

## Correlaciones entre Variables evaluadas en Laboratorio, Invernadero y Campo con respecto a Porcentaje de Germinación y Peso Seco de Vástago en dos Condiciones de Campo de Lotes de Semillas de Maíz (*Zea mays* L.) y su Aplicación en Modelos de Predicción

Hilmig Viloría<sup>1</sup> y Jesús Rafael Méndez Natera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias, Unidad de Estudios Básicos y <sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Avenida Universidad, Campus Los Guaritos, 6201, Maturín, estado Monagas, Venezuela. E-mails: hviloriao@hotmail.com y jmendezn@cantv.net

### Resumen

*En el presente trabajo se estudian las relaciones entre pruebas de calidad de semillas en el laboratorio e invernadero (en condiciones normales y con uso de la cámara de envejecimiento acelerado) y se validan los resultados obtenidos con ensayos llevados a cabo en el campo (Jusepín y Maturín) de 12 lotes de semillas de maíz con especial referencia a pruebas de conductividad eléctrica y pH. Se usó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La prueba de germinación estándar y el uso de la cámara de envejecimiento acelerado tanto en laboratorio como en invernadero representaron significativa importancia para la predicción del porcentaje de germinación y el peso seco del vástago en las dos condiciones de campo evaluadas. Se estimaron modelos de predicción tanto de emergencia de plántulas como de peso seco del vástago en campo con valores de coeficientes de determinación por encima del 86% para las dos condiciones de campo estudiadas. Es necesaria la combinación de pruebas de vigor para estimar la calidad de las semillas, ya que una prueba por sí sola no determina adecuadamente la calidad de las mismas.*

**Palabras Claves:** maíz, *Zea mays*, emergencia en campo, peso fresco y seco, correlación, modelos de regresión.

### Abstract

*The relationships between seed quality tests in the laboratory and greenhouse (under normal conditions and use of accelerated aging chamber) were studied. The results were validated with tests carried out in the field (Jusepín and Maturin) of 12 lots of maize seeds with special reference to testing of electrical conductivity and pH. A randomized block design with four replications was used. The standard germination test and the use of accelerated aging chamber in the laboratory and greenhouse represented significant importance for the prediction of germination percentage and shoot dry weight in both field conditions. Prediction models were estimated both seedling emergence and shoot dry weight in the field with determination coefficient values above 86% for both field conditions. It is necessary a combination of vigor tests to estimate the quality of seeds, as a test alone does not adequately determine the quality of the same*

**Keywords:** corn, *Zea mays*, field emergence, fresh and dry weight, correlation, regression models.

### 1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) palabra de origen indio caribeño que significa literalmente “lo que sustenta la vida”, es el cultivo que ocupa el tercer lugar a nivel mundial en cuanto a extensión de siembra; es un cultivo de gran importancia y base principal de la alimentación diaria de los latinoamericanos. Suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es materia prima básica para la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas,

edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible.

La selección de semillas de calidad está basada en el resultado de varias pruebas de germinación y vigor llevadas a cabo en laboratorios antes de la siembra. Una desventaja frecuentemente asociada a la mayoría de estas pruebas es que requiere, por lo menos, entre siete y 10 días para obtener resultados. Sin embargo, la prueba o test de conductividad eléctrica y la prueba de pH se han propuesto para proveer estimados de germinación y/o vigor de semillas en 24 horas o menos [1, 2].

La prueba de conductividad eléctrica es una medida de la integridad de la membrana celular. Las membranas celulares tienen entre sus funciones la compartimentalización de la célula y organelos constituyentes en semillas viables. La pérdida de la integridad de las membranas y la subsecuente pérdida de solutos citoplasmáticos con propiedades electrolíticas son indicativas del rápido deterioro de las semillas. Por lo tanto, la evaluación de la conductividad eléctrica del exudado de las semillas debería ser una medida de su deterioro y, en consecuencia, de la calidad de las semillas para propósitos de siembra [3].

Además de la prueba basada en la conductividad eléctrica de los exudados de las semillas, existe una prueba basada en el color desarrollado por esos exudados después de la aplicación de un indicador, exudados oscuros provienen de semillas muertas y los claros de semillas viables. Es un test simple y económico, pero subjetivo, así que se han efectuado trabajos para verificar si los cambios de color están relacionados con el pH de la solución exudada de manera tal que se pueda determinar cuantitativamente parámetros relacionados con la germinación a partir de valores de pH [1].

En el presente trabajo se estudian las relaciones entre pruebas de calidad de semillas en el laboratorio e invernadero (en condiciones normales y con uso de la cámara de envejecimiento acelerado) y se validan los resultados obtenidos con ensayos llevados a cabo en el campo, bajo diferentes condiciones edáficas y/o ambientales, de 12 lotes de semillas de maíz con especial referencia a pruebas de conductividad eléctrica y pH realizadas previamente. Igualmente, se proponen ecuaciones predictoras de porcentaje de germinación y de peso seco del vástago bajo las condiciones estudiadas, por ser los principales elementos que indican viabilidad y vigor, respectivamente.

El objetivo fue determinar el porcentaje de emergencia en campo de las semillas de maíz de diferentes cultivares y de lotes de diferentes años de almacenamiento, así como evaluar el crecimiento de las plántulas en dos localidades del estado Monagas, Venezuela.

## 2. Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Producción de Semillas e Invernadero del Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Campus Juanico, y la parte correspondiente al campo se efectuó en la Estación Experimental de la Escuela de Ingeniería Agronómica, Campus Los Guaritos, Maturín, y en la Estación Experimental del Campus Jusepín.

Se utilizaron 12 lotes de semillas de seis cultivares adquiridos en el comercio en años diferentes, estos

son: Himeca 95 (2003), Himeca 95 (2004), Pioneer 3018 (2002), Pioneer 3031 (2002), Pioneer 3031 (2003), Sefloarca 91 (2002), Sefloarca 91 (2003), Merideño (2002), Merideño (2003), Maíz Cariaco Jusepín (2000), Maíz Cariaco San Antonio (2002) y Maíz Cariaco Jusepín (2003), el número dentro del paréntesis indica año de adquisición de las semillas. Los híbridos Himeca 95, Pioneer 3018, Pioneer 3031 y Sefloarca 91 representan cultivares pertenecientes al sistema de producción de semilla certificada, mientras que Merideño y Maíz Cariaco representan cultivares pertenecientes al sistema artesanal de producción de semilla, denominada semilla común, la cual es aquella que reúne requisitos mínimos de calidad y sanidad establecidos, sin estar involucrados al proceso de certificación [4].

Se realizó, previo a los análisis de correlación, la determinación del porcentaje de humedad, la estimación de los valores de pH y conductividad eléctrica del exudado de las semillas durante 14 y 20 horas de remojo, prueba de germinación en condiciones normales de laboratorio e invernadero, pruebas de germinación con uso de cámara de envejecimiento acelerado en laboratorio e invernadero y prueba de germinación en campo, en dos condiciones diferentes: Estación Experimental del *Campus* de Jusepín y Estación Experimental del *Campus* Los Guaritos, de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Venezuela.

En las diferentes pruebas se sembraron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada uno de los 12 lotes en semillas, previamente desinfectadas con solución de cloro comercial (5,25% hipoclorito de sodio) al 10% por tres minutos (en condiciones de laboratorio e invernadero). Se humedecieron diariamente. Se cosecharon a los ocho días (en laboratorio) y 16 días en invernadero y en campo. Se evaluaron los siguientes parámetros:

- Porcentaje de germinación
- Altura de la plántula
- Longitud de la radícula
- Número de hojas/plántula
- Peso fresco del vástago
- Peso seco del vástago
- Peso fresco de la radícula
- Peso seco de la radícula
- Relación altura de la plántula/longitud de la radícula
- Relación número de hojas/altura del vástago
- Relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula

Los valores de peso seco se obtuvieron después de que el material vegetal permaneció en estufa durante 72 horas a 80°C.

Para la determinación de la conductividad eléctrica se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada lote en vasos plásticos de 135 ml, con 25 ml de agua destilada durante dos períodos de inmersión: 14 y 20

horas. Posteriormente se midieron los valores de conductividad eléctrica con un conductímetro marca Oakton, modelo 35661-41 para su tabulación y análisis.

Para el pH se siguió el mismo procedimiento señalado para la determinación de conductividad eléctrica. El pH se midió con un pHmetro marca Oakton pH 10 series, modelo 35674-02.

En la cámara de envejecimiento acelerado se colocaron por 72 horas a una temperatura de  $45 \pm 1$  °C y 100% de humedad relativa cuatro repeticiones de 25 semillas de cada lote. Las semillas, posteriormente se sembraron sobre bandejas con papel absorbente y cubiertas con hojas del mismo papel, regadas diariamente durante ocho días

En condiciones de campo, la distancia entre plantas fue de 0,05 m y la distancia entre hileras de 0,25 m. Se sembraron las semillas a una profundidad de tres centímetros aproximadamente. No se aplicó riego suplementario ni fertilización.

Se efectuó el análisis de correlación simple entre pares de caracteres. Igualmente, se realizó el análisis de regresión paso a paso entre porcentaje de germinación 16 dds y peso seco del vástago tanto para Los Guaritos como para Jusepín, en función de los caracteres evaluados en laboratorio e invernadero en condiciones normales y en cámara de envejecimiento acelerado, así como porcentaje de humedad, pH y conductividad eléctrica. Se consideró significativo niveles de probabilidades al 0,01; 0,05 y 0,10%.

### 3. Resultados

#### Correlación de las variables evaluadas con respecto a la germinación a los 16 d.d.s en condiciones de campo en la E.E. de Jusepín:

La Tabla 1 muestra las correlaciones entre las variables evaluadas y la germinación 16 d.d.s en la Estación Experimental de Jusepín. En él se indica que hubo correlación significativa ( $p \leq 0,10$ ) con: a) La relación altura de la planta y la longitud de las raíces bajo condiciones de invernadero previo uso de la C.E.A.; b) El diámetro de tallo ocho d.d.s bajo condiciones normales de laboratorio; c) Altura de la planta ocho d.d.s., bajo condiciones de C.E.A. en laboratorio, y d) Con la medición de la conductividad eléctrica durante 14 horas de remojo.

#### Correlación entre las variables estudiadas y el peso seco del vástago en condiciones de campo Jusepín

En Tabla 2 se observan las correlaciones entre las variables evaluadas y el peso seco del vástago en la Estación Experimental de Jusepín. Existe correlación significativa ( $p \leq 0,10$ ) al comparar con los resultados obtenidos en condiciones normales de laboratorio, con

respecto a la longitud de raíces ocho d.d.s. y con el contenido de humedad de las semillas. Hubo correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre peso seco del vástago (Jusepín) y la relación altura de la planta/longitud de las raíces.

Tabla 1. Correlación entre las variables estudiadas y el porcentaje de germinación a los 16 dds de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental de Jusepín, estado Monagas, Venezuela.

Ger4ddsIN	-0,347	ns	Ralt_LongIC	-0,564	*
Germ8ddsIN	-0,254	ns	Rel_pesoIC	-0,373	ns
Germ12ddsIN	-0,254	ns	RelHoj_altIC	0,096	ns
Germ16ddsIN	-0,254	ns	TasaAltuIC	-0,278	ns
NMDIN	0,187	ns	Germ4LN	0,138	ns
IVG1IN	-0,377	ns	Germ8dLN	0,064	ns
Alt8ddsIN	-0,071	ns	Alt8ddsLN	-0,073	ns
Alt12ddsIN	-0,068	ns	Nhoj8ddsLN	-0,213	ns
Alt16ddsIN	-0,171	ns	Diata8ddsLN	-0,502	*
Nhoj16ddsIN	-0,143	ns	Lonraiz8ddsLN	-0,318	ns
Diata16ddsIN	0,031	ns	Vol_RadLN	-0,278	ns
Lonraiz16ddsIN	0,034	ns	PsvastLN	-0,142	ns
Vol_RadIN	0,023	ns	PsraizLN	-0,278	ns
PsvastIN	-0,044	ns	Ralt_LongLN	0,136	ns
PsraizIN	0,009	ns	Rel_pesoLN	0,231	ns
Ralt_LongIN	-0,194	ns	RelHoj_altLN	-0,113	ns
Rel_pesoIN	-0,113	ns	Germ4LC	-0,142	ns
RelHoj_altIN	0,129	ns	Germ8dLC	-0,063	ns
TasaAltuIN	-0,223	ns	Alt8ddsLC	-0,498	*
Ger4ddsIC	-0,038	ns	Nhoj8ddsLC	-0,402	ns
Germ8ddsIC	0,202	ns	Diata8ddsLC	-0,364	ns
germ12ddsIC	0,202	ns	Lonraiz8ddsLC	-0,486	ns
germ16ddsIC	0,202	ns	Vol_RadLC	-0,230	ns
NMDIC	0,035	ns	PsvastLC	-0,287	ns
IVG1IC	0,177	ns	PsraizLC	-0,207	ns
Alt8ddsIC	-0,132	ns	Ralt_LongLC	0,192	ns
Alt12ddsIC	-0,245	ns	Rel_pesoLC	-0,278	ns
Alt16ddsIC	-0,198	ns	RelHoj_altLC	0,217	ns
Nhoj16ddsIC	-0,169	ns	Humedad	0,075	ns
Diata16ddsIC	-0,243	ns	pH_14H	-0,219	ns
Lonraiz16ddsIC	0,443	ns	CE_14H	-0,518	*
Vol_RadIC	0,157	ns	pH_20H	-0,232	ns
PsvastIC	-0,021	ns	CE_20H	-0,469	ns
PsraizIC	0,195	ns			

\*Correlación significativa ( $p \leq 0,10$ )

\*\* Correlación significativa ( $p \leq 0,05$ )

ns: Correlación no significativa ( $p > 0,10$ )

J: Jusepín

IN: Invernadero Normal

IC: Invernadero Cámara de Envejecimiento Acelerado

LN: Laboratorio Normal

LC: Laboratorio Cámara de Envejecimiento Acelerado

### Modelos de predicción en condiciones de campo en la Estación experimental Jusepín:

#### Ecuación de predicción del porcentaje de germinación:

En la Tabla 3 se resumen los modelos de predicción para el porcentaje de germinación en condiciones de

Tabla 2 Correlación entre las variables estudiadas y el peso seco del vástago de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental de Jusepín, estado Monagas, Venezuela.

Ger4ddsIN	0,231	ns	PsraizIC	-0,011	ns
Germ8ddsIN	-0,116	ns	Ralt_LongIC	-0,190	ns
germ12ddsIN	-0,116	ns	Rel_pesoIC	-0,074	ns
germ16ddsIN	-0,116	ns	RelHoj_altIC	0,028	ns
NMDIN	-0,305	ns	TasaAltuIC	0,147	ns
IVG1IN	0,099	ns	Germ4LN	0,165	ns
IVG2IN	0,023	ns	Germ8dLN	-0,027	ns
Alt8ddsIN	-0,021	ns	Alt8ddsLN	0,425	ns
Alt12ddsIN	0,077	ns	Nhoj8ddsLN	0,155	ns
Alt16ddsIN	-0,001	ns	Diata8ddsLN	0,088	ns
Nhoj16ddsIN	0,114	ns	Loraiz8ddsLN	-0,545	*
Diata16ddsIN	0,364	ns	Vol_RadLN	0,003	ns
Loraiz16ddsIN	0,038	ns	PsvastLN	0,129	ns
Vol_RadIN	0,194	ns	PsraizLN	0,128	ns
PsvastIN	0,161	ns	Ralt_LongLN	0,621	**
PsraizIN	0,105	ns	Rel_pesoLN	0,086	ns
Ralt_LongIN	-0,038	ns	RelHoj_altLN	-0,412	ns
Rel_pesoIN	0,089	ns	Germ4LC	-0,201	ns
RelHoj_altIN	0,068	ns	Germ8dLC	-0,285	ns
TasaAltuIN	0,016	ns	Alt8ddsLC	0,081	ns
Ger4ddsIC	-0,259	ns	Nhoj8ddsLC	0,084	ns
Germ8ddsIC	-0,347	ns	Diata8ddsLC	-0,321	ns
germ12ddsIC	-0,347	ns	Lonraiz8ddsLC	-0,270	ns
germ16ddsIC	-0,347	ns	Vol_RadLC	-0,011	ns
NMDIC	0,270	ns	PsvastLC	-0,257	ns
IVG1IC	-0,413	ns	PsraizLC	-0,218	ns
IVG2IC	-0,384	ns	Ralt_LongLC	0,440	ns
Alt8ddsIC	-0,070	ns	Rel_pesoLC	-0,035	ns
Alt12ddsIC	-0,005	ns	RelHoj_altLC	0,059	ns
Alt16ddsIC	0,006	ns	Humedad	-0,528	*
Nhoj16ddsIC	0,012	ns	pH_14H	-0,207	ns
Diata16ddsIC	0,060	ns	CE_14H	0,124	ns
Lonraiz16ddsIC	0,188	ns	pH_20H	-0,250	ns
Vol_RadIC	-0,208	ns	CE_20H	0,208	ns
PsvastIC	-0,092	ns			

\*Correlación significativa ( $p \leq 0,10$ )

\*\* Correlación significativa ( $p \leq 0,05$ )

ns: Correlación no significativa ( $p > 0,10$ )

J: Jusepín

IN: Invernadero Normal

IC: Invernadero Cámara de Envejecimiento Acelerado

LN: Laboratorio Normal

LC: Laboratorio Cámara de Envejecimiento Acelerado

campo de Jusepín, de acuerdo con los valores de  $R^2$ , el modelo cuatro (d) y cinco (e) lograrían predecir con aproximación de 90,0 y 95,6%, respectivamente dicho porcentaje.

%Germinación (E.E. Jusepín) =  $133,355 - 16,368$  (Relación altura/long Inv. CEA) -  $17,278$  (Diámetro tallo 8 dds cond. Norm de lab.) -  $0,12$  (% germ 4 dds Lab CEA) +  $1,036$ (altura 8 dds Inv. CEA).

$$R^2=90,0\%$$

%Germinación (E.E. Jusepín) =  $154,65 - 17,496$  (Relación altura/long Inv. CEA) -  $19,779$  (Diámetro tallo 8 dds cond. Norm de lab.) -  $0,125$  (% germ 4 dds Lab CEA) +  $1,239$  (altura 8 dds Inv. CEA) -  $0,186$  (% germ 8 dds Lab. cond. Norm.)

$$R^2 = 95,6\%$$

#### Ecuación de predicción del peso seco del vástago:

En la Tabla 4 se resumen los modelos de predicción para el peso seco del vástago en condiciones de campo de Jusepín, de acuerdo con los valores de  $R^2$ , el modelo cuatro (d) predeciría con una determinación de 96,10% dicho porcentaje.

Peso seco del vástago (E.E. Jusepín) =  $49,246 + 0,388$  (Rel. Alt/Long Lab Nor) -  $67,505$  (Rel.Hoj/alt Lab. Nor.) -  $7,144$  (NMD Inv. Nor.) -  $0,105$  (Ger4dds Inv. Nor.)

$$R^2=96,10\%$$

Tabla 3. Modelos de predicción para el porcentaje de germinación de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental de Jusepín, estado Monagas, Venezuela.

Modelo	R	$R^2$	$R^2$ ajustada	Error estándar estimado
1	0,564	0,318	0,249	2,717787
2	0,730	0,532	0,428	2,371594
3	0,852	0,726	0,623	1,926948
4	0,949	0,900	0,843	1,242600
5	0,978	0,956	0,920	0,888642
6	0,991	0,983	0,962	0,608564
7	0,998	0,996	0,988	0,344558
8	1,000	1,000	0,999	0,098837
9	1,000	1,000	1,000	0,032695
10	1,000	1,000	1,000	0,000201
11	1,000	1,000	1,000	

d. Predictor: (Constant), Ralt\_LongIC, Diata8ddsLN, Germ4LC, Alt8ddsIC

e. Predictor: (Constant), Ralt\_LongIC, Diata8ddsLN, Germ4LC, Alt8ddsIC, Germ8dLN

**Correlación de las variables evaluadas con respecto al porcentaje de germinación a los 16 d.d.s en condiciones de campo en la E.E. de Los Guaritos:**

En la Tabla 5 se observa que existe correlación significativa ( $p \leq 0,10$ ) entre el diámetro de tallo y peso seco del vástago 16 d.d.s bajo condiciones normales en invernadero con respecto al porcentaje de germinación 16 d.d.s. en el Campo Experimental Los Guaritos.

Se aprecia, igualmente que la relación número de hojas/altura de la planta bajo condiciones de invernadero, previo tratamiento de las semillas en cámara de envejecimiento acelerado, resultó correlacionarse significativamente ( $p \leq 0,10$ ) con el porcentaje de germinación 16 d.d.s. en el Campo Experimental Los Guaritos.

Con respecto a las mediciones realizadas en laboratorio bajo condiciones normales hubo correlación altamente significativa para la germinación cuatro d.d.s y significativa ( $p \leq 0,05$ ) para germinación ocho d.d.s. y el porcentaje de germinación 16 d.d.s. en el Campo Experimental Los Guaritos. No hubo correlación entre las variables estudiadas bajo condiciones de laboratorio en C.E.A y el porcentaje de germinación 16 d.d.s. en el Campo Experimental Los Guaritos.

Las mediciones de pH durante 14 y 20 horas de remojo mostraron correlación altamente significativa con el porcentaje de germinación 16 d.d.s. en el Campo Experimental Los Guaritos, mientras que con las mediciones de conductividad eléctrica no hubo correlación significativa.

Tabla 4. Modelos de predicción del peso seco del vástago de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental de Jusepín, estado Monagas, Venezuela.

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada	Error estándar estimado
1	0,621	0,385	0,324	0,598682
2	0,746	0,557	0,459	0,535714
3	0,879	0,772	0,687	0,407267
4	0,980	0,961	0,938	0,181270
5	0,994	0,988	0,977	0,110116
6	0,997	0,993	0,985	0,088949
7	0,999	0,998	0,994	0,055811
8	1,000	1,000	1,000	0,010383
9	1,000	1,000	1,000	0,002756
10	1,000	1,000	1,000	0,000014
11	1,000	1,000	1,000	

d. Predictors (Constant), Ralt\_LongLN, RelHoj\_altLN, NMDIN, Ger4ddsIN

**Correlación entre las variables estudiadas y el peso seco del vástago en condiciones de campo Los Guaritos**

En la Tabla 6 se aprecian las correlaciones entre las variables evaluadas y el peso seco del vástago

Tabla 5. Correlación entre las variables estudiadas y el porcentaje de germinación de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Ger4ddsIN	0,312	ns	PsraizIC	0,390	ns
Germ8ddsIN	0,403	ns	Ralt_LongIC	-0,199	ns
germ12ddsIN	0,403	ns	Rel_pesoIC	-0,055	ns
germ16ddsIN	0,403	ns	RelHoj_altIC	0,507	*
NMDIN	-0,084	ns	TasaAltuIC	0,028	ns
IVG1IN	0,387	ns	Germ4LN	0,731	***
IVG2IN	0,444	ns	Germ8dLN	0,669	**
Alt8ddsIN	0,447	ns	Alt8ddsLN	0,568	*
Alt12ddsIN	0,198	ns	Nhoj8ddsLN	0,423	ns
Alt16ddsIN	0,128	ns	Diata8ddsLN	-0,461	ns
Nhoj16ddsIN	0,323	ns	Lonraiz8ddsLN	-0,248	ns
Diata16ddsIN	0,559	*	Vol_RadLN	0,253	ns
Loraiz16ddsIN	0,002	ns	PsvastLN	0,477	ns
Vol_RadIN	0,475	ns	PsraizLN	0,254	ns
PsvastIN	0,542	*	Ralt_LongLN	0,257	ns
PsraizIN	0,423	ns	Rel_pesoLN	0,319	ns
Ralt_LongIN	0,043	ns	RelHoj_altLN	-0,361	ns
Rel_pesoIN	0,292	ns	Germ4LC	-0,060	ns
RelHoj_altIN	0,100	ns	Germ8dLC	-0,041	ns
TasaAltuIN	-0,163	ns	Alt8ddsLC	-0,395	ns
Ger4ddsIC	0,256	ns	Nhoj8ddsLC	-0,136	ns
Germ8ddsIC	0,195	ns	Diata8ddsLC	-0,125	ns
germ12ddsIC	0,195	ns	Lonraiz8ddsLC	-0,268	ns
germ16ddsIC	0,195	ns	Vol_RadLC	-0,031	ns
NMDIC	-0,217	ns	PsvastLC	-0,124	ns
IVG1IC	0,290	ns	PsraizLC	-0,186	ns
IVG2IC	0,246	ns	Ralt_LongLC	-0,078	ns
Alt8ddsIC	-0,167	ns	Rel_pesoLC	0,037	ns
Alt12ddsIC	0,084	ns	RelHoj_altLC	0,385	ns
Alt16ddsIC	-0,107	ns	Humedad	-0,337	ns
Nhoj16ddsIC	0,299	ns	pH_14H	-0,729	***
Diata16ddsIC	0,253	ns	CE_14H	-0,197	ns
Loraiz16ddsIC	0,042	ns	pH_20H	-0,753	***
Vol_RadIC	0,323	ns	CE_20H	-0,103	ns
PsvastIC	0,366	ns			

\*Correlación significativa ( $p \leq 0,10$ )

\*\* Correlación significativa ( $p \leq 0,05$ )

\*\*\* Correlación altamente significativa ( $p \leq 0,01$ )

ns: Correlación no significativa ( $p > 0,10$ )

G: Guaritos

IN: Invernadero Normal

IC: Invernadero Cámara de Envejecimiento Acelerado

LN: Laboratorio Normal

LC: Laboratorio Cámara de Envejecimiento Acelerado

en condiciones de campo en la Estación Experimental de Los Guaritos. Existe correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) al comparar con los resultados de los parámetros medidos en condiciones normales de invernadero, con respecto al porcentaje de germinación a los cuatro d.d.s., al índice de velocidad de germinación (con ambas fórmulas), al volumen radicular y al peso seco de las raíces; y correlación altamente significativa con respecto al diámetro de tallo y al peso seco del vástago. Al comparar los datos de correlación de Pearson con los resultados obtenidos en laboratorio en condiciones normales (ocho d.d.s) se demuestra correlación con: a) Altura de la planta (al 1% de significación), b) Número de hojas y relación peso seco/peso fresco (al 10% de significación) y c) Peso seco del vástago y relación número de hojas/altura de la planta (al 5% de significación).

Igualmente, hubo correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) con el porcentaje de humedad de las semillas y significativa ( $p \leq 0,10$ ) con los valores de pH durante 14 horas y 20 horas de remojo.

#### Modelos de predicción en condiciones de campo en la Estación Experimental Los Guaritos:

#### Ecuación de predicción del porcentaje de germinación:

La Tabla 7 resume los modelos probables de predicción de la germinación en condiciones del campo experimental de Los Guaritos. Los modelos tres (c) y cuatro (d) conjugan los elementos necesarios en función del tiempo, de recursos económicos y de

Tabla 7. Modelos de predicción para el porcentaje de germinación de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada	Error estándar estimado
1	0,753	0,567	0,524	5,420
2	0,881	0,777	0,727	4,105
3	0,941	0,886	0,843	3,115
4	0,968	0,936	0,900	2,483
5	0,980	0,961	0,929	2,092
6	0,990	0,980	0,956	1,652
7	0,999	0,998	0,996	0,508
8	1,000	1,000	0,999	0,228
9	1,000	1,000	1,000	0,075
10	1,000	1,000	1,000	0,006
11	1,000	1,000	1,000	

c. Predictor: (Constant), pH\_20H, Germ4LN, Lonraiz8ddsLN

d. Predictor: (Constant), pH\_20H, Germ4LN, Lonraiz8ddsLN, Alt8ddsLC

practicidad, para predecir el porcentaje de germinación en dichas condiciones. En el tercer modelo (c), se toman en cuenta el valor de pH durante 20 horas de remojo, el porcentaje de germinación a los cuatro d.d.s y la longitud de las raíces ocho d.d.d en laboratorio en condiciones normales, con una probabilidad estadística (R<sup>2</sup>) de 88,6%.

Tabla 6. Correlación entre las variables estudiadas y el peso seco del vástago de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Ger4ddsIN	-0,347	ns	PsraizIC	0,195	ns
Germ8ddsIN	-0,254	ns	Ralt_LongIC	-0,564	*
germ12ddsIN	-0,254	ns	Rel_pesoIC	-0,373	ns
germ16ddsIN	-0,254	ns	RelHoj_altIC	0,096	ns
NMDIN	0,187	ns	TasaAltuIC	-0,278	ns
IVG1IN	-0,377	ns	Germ4LN	0,138	ns
IVG2IN	-0,350	ns	Germ8dLN	0,064	ns
Alt8ddsIN	-0,071	ns	Alt8ddsLN	-0,073	ns
Alt12ddsIN	-0,068	ns	Nhoj8ddsLN	-0,213	ns
Alt16ddsIN	-0,171	ns	Diata8ddsLN	-0,502	*
Nhoj16ddsIN	-0,143	ns	Loraiz8ddsLN	-0,318	ns
Diata16ddsIN	0,031	ns	Vol_RadLN	-0,278	ns
Loraiz16ddsIN	0,034	ns	PsvastLN	-0,142	ns
Vol_RadIN	0,023	ns	PsraizLN	-0,278	ns
PsvastIN	-0,044	ns	Ralt_LongLN	0,136	ns
PsraizIN	0,009	ns	Rel_pesoLN	0,231	ns
Ralt_LongIN	-0,194	ns	RelHoj_altLN	-0,113	ns
Rel_pesoIN	-0,113	ns	Germ4LC	-0,142	ns
RelHoj_altIN	0,129	ns	Germ8dLC	-0,063	ns
Ger4ddsIC	-0,038	ns	Alt8ddsLC	-0,498	*
Germ8ddsIC	0,202	ns	Nhoj8ddsLC	-0,402	ns
germ12ddsIC	0,202	ns	Diata8ddsLC	-0,364	ns
germ16ddsIC	0,202	ns	Lonraiz8ddsLC	-0,486	ns
NMDIC	0,035	ns	Vol_RadLC	-0,230	ns
IVG1IC	0,177	ns	PsvastLC	-0,287	ns
IVG2IC	0,171	ns	PsraizLC	-0,207	ns
Alt8ddsIC	-0,132	ns	Ralt_LongLC	0,192	ns
Alt12ddsIC	-0,245	ns	Rel_pesoLC	-0,278	ns
Alt16ddsIC	-0,198	ns	RelHoj_altLC	0,217	ns
Nhoj16ddsIC	-0,169	ns	Humedad	0,075	ns
Diata16ddsIC	-0,243	ns	pH_14H	-0,219	ns
Lonraiz16ddsIC	0,443	ns	CE_14H	-0,518	*
Vol_RadIC	0,157	ns	pH_20H	-0,232	ns
PsvastIC	-0,021	ns	CE_20H	-0,469	ns

\*Correlación significativa ( $p \leq 0,10$ )

\*\* Correlación significativa ( $p \leq 0,05$ )

\*\*\* Correlación altamente significativa ( $p \leq 0,01$ )

ns: Correlación no significativa ( $p > 0,10$ )

G: Guaritos

IN: Invernadero Normal

IC: Invernadero Cámara de Envejecimiento Acelerado

LN: Laboratorio Normal

LC: Laboratorio Cámara de Envejecimiento Acelerado

% Germinación (E.E. Los Guaritos) = 108,32 -17,541 (pH 20 h) + 0,947 (% germ 4 dds Lab. Nor.) - 1,52(Long raíz 8 dds Lab. Nor.)

$$R^2 = 88,6\%$$

El cuarto modelo (d) mantiene los elementos anteriores más la altura de la planta ocho d.d.s en laboratorio bajo condiciones de cámara de envejecimiento acelerado, dato que se puede obtener paralelo a la prueba de germinación estándar, y con el cual se incrementaría la probabilidad estadística de la ecuación de predicción a 93,6% (Tabla 7). Dicha ecuación, sería la siguiente:

% Germinación (E.E. Los Guaritos) = 108,083 -17,01 (pH 20 h) + 0,916 (% germ 4 dds Lab. Nor.) - 1,2 (Long raíz 8 dds Lab. Nor.) - 1,359 (Altura de la planta 8 dds)

$$R^2 = 93,6\%$$

**Ecuación de predicción del peso seco del vástago:**

En la Tabla 8 se indica el resumen de las ecuaciones de predicción del peso seco del vástago. Los modelos dos (b) y tres (c) presentan 86,5 y 92,9%, respectivamente, con elementos sencillos de medir y en corto tiempo, que los hacen apropiados para predecir el peso seco del vástago bajo las condiciones mencionadas.

Tabla 8. Modelos de predicción para el peso seco del vástago de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo en la estación experimental Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada	Error estándar estimado
1	0,870	0,757	0,733	2,317081
2	0,932	0,868	0,838	1,801288
3	0,964	0,929	0,903	1,396919
4	0,986	0,972	0,956	0,934568
5	0,996	0,991	0,984	0,562584
6	0,997	0,995	0,989	0,478115
7	0,999	0,998	0,996	0,296351
8	1,000	1,000	0,999	0,144544
9	1,000	1,000	1,000	0,021027
10	1,000	1,000	1,000	0,000130
11	1,000	1,000	1,000	

b. Predictor: (Constant), Alt8ddsLN, Humedad  
 c. Predictor: (Constant), Alt8ddsLN, Humedad, Germ4LC

Peso seco del vástago = -19,532 + 2,815(altura de la planta 8 dds en laboratorio normal) - 1,045(humedad de las semillas)

$$R^2 = 86,8\%$$

La ecuación tres (c) incluye el porcentaje de germinación cuatro d.d.s en laboratorio con uso de C.E.A., cuyo modelo es:

Peso seco del vástago = - 15,285 + 2,646 (altura de la planta 8 dds en laboratorio normal) - 1,553 (humedad de las semillas) + 0,071 (%germinación 4 dds en lab. CEA)

$$R^2 = 92,9\%$$

**4. Discusión**

Hall y Wiesner [5] realizaron pruebas de germinación estándar, tasa de germinación y crecimiento, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, tasa de respiración y contenido de ATP, para evaluar el vigor de las semillas de *Bromus biebersteinii* Roem & Schult y determinaron que las correlaciones más altas con el comportamiento en el campo de ese forraje fueron envejecimiento acelerado, tasa de respiración y contenido de ATP. Los autores citados concluyen que una prueba de vigor por si sola no es adecuada para medir la calidad de lotes de semillas. Una combinación de pruebas las cuales midan tanto aspectos fisiológicos como bioquímicos debería ser utilizada. Esto coincide con lo expuesto en la presente investigación.

Para predecir el porcentaje de germinación en campo en las dos condiciones evaluadas (Guaritos y Jusepín) hubo correlación significativa con parámetros de laboratorio (normal y en CEA), invernadero con uso de CEA, y con las lecturas del pH del agua de remojo durante 20 horas (éste último sólo en caso de E.E. Los Guaritos). Mientras, para predecir peso seco del vástago en campo los parámetros a tomar en cuenta se corresponden con el porcentaje de humedad de las semillas, altura de la planta ocho d.d.s en laboratorio normal y porcentaje de germinación cuatro d.d.s en laboratorio con CEA (para E.E. Los Guaritos).

Todos los datos que se requieren para los modelos seleccionados se obtienen de manera fácil y en relativo corto tiempo. Se aprecia que la prueba de germinación estándar sigue siendo fundamental en el estudio de la calidad de las semillas y el uso de la CEA también es requerido. El pH del agua de remojo (20 h) se relacionó con la predicción del porcentaje de germinación en la E.E. Los Guaritos y el porcentaje de humedad fueron significativos para la predicción del peso seco del vástago en esta misma condición.

Krishnasamy y Ramaswamy [6] estudiaron la relación entre diferentes pruebas de vigor con la

emergencia en campo de semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) c.v. CSH-5 y demostraron que la germinación estándar, índice de vigor, germinación después de remojo en soluciones de NaOH y NH<sub>4</sub>Cl y tasa de germinación estuvieron positiva y altamente significativa correlación con la emergencia en el campo. La tasa de germinación mostró el más alto coeficiente de correlación de 0,764 con emergencia en el campo.

Moore *et al.*, [7] reportan correlación significativa y positiva entre la emergencia en el campo de plántulas de soja con la germinación estándar, envejecimiento acelerado y pruebas de tetrazolium, y concluyen que las semillas con mínimo de germinación estándar de 80% pueden ser razonablemente aceptadas para establecer una base satisfactoria cuando se desee recomendar a éstas bajo condiciones favorables.

Ram *et al.*, [8] refieren en estudio sobre la relación entre varias pruebas de vigor (germinación estándar, primer conteo de germinación, envejecimiento acelerado, prueba de frío, conductividad eléctrica y otros parámetros fisiológicos de las plántulas) de semillas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en laboratorio con la emergencia de plántulas en campo, que la germinación estándar y el primer conteo fueron las pruebas más eficientes para la determinación de la emergencia potencial en el campo de semillas de algodón.

Ram *et al.*, [9] trabajando con lotes de semillas de garbanzos (*Cicer* sp) encontraron correlación significativa y positiva entre la germinación estándar y la prueba de envejecimiento acelerado con los valores de emergencia de plántulas después de los 10,15 y 20 días.

Ríos [10] en trabajo llevado a cabo en la E.E. de Los Guaritos en Maturín, señala que la emergencia de plántulas de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) y frijol chino (*Vigna radiata*) tuvo una correlación altamente significativa y positiva con el porcentaje de germinación a los cuatro y ocho d.d.s., en cámara de germinación, y sugiere considerarlos como predictores de la emergencia en campo. Sin embargo, no encontró correlación significativa entre la emergencia de plántulas en el campo con ninguno de los parámetros de laboratorio realizados en arena, mientras que la prueba de envejecimiento acelerado fue poco confiable para predecir la emergencia en campo.

Resplandor [11] concluye en estudio de la relación entre pruebas de germinación y vigor en laboratorio con la emergencia de plántulas en el campo (E.E. Jusepín, estado Monagas) de 12 cultivares de algodón que los parámetros altura de plántula a los 16 d.d.s., hojas por plántula a los 16 d.d.s. y peso seco de la parte aérea en arena con envejecimiento acelerado presentaron correlación significativa con la germinación a los ocho d.d.s. y la altura a los ocho y 16 d.d.s. en campo, por lo cual, mediante estos parámetros se puede estimar el comportamiento de la

plántula en campo. Los caracteres estimados por Ríos [10] y Resplandor [11] para la predicción del porcentaje de emergencia en campo no coinciden entre sí; no obstante, si existe cierta similitud con respecto al presente trabajo, como el porcentaje de germinación a los cuatro d.d.s en laboratorio y el uso de la CEA, citado por el primer autor y el porcentaje de humedad de las semillas (citado por el segundo autor) y que es elemento de uno de los modelos para estimar el peso seco del vástago en el actual trabajo.

En contraste, Resplandor [11] argumenta que la CEA no mostró confiabilidad como predictora de la emergencia en campo, mientras que en el presente estudio, ésta resultó pieza fundamental de los modelos de predicción, lo cual concuerda con Ríos [10] en investigación efectuada en condiciones agroclimáticas similares y con trabajos efectuados en otras latitudes [7, 9, 12] como los de Moore *et al.*, [7], Ram *et al.*, [9] y Murcia *et al.*, citados por Vergara [12].

De la misma manera, es importante destacar que en esta investigación los factores que más se repiten en los modelos de predicción, tanto de emergencia como de peso seco del vástago en campo (en las dos condiciones evaluadas: Jusepín y Guaritos) son relación altura del vástago/longitud de la radícula, longitud de la radícula y altura del vástago, lo cual resulta interesante debido a que McDonald [13] señala que las diferentes partes de las semillas no se deterioran ni envejecen simultáneamente y que aquellas más sensibles al deterioro deberían ser el foco de atención en estudios de calidad. Con respecto a lo anterior, y en caso del maíz, el endospermo, por ejemplo, está compuesto primariamente por almidón, el cual no es tan sensible a eventos degradativos como el embrión, el cual se compone principalmente por proteínas y aceites, Mientras el endospermo representa el 80% del peso seco de la semilla de maíz, el 20% remanente representa al embrión, que es la parte que germina y punto de estudio de los científicos.

Bingham *et al.*, [14] mostraron que en semillas de maíz envejecido la tasa de extensión de la radícula fue reducida mucho más que la tasa de extensión del coleoptilo. De manera similar, Das y Sen-Mandi [15], encontraron, con el uso de cloruro de tetrazolium como marcador, que la radícula de semillas de trigo de diferentes tiempos de envejecimiento fue la parte que primero mostró deterioro. Mientras, Krishnasamy y Seshu [16] reportaron que en semillas de arroz la secuencia de deterioro fue el coleoptilo, seguido por el epiblasto, coleoriza, plúmula, radícula, mesocotilo y escutelo.

Recientemente, Wongvarodom y Rangsikanson [17] indicaron que la germinación en arena y en condiciones de inundación en un suelo arcilloso no se correspondieron con la emergencia en campo bajo una condición húmeda de suelo y que la emergencia en campo bajo esta condición de semillas de maíz dulce pudiera ser predicha por ecuaciones polinomiales las

cuales dieron un mejor resultado que la prueba de germinación en arena. Maree *et al.*, [18] encontraron que la prueba de frío sólo se correlacionó 62,6%, mientras que la prueba de inmersión correlacionó 67,8% con la emergencia de campo simulada bajo condiciones frías y húmedas. La mejor correlación (89,9%) con la emergencia en campo se encontró con la prueba de vigor compleja de estrés, las pruebas de conductividad eléctrica y de envejecimiento acelerado también pueden ser utilizadas como pruebas de vigor para predecir la emergencia en campo de híbridos de maíz bajo condiciones de frío y humedad, pero no son tan precisas como la prueba de frío, la prueba de inmersión y las pruebas de vigor compleja de estrés. Las pruebas de tetrazolium y verde rápido no son recomendadas para usarlas como pruebas de vigor para la predicción de la emergencia en campo bajo condiciones frías y húmedas. Pourhadian y Khajehpour [19] encontraron que la conductividad eléctrica del lixiviado de semillas, porcentaje de germinación final y el coeficiente de la velocidad de germinación en las pruebas de germinación en frío (10°C) y estándar (20°C) no fueron satisfactoriamente capaces de predecir la emergencia en campo de semillas de trigo. La tasa de germinación bajo condiciones de laboratorio fue un buen estimador de la emergencia en campo.

En relación a la cámara de envejecimiento acelerado, Torres *et al.*, [20] encontraron que las predicciones más precisas de la emergencia en campo de plántulas de soya se obtuvieron con los valores del envejecimiento acelerado > 90% cuando la emergencia en campo fue mayor de 80% ( $R^2 = 0,90$ ), basado en estos resultados, los autores concluyeron que la prueba de envejecimiento acelerado provee un estimado preciso de la emergencia en campo de plántulas de soya, sin embargo, a medida que las condiciones ambientales de la cama de siembra fueron menos favorables, la capacidad de la prueba de envejecimiento acelerado para estimar la emergencia en campo disminuyó significativamente. Resultados similares se encontraron en este ensayo.

## 5. Conclusión

La prueba de germinación estándar y el uso de la cámara de envejecimiento acelerado tanto en laboratorio como en invernadero representaron significativa importancia para la predicción del porcentaje de germinación y el peso seco del vástago en las dos condiciones de campo evaluadas.

Se estimaron modelos de predicción tanto de emergencia de plántulas como de peso seco del vástago en campo con valores de coeficientes de determinación por encima del 86% para las dos condiciones de campo estudiadas.

Es necesaria la combinación de pruebas de vigor para estimar la calidad de las semillas, ya que una

prueba por sí sola no mide adecuadamente la calidad de las mismas.

## 7. Referencias

- [1] Peske, S. T. y A. Amaral. 1986. Prediction of germination of soybean seeds by measurement of pH of seed exudates. *Seed Sci. and Technol.* 14: 151-156.
- [2] Wilson, Jr. D. 1992. A unified approach to interpretation of single seed conductivity data. *Seed Sci and Technol.* 20: 155-163..
- [3] Tajbakhsh, M. 2000. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling growth (Viability and vigour) in Omid wheat. *J. Agr. Set. Tech.*, 2: 67-71.
- [4] República de Venezuela. Gaceta Oficial. Año CXIII. Mes VII. Caracas: 25.04.1986. N° 33.456. Resolución por la cual se dictan "Normas generales sobre semillas".
- [5] Hall, R. D. and L. E. Wiesner, 1990. Relationship between seed vigor tests and field performance of Regar Meadow Bromegrass. *Crop Sci.* 30: 967-970.
- [6] Krishnasamy, V. and K. R. Ramaswamy 1987. Studies on seed vigour in sorghum. *Madras Agric. J.* 74 (6-7): 290-295.
- [7] Moore, S. H.; D. E. Longer, R. H. Clement and T. K. Walker. 1987. Correlation of laboratory seed tests with field emergence of soybeans in Arkansas. *Arkansas Farm Research. Arkansas Agricultural Experiment Station* 36 (4): 10 p.
- [8] Ram C, B. S. Chhabra, B. R. Mor and R. P. S. Tomer. 1988. Correlation among laboratory tests and field emergence in cotton. *Seed Research (New Delhi)* 16: 47-50.
- [9] Ram, C.; P. Kumari, O. Singh and R. K. Sardana. 1989. Relationship between seed vigour tests and field emergence in chickpea. *Seed Science and Technology* 17 (1): 169-173.
- [10] Ríos, W. R. 1996. Relación entre pruebas de germinación y vigor an laboratorio con la emergencia de plántulas en el campo de 16 líneas de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) y una de frijol Chino (*Vigna radiata* L.). Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. 175 p.
- [11] Resplandor, J. G. 1999. Relación entre las pruebas de germinación y vigor en laboratorio con la emergencia de plántulas en el campo de 12 cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. 128 p.
- [12] Vergara, M. F. 2003. Efecto de dos temperaturas y cinco tiempos en cámara de envejecimiento acelerado sobre la germinación de

- las semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea Mays* L.). Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. 97 p.
- [13] McDonald, M. 1998. Seed quality assessment. *Seed Science Research*. 8: 265-275.
- [14] Bingham, I. J.; A. Harris and L. Macdonald. 1004. A comparative study of radicle and coleoptile extension in maize seedlings from aged and unaged seed. *Seed Science and Technology* 22 (1): 127-139.
- [15] Das, G. and S. Sen-Mandi. 1992. Triphenil tetrazolium chloride staining pattern of differentially aged wheat seed embryos. *Seed Science and Technology* 20 (3): 367-373.
- [16] Krishnasamy, V. and D. V. Seshu. 1989. Seed germination rate and associated characters in rice. *Crop Science* 29: 904-908.
- [17] Wongvarodom, V. and Rangsikansong, W. 2007. Prediction of sweet corn seeds field emergence under wet soil condition. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 41: 227-231.
- [18] Maree, P. H.; D. Marais and C. F. Reinhardt. 2007. Prediction of field emergence of maize (*Zea mays* L.) hybrids exposed to cold, wet conditions. *African Crop Science Conference Proceedings* 8: 23-26.
- [19] Pourhadian, H. and M. R. Khajehpour. 2010. Relationship between germination tests and field emergence of wheat. *Asian Journal of Applied Sciences* 3: 160-165.
- [20] Torres, R. M.; Vieira, R. D. and Panobianc, M. 2004. Accelerated aging and seedling field emergence in soybean. *Sci. Agric.* 61 (5): 476-480.