienen rendimientos por debajo del rendimiento promedio.

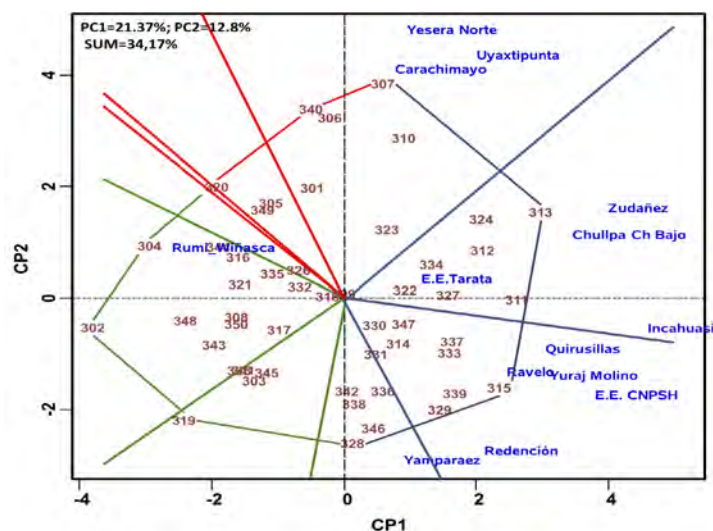


Figura 1. Gráfico GGEbiplot para rendimiento de grano de 50 líneas avanzadas de trigo del vivero 20 SAWYT evaluados en 15 ambientes trigueros de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014.

La figura 2 muestra el genotipo ideal, que contempla cultivares de alto potencial de rendimiento en las 15 localidades y además su estabilidad, entre ellos se encuentra la L313, L311, L312, L324 y L327 siendo superiores a otros y los genotipos L302, L304 y L348 tienen rendimientos bajos. También se pueden identificar genotipos que tienen adaptación específica y estabilidad muy baja entre ellos están las líneas L307, L328, L346, L329 y L349.

El comportamiento (figura 3) de los cultivares élites en la campaña agrícola 2014-2015 respecto a las 12 localidades se visualiza las líneas L347, L313, L327, L315, L301, L334 y L307 están ubicados en los vértices unidos mediante líneas rectas que conforman el polígono y los genotipos tienen alta sensibilidad a los cambios ambientales. El genotipo que tiene más proyección en términos de superioridad en rendimiento en la mayoría de las localidades es la L313, seguida de la L327, este patrón de comportamiento se debe probablemente a su ciclo de maduración precoz en zonas de altura y buen llenado de grano.

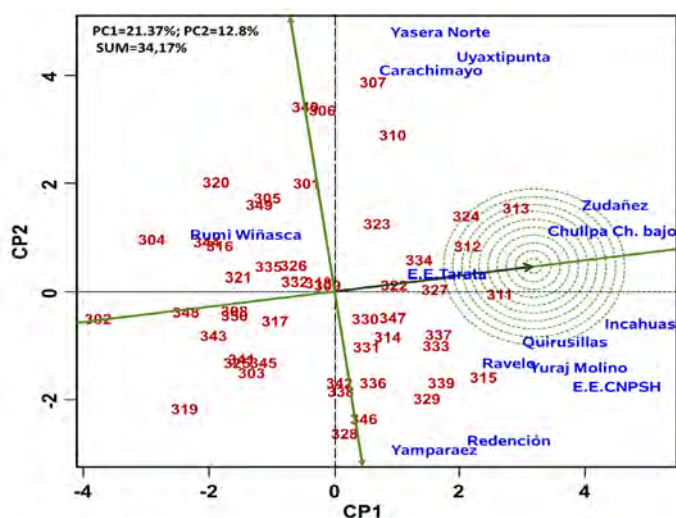


Figura 2. Genotipo ideal entre las 50 líneas avanzadas de trigo harinero evaluado en 15 ambientes trigueros de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014.

En términos de estabilidad: la L313 tiene adaptabilidad general seguida de la L327 ambas están no muy alejadas de la recta entre el ambiente promedio y el origen del biplot, y genotipos

que tienen mayor proyección al eje fueron la L331 y la L347 ambas son inestables. Además los megambientes tienen una clara connotación en conformar grupos definidos como ser: el primero

conformadas de Condoriri, Redención, Collpana, Arani y Kallutaca y el segundo por San Benito, Totorá, Incahuasi y Zudáñez. Sin embargo las localidades de Arampampa y Tarata tienen ren-

dimientos promedio por debajo de la media y están opuestos a los grupos descritos, esto se atribuye probablemente a factores ambientales no favorables.

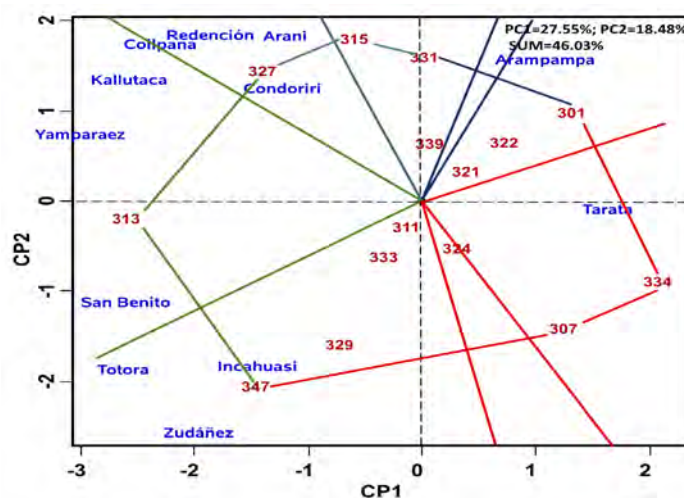


Figura 3. GGEBiplot para rendimiento de grano de 15 líneas élités de trigo harinero evaluado en 12 ambientes trigueros de Bolivia 2014-2015.

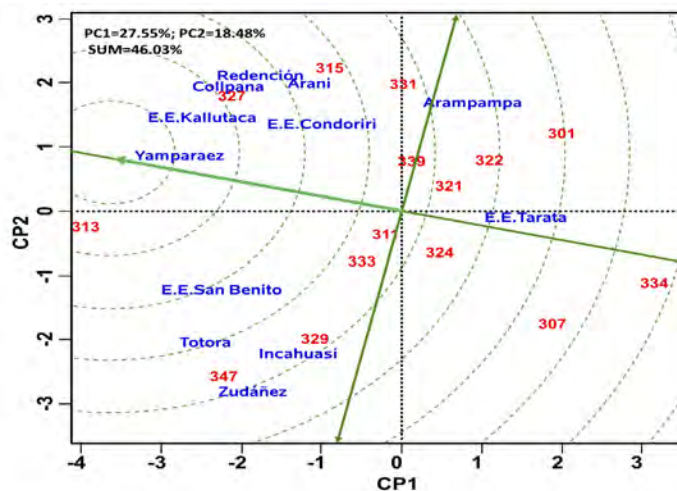


Figura 4. Genotipo ideal entre las 50 líneas élités de trigo harinero, evaluados en 15 ambientes trigueros de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014.

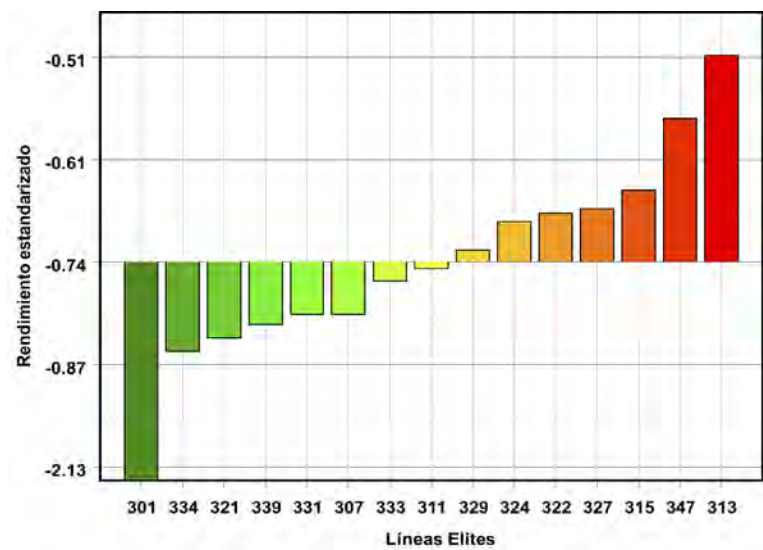


Figura 5. Ranking de rendimiento estandarizado de 15 líneas elites de trigo harinero evaluados en 12 ambientes trigueros de Bolivia durante la campaña agrícola 2014-2015.

El ranking elaborado en base al promedio estandarizado de las 12 localidades se observa que la L313 se destaca por tener rendimientos altos seguida de L347, L315, L327, L322, L324 y L329. Sin embargo la L311, L333, L307, L331, L339, L321, L334 y L301 (Tepoca T89) tienen rendimientos por debajo de la media general

Tabla 2. Promedio general de rendimiento (RDTO), días a la madurez (DM), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) de 15 genotipos de trigo harinero en las campañas agrícolas 2013 a 2015.

Entrada	Pedigree	Origen	DM	PMG	PH	RDTO
311	VORB/SOKOLL	CIMMYT	125,3	40,6	80,4	1,5
333	SLVS/ATTILA//WBLL1/4/FRAME*2/3/URES//JUN//KAUZ	CIMMYT	125,2	43,6	78,2	1,6
327	SLVS/ATTILA//WBLL1*2/3/GONDO/CBRD	CIMMYT	124,9	43,4	79,1	2,0
347	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/KAUZ/BAV92	CIMMYT	125,3	44,7	79,3	1,8
313	VORB/SOKOLL	CIMMYT	125,3	43,3	78,0	1,5
329	HUANIL/5/2*CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92	CIMMYT	125,3	40,5	78,9	1,7
339	KRICHAUFF/2*PASTOR/4/MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92	CIMMYT	125,3	37,6	78,8	1,7
321	KANZ/5/CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/6/PRL/SARA//TSI/VEE#5	CIMMYT	125,3	43,5	79,4	1,7
331	PBW343*2/KUKUNA//WBLL1*2/KUKUNA	CIMMYT	125,4	45,3	79,4	1,7
307	BOW/VEE/5/ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/CHIL/6/CASKOR/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/7/PASTOR//MILAN/KAUZ/3/BAV92	CIMMYT	124,1	44,1	79,3	1,5
315	VORB/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CIMMYT	125,5	41,2	77,1	1,6
324	BABAX/KS93U76//BABAX/3/2*SOKOLL	CIMMYT	125,1	38,1	79,5	1,5
322	BABAX/KS93U76//BABAX/3/2*SOKOLL	CIMMYT	124,6	44,0	81,0	1,5
334	SLVS/ATTILA//WBLL1/4/FRAME*2/3/URES//JUN//KAUZ	CIMMYT	124,7	40,9	79,0	1,9
MEDIA DEL AMBIENTE (2013-2014)			110,0	37,5	70,9	2,7
RANGO DEL AMBIENTES (2013-2014)			100-130	25-49	52-80	43-6,5

Entrada	Pedigree	Origen	DM	PMG	PH	RDTO
313	VORB/SOKOLL	CIMMYT	125,3	43,3	78,0	1,5
315	VORB/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CIMMYT	125,5	41,2	77,1	1,6
311	VORB/SOKOLL	CIMMYT	125,3	40,6	80,4	1,5
333	SLVS/ATTILA//WBLL1/4/FRAME*2/3/ URES/JUN//KAUZ	CIMMYT	125,2	43,6	78,2	1,6
MEDIA DEL AMBIENTE (2014-2015)			125,1	42,2	79,1	1,7
RANGO DEL AMBIENTE (2014-2015)			124-125	37,6-45,3	77,1-81,1	1,5-1,9

Conclusiones

La línea L313 fue identificada como ideal por tener características de amplia adaptabilidad y rendimiento alto, seguida de L327 L315 y L333 que tienen un comportamiento superior en zonas de altura: Redención, Collpana, Arani, Condoriri, Yamparéz y Kallutaca donde el cultivo de trigo es muy restringido por las condiciones ambientales desfavorables.

Se identificó dos ambientes claramente definidos que tienen similitud en la producción de trigo, el primero compuesto de Redención, Collpana, Arani, Condoriri, Yamparéz y Kallutaca que se caracterizan por tener precipitaciones bajas y tienen altitudes superiores a los 2900 msnm y el segundo está conformado por: Totorá, Incahuasi, San Benito y Zudañez ambientes que tienen precipitaciones medias y altitudes por debajo de los 2800 msnm.

Referencias citadas

- Aykut Tonk F, Ilker E, Tosun M. 2011. Evaluation of genotype x environment interactions in maize hybrids using GGE biplot analysis. *CropBreed and Appl Biotechnol.* 11: 1-9.
- Condon, A. G., R. A. Richards, G. J. Rebetzke, and G. D. Farquhar. 2004. Breeding for high water-use efficiency. *J. Exp. Bot.* 55(407): 2447-2460.
- Cordova, H.S. 1989. Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centro América, Panamá y El Caribe PCCMCA. XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula. Honduras.
- Crossa J, H G Gauch Jr, R W Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* 30:493-500.
- Farshadfar E, Mohammadi R, Aghaei M, Vaisi Z. 2012a. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in wheat-barley disomic addition lines. *Aust J Crop Sci.* 6(6): 1074-1079.
- Eberhart SA, Russell WA. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Herbas, R. 2008. Situación del trigo en Bolivia y en contexto internacional. Centro de investigación y promoción del campesinado CIPCA - Bolivia. Pp. 9- 18
- Hugo, S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. *AGRONOMÍA Meso Americana* 2: 01-10
- INE, 2011. Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas Agropecuarias. La Paz, Bolivia.
- INIAF. 2012. Plan de Implementación del Programa Nacional de Trigo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. La Paz, Bolivia. 40 p.
- Marza, F y Quispe, F. 2013. Guía Práctica Para El Investigador en Trigo. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, INIAF. Programa Nacional de Trigo. 1ra Edición. La Paz, Bolivia.
- Rodríguez P., J. E., J. Sahagún, H. E. Villaseñor, J. D. Molina, y A. Martínez. 2002. Estabilidad de siete variedades comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.) de temporal. *Fitotec. Mex.* 25: 143-151.
- Yan W. and Kang MS. 2002. GGE Biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, New York, USA, 190 pp
- Yan, W., L. A. Hunt, S. Qinglai, and Z. Szalvins. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sc.* 40: 597-605.
- Yan, W. and N.A. Tinker, 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.*, 86: 623-645.