

DESUNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: CARACTERIZACIÓN DE SU IMPACTO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ

D'Amico, J.^{1,4}; Tesouro, O.^{1,2}; Romito, A.^{1,3}; Paredes, D.¹; Roba, M.¹

¹ Instituto de Ingeniería Rural. CIA. CNIA. INTA.
CC 25. CP 1712. Castelar. Buenos Aires. Argentina.
jpdamico@cnia.inta.gov.ar - otesouro@cnia.inta.gov.ar

² Ing. Agr., Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires (FAUBA)

³ Ing. Agr., Facultad de Agronomía y Cs. Agroalimentarias - Universidad de Morón. (FAYCA/UM)

⁴ Ing. Agr., Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales – Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (ECANA/UNNOBA)

Abstract

Given the discrepancies regarding the impact of the unevenness on the crop spatial arrangement and in order to characterize this effect, an experiment was conducted regarding the criteria used by the Standard ISO 7256/1 in the assessment of precision planters. On that sense, it was evaluated the yield response to crop population and plant distribution unevenness on the sowing line.

Crop yield was associated linearly with population density but showed no dependence on the sowing line distribution uniformity when it was measured by the standard deviation or variation coefficient.

According to the indexes proposed on Standard ISO 7256/1, it was established that the existence of faults generated a decrease on population density and yield drop, while the occurrence of duplications caused the opposite effect on both variables.

Consequently, the effects of unevenness distribution on crop yield are given by its impact on the population density.

Palabras clave: Desuniformidad de distribución. Siembra de Maíz. Uneven Crop.

Introducción

Una adecuada labor de siembra se define como aquella donde la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas es mínima, la separación entre ellas es uniforme y el tiempo transcurrido para emerger es el mínimo para el conjunto de la población (Maroni y Gargicevich, 1998). En el caso del maíz, no existe un consenso entre los investigadores acerca de cuáles son las mermas de rendimiento que se dan como consecuencia de una inadecuada distribución en la línea de siembra lo cual resulta un aspecto crítico a la hora de evaluar la calidad de la labor de siembra y las prestaciones de la máquina sembradora.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la existencia de efectos sobre el rendimiento debido a la variación de la densidad ocasionada por la irregularidad de los espaciamientos entre plantas en la línea de siembra considerando algunos de los criterios empleados en la Norma ISO 7256/1 que rige la evaluación de sembradoras de precisión.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en el Instituto de Ingeniería Rural - CNIA – INTA Castelar. En un lote con una historia de 5 años de soja en siembra directa. La siembra del híbrido DK 684 RR2 se realizó el día 29 de Septiembre de 2007 a una velocidad de 6 km h⁻¹ y la superficie sembrada fue de 2 hectáreas. La profundidad de siembra fue de 5 cm y la densidad teórica de 6,2 semillas por metro. que se corresponde con una separación teórica (Xref) de 16,12 cm para un distanciamiento entre líneas de 70 cm. La cosecha se realizó el 28 de Febrero de 2008 luego de que el cultivo hubo alcanzado su madurez fisiológica.

Al momento de la cosecha, se determinaron al azar 4 sitios de muestreo constituidos por surcos de 8 metros de longitud. Para 8 líneas de cada sitio se registraron los

distanciamientos en la línea de siembra en centímetros y se recolectaron las plantas manteniendo la individualización para cada una de las líneas. Paralelamente se relevaron otros 9 surcos de cada uno de los sitios para detectar diferencias de rendimiento atribuibles a condiciones microambientales. La trilla se realizó en forma manual registrando la producción por línea. En todos los casos las espigas fueron secadas en horno eléctrico a 105 °C de temperatura hasta peso constante para uniformar el contenido de humedad de las muestras.

El diseño estadístico empleado fue completamente al azar. Similar metodología fue empleada por Martin *et al.* (2005) para evaluar la respuesta del rendimiento del cultivo de maíz a la variabilidad en el rendimiento de las plantas.

Variables explicativas:

- *Densidad (Dens)*: Cantidad de plantas por unidad de superficie expresada en pl ha^{-1} .
- *Desvío estándar de la separación entre plantas (DST)*.
- *Coeficiente de Variación de la separación entre plantas (CV)*
- *Índice de semillas aceptablemente sembradas (A)*: Proporción de plantas ubicadas en el surco a una distancia comprendida entre $0,5 X_{\text{ref}}$ y $1,5 X_{\text{ref}}$, siendo la distancia de referencia (X_{ref}) la separación teórica. (Norma ISO 7256/1)
- *Índice de Entregas múltiples o Duplicaciones (D)*: Es el porcentaje de semillas ubicadas a distancias menores a $0,5 X_{\text{ref}}$. (Norma ISO 7256/1)
- *Índice de Fallas (F)*: Corresponde al porcentaje de semillas ubicadas a distancias superiores a las 1,5 veces la distancia de referencia. (Norma ISO 7256/1)

Variable respuesta:

- *Rendimiento (Rend.)* en Kg ha^{-1}

Resultados y Discusión

El rendimiento promedio de los sitios relevados fue de 4.634,87 kg ha^{-1} . Las diferencias entre sitios no resultaron estadísticamente significativas. Respecto de la densidad poblacional, el promedio de las 36 muestras evaluadas fue de 87.557,70 pl ha^{-1} sin diferencias significativas entre sitios.

Presumiblemente la escasez de lluvias, registradas en los meses del año en los que se desarrolló el período crítico del cultivo, condicionó la expresión de un mayor potencial de rendimiento.

El rendimiento del cultivo mostró una respuesta lineal frente al incremento de la densidad poblacional ($\text{Rend} = 2323.65 + 0,03 \text{ Dens}$. $R^2=0,25$. $F=10,93$ $p=0,0023$).

Al evaluar las variaciones del rendimiento respecto del incremento de las medidas de dispersión de la separación entre plantas en la línea de siembra DST y CV no se logró establecer relación alguna. ($F=0,86$ $p=0,3618$ y $F=0,07$ $p=0,7929$ respectivamente).

En la presente experiencia los valores mínimos y máximos de DST que fueron de 2,07 y 11,07 respectivamente, se correspondieron con valores de CV de 12,17 y 59%, y resultaron similares a los empleados por Liu *et al.* (2004a) y Valentinuz *et al.* (2007) con los cuales también es coincidente la falta de respuesta del rendimiento a la dispersión en la línea de siembra.

Sobre estos resultados obtenidos, los primeros autores sostienen que estos niveles de irregularidad en el arreglo espacial no resultan suficientemente elevados como para afectar el rendimiento. Para los segundos investigadores, la incidencia de un déficit hídrico sufrido por el cultivo durante el período crítico podría ser la causa de esta falta de asociación. Sin embargo Giuliano *et al.* (2005) informa que la desuniformidad espacial no afectó el rendimiento del cultivo cuando éste se desarrolló sin limitaciones hídricas ni nutricionales y con la presencia de plantas dominantes y dominadas.

Al comparar estos resultados con los reportados por Nielsen (2004) y Liu *et al.* (2004 b) (Tabla 1) quienes reportan mermas de rendimiento atribuibles a irregularidad de los distanciamientos en la línea de siembra, surge que las pérdidas son relativamente bajas.

Aplicando la tasa de merma formulada por Nielsen (2004) para las 36 líneas relevadas en esta experiencia, el promedio de merma de rendimiento fue de sólo 0,3% con un

máximo de 1,76 % que se corresponde con un CV en la línea de siembra de 59%. Por otra parte sólo en la mitad de los casos se observaron niveles de desuniformidad mayores al 33,3% de CV, que es la base sobre la cual este autor registró pérdidas de rendimiento.

Tabla 1: Criterios reportados para establecer mermas de rendimiento en función de la irregularidad del espaciamiento en la línea de siembra: **CV base propuesto por los autores:** Nivel de desuniformidad en la línea de siembra por debajo del cual no se registran pérdidas de rendimiento. **Tasa de pérdida propuesta por los autores (%):** Porcentaje de rendimiento que se pierde por cada unidad que se incrementa el CV por encima de la base propuesta.

	Nielsen (2004)	Liu et al. (2004b)
CV base propuesto por los autores (%)	33,3	35,32
Tasa de pérdida propuesta por los autores en % de rendimiento	0,07	0,06

Del mismo modo, aplicando el criterio de merma de rendimiento reportado por Liu et al. (2004 b) sobre las muestras relevadas en este trabajo, se observó que el 40% de los casos superó el 35,32% de CV que es el máximo nivel de desuniformidad en la línea de siembra sobre el cual los autores informaron mermas de rendimiento. Las pérdidas alcanzaron un promedio de 0,2% con un máximo de 1,44%.

Al incluir en el análisis los índices establecidos por la Norma ISO 7256 se observó que las variaciones de densidad y de rendimiento son explicadas mas acabadamente por el modelo de regresión que cuenta conjuntamente con los índices D y F como variables independientes y en ambos casos muestran una asociación similar (Tablas 2 y 3).

Tabla 2: Regresión múltiple entre los índices D y F, y el rendimiento del cultivo (Rend) expresado en Kg ha⁻¹. **R²:** Coeficiente de determinación; **b** y **Cte:** Estimadores de los parámetros de la regresión.

Variables independientes	R ²	b	Cte.	$\frac{F}{T} \frac{Pr>F}{Pr>t}$
Arco seno D	0,29	27,09	4.676,38	<u>6,68 p=0,0038</u>
Arco seno F		-22,48		-2,36 P=0,0248
				2,84 p=0,0078

Tabla 3: Regresión múltiple entre los índices D y F, y la densidad del cultivo (Dens) expresado en pl ha⁻¹. **R²:** Coeficiente de determinación; **b** y **Cte:** Estimadores de los parámetros de la regresión.

Variables independientes	R ²	b	Cte.	$\frac{F}{T} \frac{Pr>F}{Pr>t}$
Arco seno D	0,55	426,88	90.812,45	<u>19,40 p<0,0001</u>
Arco seno F		-451,12		4,39 P=0,0001
				4,39 p=0,0001

Mientras que el incremento de las duplicaciones tiende a aumentar la densidad y el rendimiento, una mayor proporción de fallas provoca el efecto inverso, lo cual es coincidente con lo informado por Nafziger (1996) y Liu et al (2004a).

La falta de relación entre el rendimiento y las medidas de dispersión como el coeficiente de variación puede entenderse a partir de que aun cuando las Fallas y las Duplicaciones generan efectos inversos sobre el rendimiento, ambas contribuyen a incrementar el CV (Tabla 4)

Tabla 4: Regresiones simples entre los índices, D y F y el coeficiente de variación de la separación en la línea de siembra (Arco seno CV). **R²:** Coeficiente de determinación; **b** y **Cte:** Estimadores de los parámetros de la regresión.

Variable independiente	R ²	b	Cte.	F Pr>F
Arco seno D	0,23	0,35	31,60	9,98 p=0,0034
Arco seno F	0,48	0,51	28,06	32,04 p<0,0001

Consecuentemente, la situación de equilibrio que se dé entre los aportes al rendimiento de las Fallas y las Duplicaciones estará condicionada a que se mantenga

compensada la densidad poblacional independientemente de la desuniformidad en la línea de siembra.

Conclusiones

La respuesta del rendimiento del cultivo sólo estuvo asociada a las variaciones de densidad que pueden estar ocasionadas por la distribución anómala de plantas en la línea de siembra.

Al igual que las fallas, la ocurrencia de duplicaciones contribuye a incrementar la dispersión en la línea de siembra. Sin embargo, los aportes que las plantas en una y otra situación realizan al rendimiento son opuestos. Este hecho, puede explicarse principalmente por la respuesta del rendimiento a la densidad poblacional.

Bibliografía

- Giuliano, G.; Cirilo, A.; Otegui, M. 2005. Desuniformidad espacial y temporal de plantas en el cultivo de maíz: Influencia de la densidad y la distancia entre surcos. VIII Congreso Nacional del Maíz. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. p: 71.
- International Organization for Standardization. 1984. Sowing equipment - Test Methods - Part 1: Precision drills for sowing in lines. 7256/1.
- Liu, W.; Tollenaar, M.; Stewart, G.; Deen, W. 2004a. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agron. J.* 96: 275 – 280.
- Liu, W.; Tollenaar, M.; Stewart, G.; Deen, W. 2004b. Impact of planter type, planting speed, and tillage on standard uniformity and yield of corn. *Agron. J.* 96: 1668 – 1672.
- Maroni, J.; Gargicevich A. 1998. Operación de siembra, densidad y uniformidad de plantas en maíz. Impacto sobre rendimiento en granos. Capítulo II, pp. 29. Morgan - Mycogen S.A. Bs. As.
- Martin, K.L.; Hodgen, P.J.; Freeman, K.W.; Melchiori, R.; Arnall, D.B.; Teal, R.K.; Mullen, R.W.; Desta, K.; Philips, S.B.; Soile, M.L.; Stone, M.L.; Caviglia, O.; Solari, F.; Bianchini, A.; Francis, D.D.; Schepers, J.S.; Hatfield, J.L.; Raun, W.R. 2005 Plant to plant variability in corn production. *Agron. J.* 97: 1603 – 1611.
- Nafziger, E. D. 1996. Effects of missing and two-plant hills on corn grain yield. *J. Prod. Agric.* 9: 238 – 240.
- Nielsen, R. L. 2004 Effect of Plant Spacing Variability on Corn Grain Yield. En: www.kingcorn.org
- Valentinuz, O.; Di Orio, C.L.; Cabada, S. 2007. Velocidad de siembra y desuniformidad espacial en dos híbridos de maíz. Actualización técnica. Maíz, girasol y sorgo. INTA EEA Paraná. Serie Extensión N° 44.