

Jornada de Cultivos de Invierno INIA La Estanzuela

Organiza: INIA La Estanzuela – CALMER – AUSID
ARS e IMS

Apoya: OPYPA/MGAP

MERCEDES, ABRIL 2009

Serie Actividades de Difusión N°566

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Cultivares de trigo del INIA: Comportamientos y Recomendaciones <i>Rubén Verges, Mejoramiento de Invierno, INIA La Estanzuela</i>	1
Respuesta a la fertilización con azufre en trigo y cebada <i>Adriana García y Andrés Quincke, Suelos, INIA La Estanzuela</i>	9
Respuesta a Cloruro de Potasio (KCL) en trigo y cebada <i>Adriana García Lamothe y Andrés Quincke, Suelos, INIA La Estanzuela</i> <i>Silvia Pereira y Martha Díaz de Ackermann, Protección Vegetal, INIA La Estanzuela</i>	13
Uso de Modelos de Simulación para predecir el momento de espigazón y sensibilidad a fotoperíodo en trigo <i>Andrés Berger, Marina Castro y Sergio Ceretta,</i> <i>Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela</i>	19
Enfermedades transmitidas por rastrojo en trigo y cebada <i>Silvia Pereyra y Martha Díaz de Ackermann,</i> <i>Protección Vegetal, INIA La Estanzuela</i>	25
Fertilizantes nitrogenados líquidos como vehículos de mezclas de Sulfonilureas <i>Amalia Ríos, Malherbología, INIA La Estanzuela</i>	35

CULTIVARES DE TRIGO DEL INIA: COMPORTAMIENTOS Y RECOMENDACIONES

Rubén P. Verges¹

INTRODUCCIÓN

Con el año pasado y pese a la persistente sequía registrada, por sexto año consecutivo el cultivo de trigo mantuvo un buen desempeño, manteniendo a través de estos años un promedio nacional de rendimiento de grano que osciló alrededor de los 3.000 kg/ha.

Durante este período, la roya de la hoja siguió siendo la enfermedad más importante de este cultivo en el país, la cual, mediante la aparición de nuevas razas, ha seguido provocando frecuentes quiebres de resistencia en nuevas variedades comerciales.

En mejoramiento genético de trigo, en estos últimos años el INIA viene haciendo los mayores esfuerzos en dos sentidos. Uno relacionado a la generación de cultivares con resistencia más durable a la roya de la hoja, por los motivos ya mencionados. Pese a que hay fungicidas muy eficiente para controlar esta enfermedad, la resistencia genética no tiene costo adicional para el productor y, además, disminuye los riesgos de contaminación ambiental derivados del uso del control químico. Por otro parte, si no existe algún nivel de resistencia, aunque sea bajo, es difícil manejar el control químico con éxito y costos razonables.

El otro esfuerzo está siendo puesto en la generación de cultivares de ciclo corto o precoz. Debido al gran incremento del cultivo de soja, hay una fuerte demanda por este tipo de cultivares porque permiten adelantar la siembra de soja de segunda.

En el año 2006, el INIA lanzó al mercado las variedades LE 2331-INIA Don Alberto y LE 2333-INIA Carpintero y en el 2007 las variedades LE 2332-INIA Madrugador y LE 2325-INIA Chimango. Para las siembras de este año, de los dos primeros cultivares no existen limitaciones en la disponibilidad de semilla, mientras que de los otros dos todavía habrá cantidades limitadas.

Esta presentación tiene como objetivo dar mayor información referente al comportamiento de estos cultivares y de otras variedades comerciales más antiguas del INIA que, además de contar con información actualizada, pueden servir de referencia para comparar los cultivares más nuevos.

Se abordarán aspectos relacionados a rendimiento de grano, incluyendo doble propósito, comportamiento sanitario, características agronómicas, calidad de grano e industrial, época de siembra y población objetivo a obtener. La información experimental considerada proviene de ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Trigo, de las localidades de La Estanzuela, Young y Dolores en el período 2004-2008 y de ensayos del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo instalados en La Estanzuela, Dolores, Ruta 2 y Young, durante el mismo período. Todos los datos provienen de ensayos sin aplicación de fungicidas para controlar enfermedades.

Se considerarán los siguientes cultivares:

Ciclo Largo	Ciclos Intermedio y Corto
LE 2210-INIA Tijereta	INIA Mirlo
LE 2245-INIA Gorrión	LE 2249-INIA Churrinche
LE 2313-INIA Garza	LE 2331-INIA Don Alberto
LE 2325-INIA Chimango	LE 2332-INIA Madrugador
	LE 2333-INIA Carpintero

¹ Ing. Agr., M. Sc., Programa Nacional Cultivos de Secano. Mejoramiento Genético de Trigo.

1. RENDIMIENTO DE GRANO

1.1. Ciclo Largo

En el cuadro 1 se presentan los datos de rendimiento de grano (kg/ha y % respecto a I. Tijereta) de los cultivares de ciclo largo en ensayos de la Red Oficial de Evaluación de Trigo en el período 2004-2008, en las localidades de La Estanzuela, Young y Dolores.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg/ha y % de I. Tijereta) de cultivares de ciclo largo en el período 2004-2008.

CULTIVAR	2004	2005	2006	2007	2008	Media	% I. Tijereta
INIA Garza	6708	6240	6348	5759	3296	5972	106
INIA Chimango	6244	6345	6299	5790	3699	5920	105
INIA Gorrión	6083	6303	5421	5472	4033	5620	100
INIA Tijereta	5760	5809	5990	5575	4133	5623	100
Media	5900	5901	5957	5720	4263	5715	
N° ensayos	5	4	5	6	2		

Fuente: Adaptado de Resultados Experimentales de Evaluación de Trigo Ciclo Largo para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA. Períodos 2004-2005-2006-2007-2008.

En el período considerado, los cultivares I. Garza e I. Chimango superaron la media de 22 ensayos en 257 y 205 kg/ha, respectivamente, y rindieron 6 y 5% más que las variedades I. Tijereta e I. Gorrión, lo cual muestra la existencia de un incremento en el potencial de rendimiento de los cultivares más nuevos con respecto a los más antiguos. Esta diferencia se ha expresado en mayor grado en los mejores ambientes de producción de grano, o sea en aquellos años y/o localidades en los cuales se alcanzaron los rendimientos más altos en los ensayos.

En el cuadro 2 se muestra para los ciclos largos el rendimiento de grano según época de siembra, donde **se considera a las siembras de mayo a principios de junio como dentro de un período óptimo** o temprano y a las **posteriores como tardías**. Los datos corresponden al período 2004-2007 de ensayos instalados en La Estanzuela y Young.

Cuadro 2. Rendimiento de grano de cultivares de ciclo largo según época de siembra en ensayos instalados en La Estanzuela y Young en el período 2004-2007.

CULTIVAR	2004		2005		2006		2007		MEDIA	
	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR
INIA Chimango	7223	6804	7409	5586	6528	5545	6001	5239	6790	5793
INIA Gorrión	7606	6744	7599	4778	6255	4469	4822	4664	6570	5163
INIA Tijereta	6776	6087	6891	6091	5889	5333	4928	5077	6121	5647
INIA Garza	6392	5610	6306	5072	6337	5614	4867	4682	5975	5244
ENSAYOS	6392	5968	6535	4948	5879	5209	5313	5175	6030	5325

ÓPT: Siembras dentro del período óptimo o temprano.

TAR: Siembras dentro del período tardío.

Fuente: Adaptado de Resultados Experimentales de Evaluación de Trigo Ciclo Largo para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA. Períodos 2004-2005-2006-2007.

Como puede apreciarse, hay una consistente superioridad del rendimiento de grano en siembras en el período óptimo, respecto a siembras tardías. La diferencia varía desde 1407 en el caso de I. Gorrión a 474 kg/ha en el caso de I. Tijereta. Es de destacar que, tanto en siembra óptima como tardía, I. Chimango supera los rendimientos de los demás cultivares, lo que estaría indicando una buena plasticidad de este cultivar para distintas fechas de siembra.

En el siguiente cuadro se incluye información de rendimiento de grano en ensayos doble propósito (producción de forraje y grano), sembrados en La Estanzuela y pastoreados con ovinos, en el período 2004-2008.

Cuadro 3. Rendimiento de grano (kg/ha y % media ensayo) de cultivares de ciclos largo en ensayos pastoreados con ovinos en el período 2004-2008.

Año:	2004		2005		2006		2007		2008		Media	
Siembra:	13-abr		19-abr		12-abr		10-abr		14-abr			
Cultivar	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	% ensayo
INIA Garza	4809	128	5061	120	4679	128	4590	105	3945	94	4617	114
INIA Tijereta	3975	106	4583	109	3673	101	3597	82	4446	106	4055	100
INIA Gorrión	3587	95	4329	103	3604	99	4187	96	3963	95	3934	97
INIA Chimango	3639	97	3846	91	4193	115	3875	89	3935	94	3898	97
Media ensayo	3764	100	4217	100	3643	100	4368	100	4192	100	4037	100
C.V. (%)	11.9	---	9.51	---	21.90	---	9.47	---	6,69		---	---
MDS (0,05)	725	---	655	---	1303	---	673	---	567		---	---
1er. Pastoreo	13-jul		07-jul		20-jul		19-jun		09-jul		---	---
2do. Pastoreo	13-ago		15-ago		---		19-jul		18-ago		---	---
3er. Pastoreo	---		---		---		17-ago		---		---	---

Fuente: Mejoramiento Genético de Trigo. INIA.

Los datos indican una clara superioridad de I. Garza para uso doble propósito, superando en más de 500 kg/ha el promedio de rendimiento de grano de los demás cultivares, los cuales muestran rendimientos similares entre ellos.

1.2. Ciclos Intermedios y Corto

En el cuadro siguiente se presenta información de rendimiento de grano para el grupo de materiales más precoces, para las mismas localidades y serie de años que se hizo para los ciclos largos.

Cuadro 4. Rendimiento de grano (kg/ha y % de I. Mirlo) de cultivares de ciclos intermedio y corto en el período 2004-2008.

CULTIVAR	AÑO					Media	% I. Mirlo
	2004	2005	2006	2007	2008		
INIA Don Alberto	6742	8564	7108	7836	6030	7279	124
INIA Carpintero	6653	8244	7149	7697	5556	7129	122
INIA Madrugador	5904	7152	6899	7025	5607	6595	113
INIA Churrinche	5763	6605	5982	6294	5270	6009	103
INIA Mirlo	4805	6501	6018	6260	5615	5851	100
Media	5669	6549	6297	5900	5333	6040	
N° ensayos	3	3	5	2	2		

Fuente: Adaptado de Resultados Experimentales de Evaluación de Trigo Ciclo Intermedio para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA. Períodos 2004-2005-2006-2007-2008.

En el caso de este grupo de cultivares, los rendimientos de grano alcanzados en el mismo período han sido mayores que los de los de ciclo largo. Los nuevos cultivares, principalmente I. Carpintero e I. Don Alberto han demostrado tener muy altos potenciales de rendimiento de grano, superando la media de los ensayos en más de 1.000 kg/ha y a las variedades I. Churrinche e I. Mirlo en más de 20%. El rendimiento de grano de INIA Madrugador ha estado por debajo de los de I. Don Alberto e I. Carpintero, pero superó en alrededor de 590 kg/ha a I. Churrinche y en más de 700 kg/ha a I. Mirlo.

En el cuadro 5 se presenta información sobre rendimiento de grano en **siembras del mes de junio (período óptimo o temprano) y del mes de julio (período tardío)**, en La Estanzuela y Young para la serie de años 2004-2007.

Cuadro 5. Rendimiento de grano de cultivares de ciclos intermedio y corto según época de siembra en ensayos instalados en La Estanzuela y Young en el período 2004-2007.

CULTIVAR	2004		2005		2006		2007		MEDIA	
	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR	ÓPT	TAR
INIA Carpintero	8435	4791	8480	5596	7752	6341	5833	5866	7625	5648
INIA Don Alberto	8731	4296	8518	6237	7410	6343	4598	5908	7314	5696
INIA Madrugador	7473	4258	6890	5935	7381	6178	4658	5047	6600	5354
INIA Churrinche	6659	3954	6626	4911	6471	5120	5293	4823	6262	4702
INIA Mirlo	6289	3422	6393	5513	6480	5326	4556	4816	5929	4769
ENSAYOS	7399	3802	6443	4950	6627	5467	5109	4887	6394	4776

ÓPT: Siembras dentro del período óptimo o temprano.

TAR: Siembras dentro del período tardío.

Fuente: Adaptado de Resultados Experimentales de Evaluación de Trigo Ciclo Intermedio para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA. Períodos 2004-2005-2006-2007.

Como puede observarse, también en el caso de los ciclos más precoces hay una marcada superioridad en rendimiento de grano de las siembras tempranas (junio) respecto a las tardías (julio), con excepción del año 2007, en el cual la mayoría de los cultivares rindieron más en la época tardía. Esto puede deberse a que en ese año las siembras más tempranas fueron más atacadas por fusariosis de la espiga que las tardías, las cuales tuvieron condiciones climáticas más favorables durante la floración para escapar a la enfermedad.

En este grupo de cultivares, la ganancia de rendimiento en la siembras tempranas, respecto a las tardías, va desde 1.160 (24%) en I. Mirlo a 1.977 kg/ha (35%) en I. Carpintero.

2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

En base a los datos generados en los últimos años, en el cuadro 6 se presenta información para las diferentes características agronómicas, proveniente de siembras de mediados de mayo en La Estanzuela para los cultivares de ciclo largo y de mediados de junio para los cultivares de ciclos intermedio y corto.

Cuadro 6. Principales características agronómicas, según siembras de mediados de mayo para los ciclos largos y mediados de junio para los ciclos intermedio y corto.

Cultivar	Porte	Ciclo (días)	Altura (cm)	Vuelco	Desgrane	Mad. fis.
INIA Garza	SR	151	93	R	R	28-Nov
INIA Tijereta	SE	148	96	R-MR	R	24-Nov
INIA Chimango	SE-SR	147	102	R	R	24-Nov
INIA Gorrión	R-SR	146	92	R	MR	20-Nov
INIA Churrinche	SE-E	105	92	R-MR	R	14-Nov
INIA Don Alberto	SE-SR	104	80	R	R	12-Nov
INIA Carpintero	SE-SR	103	78	R	R	11-Nov
INIA Madrugador	SE	96	73	R	R	31-Oct
INIA Mirlo	E	96	80	R-MR	MR	31-Oct

Porte: R: rastrero; SR: semirrastrero; SE: semierecto; E: erecto.

Vuelco y desgrane: R: resistente; MR: moderadamente resistente;

MS: moderadamente susceptible; S: susceptible

Mad. fis. (madurez fisiológica): Fecha en que se alcanza dicho estado.

Fuente: Mejoramiento Genético de Trigo. INIA.

El ciclo vegetativo (días desde emergencia a espigazón), varía desde 151 en I. Garza a 96 días en I. Madrugador e I. Mirlo, mientras que I. Chimango tiene un ciclo similar al de I. Tijereta e I. Don Alberto e I. Carpintero tienen ciclos parecidos al de I. Churrinche. Ninguno de los nuevos cultivares presenta problemas de vuelco y desgrane. Se destaca la altura de I. Chimango, pero posee una muy buena caña lo que le confiere resistencia a vuelco. Observando la columna de fecha de madurez fisiológica, momento en que dejan de trasladarse reservas desde hojas y tallo al grano, se ve que en los casos de I. Madrugador e I. Mirlo puede alcanzarse dicho estado alrededor de fines de octubre, lo que permite cosechar estos materiales alrededor del 15 a 20 de noviembre. Para todos los cultivares, obviamente se alcanzará antes la madurez fisiológica en siembras tempranas que tardías y, además, como se vio en los cuadros 2 y 5, la probabilidad de obtener más altos rendimientos de grano será mayor.

3. COMPORTAMIENTO SANITARIO

En el siguiente cuadro se observa la caracterización de todos los cultivares para las principales enfermedades.

Cuadro 7. Caracterización (nivel de infección) para las principales enfermedades.

CULTIVAR	ENFERMEDAD			
	RH	MH	MA	FE
	(1)	(2)	(3)	(4)
INIA Chimango	I-A	B	I	B-I
INIA Garza	I	I	I-B	I
INIA Gorrión	I-A	I	I	I
INIA Tijereta	I-A	I-A	I	I-A
INIA Carpintero	B	I-B	I-B	I
INIA Don Alberto	B-I	I	B-I	A
INIA Madrugador	I	I	I-A	I
INIA Churrinche	I-A	I-A	I	I
INIA Mirlo	A	B	I	A

(1) Roya de la hoja, causada por *Puccinia triticina*

(2) Mancha de la hoja, causada por *Septoria tritici*

(3) Mancha amarilla, causada por *Drechslera tritici repentis*

(4) Fusariosis de espiga, causada por *Fusarium graminearum*

Grado de susceptibilidad: MB (muy bajo); B (bajo); I (intermedio); A (alto)

Fuente: Mejoramiento Genético de Trigo. INIA.

Resultados Experimentales de Evaluación de Trigos Ciclo Largo y Ciclo Intermedio para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA.

Los nuevos cultivares tienen una mejor sanidad general que los cultivares más antiguos. Dentro de los ciclos largos, I. Chimango presenta un buen comportamiento para mancha de la hoja y fusariosis de la espiga. Este cultivar, por su alto rendimiento y buena sanidad, puede ser una buena opción para ir sustituyendo a I. Tijereta, variedad que lleva más de 10 años en cultivo. Por otra lado, en el grupo de materiales más precoces se destaca la sanidad de los nuevos cultivares, con respecto a I. Churrinche e I. Mirlo. INIA Carpintero es el de mejor sanidad, con buena resistencia a roya de la hoja, seguido por I. Don Alberto e I. Madrugador. En el caso de I. Don Alberto, el punto más débil es su baja resistencia a fusariosis de la espiga. Finalmente, por su mejor resistencia roya de la hoja, menor susceptibilidad a fusariosis de la espiga y, también mayor potencial de rendimiento, I. Madrugador puede ser un buen sustituto de I. Mirlo, cultivar que lleva más de 12 años en cultivo.

4. CALIDAD DE GRANO E INDUSTRIAL

En el cuadro 8 se incluye la caracterización de calidad para todos los cultivares.

Si bien pueden encontrarse algunas diferencias entre ellos, todos los cultivares son calificados como buenos por sus calidades física y molinera.

En cuanto a la calidad panadera, existen diferencias remarcables. INIA Gorrión es el cultivar de mejor calidad panadera en este grupo de variedades, mientras que I. Chimango tiene calidad panadera buena, con gluten más balanceado que el de los cultivares I. Tijereta e I. Garza. Dentro de los ciclos más cortos, es conocida la buena calidad panadera de I. Churrinche, seguido por I. Don Alberto e I. Madrugador, mientras que I. Carpintero e I. Mirlo son los más limitados en este aspecto.

Cuadro 8. Calidad física e industrial.

CULTIVAR	CALIDAD FÍSICA		CALIDAD INDUSTRIAL	
	PESO HECTOLÍTRICO	MOLINERA	PANADERA	
INIA Garza	Bueno	Buena	Buena, con gluten fuerte aunque tenaz	
INIA Tijereta	Bueno	Buena	Buena, con gluten fuerte aunque tenaz	
INIA Chimango	Bueno	Buena	Buena, con gluten balanceado	
INIA Gorrión	Bueno	Buena	Muy buena, con gluten fuerte y balanceado	
INIA Churrinche	Bueno	Buena	Buena	
INIA Don Alberto	Bueno	Buena	Buena	
INIA Carpintero	Bueno	Buena	Aceptable	
INIA Madrugador	Bueno	Buena	Buena	
INIA Mirlo	Bueno	Buena	Aceptable	

Fuente: Mejoramiento Genético de Trigo. INIA.
Resultados Experimentales de Evaluación de Trigos Ciclo Largo y Ciclo Intermedio para el Registro Nacional de Cultivares. INASE-INIA.

5. ÉPOCA DE SIEMBRA Y POBLACIÓN OBJETIVO

En el cuadro siguiente se presenta la recomendación de época de siembra y de época de cosecha según momento de siembra. También, se presentan datos orientadores respecto a la población objetivo (plantas efectivas/metro de surco) a lograr para cada cultivar.

Cuadro 9.

Cultivar	Fecha:	SIEMBRA												COSECHA								POBLACIÓN OBJETIVO (1)			
		ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	15	30	1	15	31	1	15	30	1	15	31	1	15	20	30	1	10	20	31				
INIA Gorrión																								30-35	
INIA Garza																									30-35
INIA Chimango																									35-40
INIA Tijereta																									35-40
INIA Carpintero																									35-40
INIA Churrinche																									35-40
INIA Don Alberto																									35
INIA Madrugador																									35-40
INIA Mirlo																									40

Referencias:

			
DOBLE PROPÓSITO	PERÍODO ÓPTIMO	PERÍODO TARDÍO	PERÍODO COSECHA

(1) Plantas por metro de surco. El ajuste final dependerá de la zona geográfica (norte o sur del Río Negro), condiciones de la chacra, tipo de laboreo, época de siembra, calidad de la semilla, etc.

Fuente: Mejoramiento Genético de Trigo. INIA.

Respecto a época de siembra, se puede observar que el período de siembra del trigo en el país queda bien cubierto con estas variedades. Por otro lado, sembrando en el período óptimo para cada cultivar es mayor la probabilidad de obtener rendimientos más altos (cuadros 2 y 5) y, además, se logra tener el rastrojo disponible más temprano, lo que permite adelantar la siembra de un cultivo de segunda

6. CONSIDERACIONES FINALES

- ✓ Hay disponibilidad de cultivares para cubrir todo el período de siembra.
- ✓ Cada cultivar tiene su período óptimo de siembra para lograr los mayores rendimientos y las pérdidas por siembras tardías puedan ser muy significativas.
- ✓ Además, las siembras tempranas permiten anticipar la cosecha, dejando la chacra disponible para un cultivo de segunda en una fecha más apropiada.
- ✓ Las nuevas variedades tienen muy altos rendimientos, buena sanidad y adecuada calidad para la industria.
- ✓ INIA Chimango puede ser un sustituto gradual de INIA Tijereta e INIA Madrugador de INIA Mirlo.
- ✓ INIA Garza es el cultivar más destacado en siembras para doble propósito.
- ✓ El menú de cultivares disponibles permite una buena diversificación del período espigazón-floración, lo cual puede ser una herramienta útil para disminuir los riegos de daños generalizados por fusariosis de la espiga. Esto se debería tener en cuenta al momento de decidir sobre los cultivares a usar y sus fechas de siembra.
- ✓ Es importante remarcar que para elegir la variedad a sembrar es conveniente integrar todos los aspectos mencionados en esta presentación. Dentro de estos, la sanidad del cultivar seleccionado constituye un aspecto muy importante para el mejor éxito del cultivo en las condiciones del Uruguay, tanto desde el punto de vista de niveles y estabildades de rendimientos, como de costos de producción.
- ✓ Si se incluyeran en los planes de siembra cultivares con algún problema sanitario importante, probablemente se tenga la necesidad y conveniencia de usar control químico. En este sentido, el INIA cuenta con información en cuanto a productos, dosis, momentos de aplicación, etc., que puede ayudar a tomar las decisiones más adecuadas según el caso.
- ✓ Finalmente, para disminuir los riesgos de producción puede ser muy útil diversificar la elección de cultivares a sembrar y, también, diversificar la época de espigazón-floración. Esto se puede lograr sembrando un mismo cultivar, o cultivares de ciclos similares, en distintas fechas o sembrando en la misma fecha cultivares de diferentes ciclos.

7. ANEXO

EMPRESAS QUE DESARROLLAN COMERCIALMENTE TRIGOS INIA

LE 2210 INIA TIJERETA	CALMER, CALSAL, COPAGRAN, SOCIEDAD DE FOMENTO RURAL DE TARARIRAS, UNIÓN RURAL DE FLORES, SERKAN S.A., PROCAMPO URUGUAY S.R.L.
LE 2245 INIA GORRIÓN	SERKAN S.A., PROCAMPO URUGUAY S.R.L.
LE 2313 INIA GARZA	CADOL, CALMER, CALPROSE, CALSAL, COPAGRAN, SOCIEDAD DE FOMENTO RURAL DE TARARIRAS, UNIÓN RURAL DE FLORES
LE 2325 INIA CHIMANGO	CADOL, CALMER, CALPROSE, CALSAL, COPAGRAN, SOCIEDAD DE FOMENTO RURAL DE TARARIRAS, UNIÓN RURAL DE FLORES
INIA MIRLO	CALSAL, CALMER, COPAGRAN, SOCIEDAD DE FOMENTO RURAL DE TARARIRAS
LE 2249 INIA CHURRINCHE	Consortio Nacional de Semilleristas de Trigo (CNSTI)*
LE 2331 INIA DON ALBERTO	Consortio Nacional de Semilleristas de Trigo (CNSTI)*, ADP S.A., BASELTO S.A., ASOCIACIÓN AGROPECUARIA DE DOLORES
LE 2332 INIA MADRUGADOR	Consortio Nacional de Semilleristas de Trigo (CNSTI)*
LE 2333 INIA CARPINTERO	Consortio Nacional de Semilleristas de Trigo (CNSTI)*, PROCAMPO URUGUAY SRL, ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE LECHE DE SAN JOSÉ

* Empresas que integran el Consortio Nacional de Semilleristas de Trigo (CNSTI): CADOL, CALMER, CALPROSE, CALSAL, COPAGRAN, SOCIEDAD DE FOMENTO RUTAL DE TARARIRAS, UNION RURAL DE FLORES.

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN CON AZUFRE EN TRIGO Y CEBADA

Adriana García Lamothe¹
Andrés Quincke¹

Introducción

El azufre (S) forma parte de los aminoácidos cisteína y metionina constituyentes de proteínas. Cultivos como el trigo y la cebada requieren al menos 2 Kg de S por tonelada de grano producido para satisfacer sus requerimientos esenciales. Los fertilizantes fosfatados hoy más usadas aportan poco o nada de S, de modo que ante el escenario de intensificación agrícola actual, es probable que este nutriente sea insuficiente en muchos casos, como se demostró en sistemas lecheros (Morón y Baethgen, 1996). Para el caso particular del trigo ese hecho repercutiría en forma negativa sobre la calidad panadera del grano. (García Lamothe, 1999).

En la última década se ha encontrado respuesta a S en trigo en Brunosoles de fertilidad y textura media de La Estanzuela (García Lamothe, 2002, 2008). Por lo común dicha respuesta ha sido significativa cuando la concentraciones de sulfato (S-SO₄) en el suelo fue baja (< 6 mg/Kg) y el volumen de rastrojo escaso. A su vez se ha observado que la probabilidad de respuesta ha sido mayor con mala condición física del suelo lo que se atribuyó a la dificultad para el crecimiento de las raíces y el acceso a sulfato retenido en horizontes sub-superficiales.

El S que absorbe un cultivo durante su ciclo proviene de 2 *pooles* diferenciables. Por un lado el contenido de S inorgánico (S como sulfato, o S-SO₄) presente inicialmente, y por otro lado del S liberado por mineralización de residuos orgánicos durante el ciclo. Por consiguiente la utilidad del análisis de S-SO₄ en el suelo es solamente parcial a la hora de pronosticar la respuesta al nutriente. Un valor bajo no asegura se vaya a encontrar respuesta a S, pero en contraposición, cuando se ha encontrado respuesta, la concentración de S-SO₄ es baja.

La dosis óptima de S suele variar entre 15 y 30 Kg/Ha, mientras que dosis más altas pueden causar un efecto negativo sobre el rendimiento del trigo (García Lamothe, 2002). El incremento en rendimiento ha oscilado entre 6 y 13 %, con una eficiencia de 4 a 28 kg de grano/kg de S aplicado (usando sulfato de calcio como fuente de S). El impacto sobre la cantidad de grano es menor que en el caso del Nitrógeno. En el 2007 en EELE, en un suelo con menos de 6 ppm de S-SO₄ y escasos residuos frescos (moha ensilada), se observaron incrementos de 12-13%, con una eficiencia de 7-19 Kg de grano/Kg de S y una significancia de 8-9% de probabilidad (García Lamothe, 2008).

Se están llevando adelante trabajos para ampliar la información con énfasis en suelos de texturas más livianas y/o sistemas de producción intensivos y representativos del litoral agrícola. El objetivo final es desarrollar recomendaciones prácticas para el adecuado manejo de la fertilización con S en los actuales sistemas agrícolas y proponer el uso de indicadores para diagnosticar la necesidad del nutriente. En forma preliminar, aquí se presentan datos de rendimiento en grano de los cereales de invierno trigo y cebada cervecera obtenidos en 2008

Materiales y Métodos

Se condujeron 6 experimentos en trigo y 1 en cebada en diferentes sitios dentro y fuera de la Estación Experimental (cuadro 1). Se tomaron muestras de suelo compuestas en cada sitio experimental antes de la instalación (fertilización) a dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm) en las que se determinó concentración de S-SO₄.

Los tratamientos consistieron en 3 dosis de S (15-30 y 45 Kg/Ha) en una única aplicación a 2-3 hojas y bajo la forma de sulfato de calcio y un control sin S. El diseño utilizado fue de bloques al azar con 3

¹ Ing. Agr. (M.Sc.), Suelos, Programa de Cultivos de Secano y de Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA La Estanzuela.

repeticiones. Las parcelas eran de 6 m de largo por 2 de ancho. El rendimiento en grano se estimó cosechando un área de 8 m².

La fertilización con Nitrógeno y Fósforo se efectuó de modo que no fuesen limitantes esos nutrientes para un rendimiento de por lo menos 5.5 t/ha. El control de malezas se hizo con Glean o Finesse (cebada) a dosis recomendadas y con el cultivo con 4 hojas mínimo. Los cultivos se trataron con una aplicación preventiva de fungicida (Caramba 1 l/ha a floración), no hubo incidencia significativa de enfermedades a hongos (debido al marcado déficit hídrico).

Cuadro 1. Sitios experimentales, algunos datos de propiedades químicas y físicas relevantes, rendimiento del control sin S (T0) y significación estadística de los tratamientos con S en trigo y cebada en el año 2008.

Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	S-SO4 (0-15,15-30)	PMN	Rend. control	Sig. (Pr>F)
EELE-1 Chacra 1b	Pradera	2.30	franco-arcillosa	6.0 7.8	44	3510	NS
EELE-2 Chacra 20	Soja	1.91	franca	1.7 12.3	38	5430	NS
EELE-3 CMT	Soja	1.94	franca	8.6 4.2	46	3840	0.14
Dolores-Ruta 105	Soja	1.64	franca	3.8 5.2	16	4215	NS
Young -2 SRRN	Pradera	2.33	franco-arenosa	2.4 7.8	58	3470	0.10*
Young -3 (forestal)	Avena	1.81	arenosa	4.0 6.6	54	3425	NS
CEBADA EELE	Soja	1.85	franca	3.0 1.7	20	2735	0.07*

Resultados y Discusión

El efecto del S sobre el rendimiento en grano fue significativo ($P < 0.10$) en dos casos y se observó una tendencia (sig. $P < 0.14$) en uno. La respuesta en los tres sitios fue similar y se ajustó a un modelo del tipo cuadrático, consistente con lo observado en años anteriores en INIA La Estanzuela. Sin embargo, el máximo rendimiento promedio se obtuvo con 37 Kg de S/ha. Este valor es mayor a las dosis óptimas determinadas anteriormente y podría estar relacionado a las condiciones extremadamente secas del 2008 y su efecto sobre el crecimiento radical de los cultivos.

El incremento en grano logrado por la fertilización con S fue 15 %, similar al del 2007 y la eficiencia de 13 kg de grano/Kg de S aplicado (figura 1).

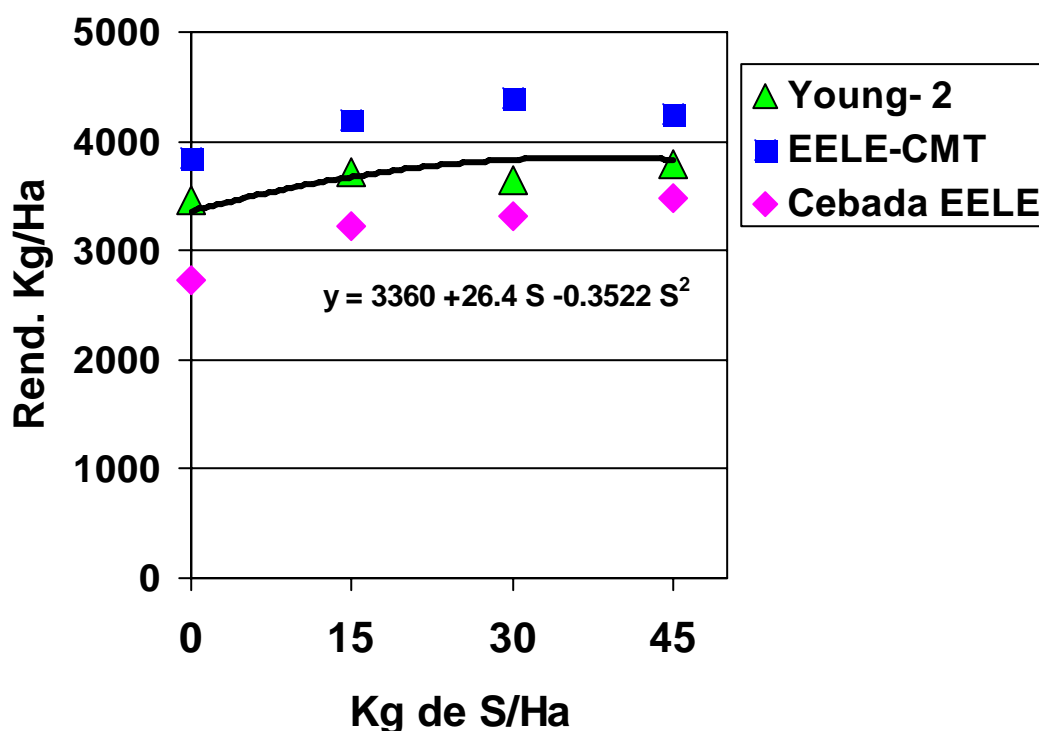


Figura 1. Respuesta a S promedio de 3 sitios experimentales en el 2008 (trigo y cebada)

La respuesta al S expresada como rendimiento relativo (cociente entre el rendimiento del control sin S T0 y el máximo rendimiento obtenido con S) no se correlacionó con el sulfato presente en los primeros 15 cm de suelo la siembra ($r=0.07$). No obstante, hubo respuesta significativa ($P<0.10$) sólo cuando el valor de S-SO4 fue bajo (≈ 3 mg/kg de suelo). Cuando al ese S-SO4 determinado en superficie se le sumó el de la capa más profunda (15 - 30 cm) el coeficiente de correlación (R) fue 0.55 (sig. $P<0.20$) mejorando el valor del análisis como indicador de disponibilidad de S para el cultivo.

El análisis foliar ha sido propuesto como herramienta de diagnóstico. El manual de interpretación de análisis de plantas de CSIRO (1997) cita un valor crítico (deficiencia) en hojas a fin de macollaje-inicio de encañado de 3.2% para trigo. En los sitios que hubo respuesta a S se observó que el % de S en hojas nuevas a Z 3.0 fue notoriamente menor en las parcelas sin S comparado con los tratamientos con S (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de S (%) en las hojas superiores completamente desarrolladas de plantas de trigo y Cebada a Z 3.0 y 3.2 respectivamente.

Sitio		T0	15 kg de S/Ha	30 Kg de S/Ha	45 Kg de S/Ha
1	EELE Cebada	2.96	3.14	3.26	3.46
2	Young, SRRN	3.15	4.26	4.51	4.67
3	EELE CMT	3.31	4.22	4.54	4.66

También se ha sugerido la utilidad de la relación de N:S en el grano para determinar si el nutriente fue suficiente para el cultivo (Randall et al.1981). Un trigo deficiente en S tendría menos de 0.12 % de S en grano y una relación N:S mayor a 17:1. Es importante aclarar que el método puede ser útil sólo para tomar decisiones de manejo futuras y que debería ser validado para ambos cultivos en nuestras condiciones específicas.

Resulta oportuno discutir algunos aspectos de la dinámica del S, y las similitudes y diferencias con respecto al Nitrógeno. La mayor parte del sulfato presente en el suelo proviene de la descomposición de residuos orgánicos. Como es sabido, en proceso también se libera N amoniacal que luego se transforma mayormente en nitratos. Sulfatos y nitratos se mueven disueltos en el agua pero la movilidad del sulfato es menor que la del nitrato y tiende a ser retenido en horizontes sub-superficiales arcillosos. Por otro lado, la pérdida gaseosa como sulfuro es irrelevante comparada a la desnitrificación. Sin embargo, -y a pesar de las pérdidas de N que ocurren en condiciones de chacra, la mineralización de N y S pueden provenir de una misma fracción de materia orgánica "fácilmente descomponible". El análisis de Potencial de Mineralización de Nitrógeno (PMN) determina el N orgánico que se mineraliza en condiciones estandarizadas y sin pérdidas. En trabajos paralelos, se está desarrollando el uso del PMN como indicador de cuánto N puede absorber el cultivo. Los trabajos de S presentados aquí, sumado a otros estudios en marcha, permitirán estudiar la relación entre el PMN y la mineralización de azufre.

Conclusiones

Hasta el momento el análisis de S-SO₄ parece ser la herramienta más útil para pronosticar la necesidad de S, especialmente si se considera el S-SO₄ de las capas sub-superficiales. El análisis de plantas parece efectivo para diagnosticar la deficiencia en un cultivo, aunque puede resultar demasiado tarde para corregirla en el cultivo presente.

Finalmente, para determinar la cantidad de S disponible en un sistema de producción debería hacerse un balance de las entradas y las salidas de S del suelo y evaluar la suficiencia o no del nutriente para cubrir los requerimientos de los cultivos.

Citas Bibliográficas

CSIRO-Australia. 1997. Plant Analysis- an Interpretation manual. Ed. D.J. Reuter y J.B. RobensonR 572p

García Lamothe, A. 1999. Impacto de la fertilización con N y otros nutrientes sobre la calidad del grano de trigo pan. Primer Jornada sobre rendimiento y calidad de trigo. Mesa Nacional de Trigo. Mercedes, Uruguay, 26 de agosto, 1999.

García Lamothe, A. 2002. Respuesta a la fertilización con azufre en trigo pan. Doc. On-line nº061.

García Lamothe, A. 2008. INIA- Actividades de Difusión 531 Jornada de cultivos de invierno 2008.

Morón, A y W. Baethgen 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. Serie Técnica Nº73. INIA La Estanzuela. Uruguay.pp.16

Randall, P.J.; K. Spencer y J.R. Freney. 1981. Sulfur and nitrogen fertilization effects on wheat. I Concentration of sulfur and nitrogen to sulfur ratio in relation to yield response. Aust. J. Agric. Res. 32:203-212.

RESPUESTA A CLORURO DE POTASIO (KCL) EN TRIGO Y CEBADA

Adriana García Lamothe¹, Andrés Quincke¹,
Silvia Pereira² y Martha Díaz de Ackermann²

Introducción

Los cereales de invierno integran las rotaciones agrícolas más tradicionales del país siendo la cebada y en especial el trigo los de mayor área de siembra, con un 85 % de su área en siembra directa (SD). Para estos cereales como para cualquier cultivo, el potasio (K) es uno de los 4 nutrientes que se requieren en gran cantidad, similar a la de nitrógeno (N). Mientras que el N es el mayor limitante del rendimiento, por lo común el K no lo es, ya que la mayoría de los suelos agrícolas del país tiene niveles altos de K intercambiable (K-int) debido al material madre sobre el que se desarrollaron. Los niveles críticos comúnmente aceptados se ubican en 0.20-0.25 meq/100g para suelos de texturas medias y en 0.30 meq/100g para suelos más pesados. En los últimos años han aparecido casos de retraso en el crecimiento y desarrollo de plantas en cultivos, atribuibles a la deficiencia de K. Además, en una serie de experimentos en chacras de producción comercial en los departamentos de Soriano y Flores, Bautes et. al. (2008) comprobaron que el agregado de KCl puede producir marcada respuesta en rendimiento en suelos desarrollados sobre Areniscas Cretácicas.

Durante la última década la producción agrícola regional y nacional se ha intensificado, lo que conlleva a una alta extracción de nutrientes. Después de muchos años de agricultura, incluso suelos originalmente ricos en K-int pueden empezar a mostrar evidencia de insuficiencia de K. El efecto de este nutriente sobre la resistencia a enfermedades y plagas (Huber and Arny, 1985; Marschener 1995) y la necesidad casi ineludible en sistemas intensivos de producción de contemplar buenas estrategias para su control, abre la interrogante respecto a la posible interacción entre la disponibilidad de K y la eficacia de diferentes tratamientos o manejos sanitarios.

Por otro lado productores y técnicos han observado que el valor de análisis de K-int no siempre es consistente con la respuesta al nutriente, de modo que el nivel crítico podría ser mayor a 0.3 meq./100 g de suelo. Considerando la evolución en los potenciales de rendimiento de la mayoría de los cultivos y sus requerimientos nutricionales, y la intensificación agrícola, es posible que eso sea cierto. A su vez han habido cambios importantes en la tecnología de producción, quizás el de mayor impacto en la última década es la siembra directa (SD), que altera la condición física del suelo y el medio en el que crecen las raíces, lo que puede afectar la absorción de K.

Con SD el suelo tiende a compactarse debido al movimiento de maquinaria, cada vez de mayor tamaño y al creciente número de operaciones, el pastoreo animal en sistemas mixtos, y las propias condiciones del clima. La compactación tiene efecto adverso sobre el crecimiento de las raíces. Martino y Shaykewich (1994) han establecido una resistencia crítica de 2 MPa para la penetración radical independientemente de la textura del suelo. No obstante con resistencias a la penetración del doble de ese valor se ha observado que las raíces aún crecen (datos sin publ. 2008). Zou *et al* 2001 explican que ese crecimiento ocurre a través de canales naturales, pero igualmente han determinado que para un mismo contenido de agua el alargamiento de las raíces cae exponencialmente al aumentar la compactación del suelo. Ese efecto reduciría la biodisponibilidad de K, a pesar de que el K-int generalmente aumenta en profundidad.

Este trabajo se realizó con el objetivo de explorar la respuesta a K en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de producción y propiedades físicas y químicas, y verificar la validez actual del nivel crítico de referencia de 0.3 meq/100 g de suelo para la producción de trigo y cebada; o, identificar algún tipo de interacción con propiedades del suelo que pudiera explicar la inconsistencia observada en algunos años y sitios entre el nivel crítico y la respuesta al nutriente o simplemente la sintomatología de deficiencia. Por último evaluar el efecto del K sobre la incidencia de enfermedades en los cultivos de invierno, responsables de pérdidas importantes de productividad en años favorables para el desarrollo

¹ Suelos, Programa de Cultivos de Secano y de Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA La Estanzuela.

² Protección Vegetal, Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

de las mismas, y que ante las perspectivas del cambio climático es de esperar aumenten en severidad en cultivos de invierno.

Materiales y métodos

Se instalaron 9 experimentos, 6 con trigo y 3 con cebada cervecera y SD sobre diversos rastrojos, en los departamentos de Colonia, Soriano y Río Negro. Se tomaron en cada sitio muestras compuestas de 20 tomas en los 0 -15 cm de profundidad previo a la aplicación del fertilizante, las que se analizaron para propiedades químicas y físicas del suelo. (cuadro 1).

Los tratamientos consistieron en una única aplicación en superficie de 3 niveles de KCl (100, 200 y 300 kg/ha) post-emergencia (2-4 hojas). El diseño utilizado fue de bloques al azar con 3 repeticiones. El tamaño de parcela de 6 m de largo por 2 de ancho.

Determinaciones:

Resistencia a la penetración con penetrómetro de cono (soil-test). Concentración de K en plantas a Zadoks (Z) 3.0-3.2 y en el suelo en tratamientos con y sin agregado de KCl. Rendimiento en grano calculado a partir de la cosecha de 8 m²/parcela y componentes de rendimiento en 2 m lineales a madurez fisiológica. Concentración de proteína en el grano. Lectura de enfermedades que debido a las condiciones climáticas del año (seco) sólo se realizó en un ensayo de cebada con ataque temprano de hongos. A los efectos de esta publicación sólo se presentan los datos de rendimiento en grano.

En todos los casos el fósforo se corrigió para que no fuese limitante (< 18 mg/kg). Una dosis baja de N se aportó a la siembra con el fertilizante binario (N-P) y posteriormente dosis fijas, de 30 kg/ha a inicio del macollaje (Z 2.2) y 60 kg/ha a fin del macollaje (Z 3.0) en trigo y 30 kg/ha a Z 2.2 y 30 a Z 3.0 en cebada. El control de malezas se realizó con Glean en todos los casos y Hussar cuando fue necesario. No hubo casi ataque de insectos plaga y en ningún caso se aplicó fungicida para no enmascarar un posible efecto del KCl sobre el estado sanitario de los cultivos.

Cuadro 1. Uso anterior, principales propiedades de suelo, rendimiento del control sin KCl y significación estadística de la respuesta al fertilizante en 6 sitios experimentales de trigo en 2008.

Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/100g	Rend. Control kg/ha	Sig. (Pr>F)
EELE-1 Chacra 1b	Pradera	2.30	franco-arcillosa	0.96	3084	0.15
EELE-2 Chacra 20	Soja	1.91	franca	0.63	5763	NS
Dolores-Ruta 105	Soja	1.64	franca	0.80	5064	0.21
Young -1 Ruta 3	Soja	2.28	franco-arcillosa	0.44	5515	0.09*
Young -2 SRRN	Pradera	2.33	franco-arenosa	0.40	3392	0.18
Young -3 (forestal)	Avena	1.81	arenosa	0.32	3880	0.09*

Cuadro 2. Uso anterior, principales propiedades de suelo, rendimiento del control sin KCl y significación estadística de la respuesta al fertilizante en 3 sitios experimentales con cebada cervecera en el 2008.

Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/ 100 g	Rend. Control Kg/ha	Sig. (Pr>F)
EELE-Chacra 43	Soja	1.97	franca	0.75	2533	0.01
Palmitas Ruta 2	Soja	2.01	franca	1.02	2814	0.15
Dolores Ruta 105 *	Soja	1.64	franca	0.80	4900	NS

El análisis estadístico se hizo mediante un procedimiento de SAS (GLM) y la separación de medias con MDS.

Resultados y Discusión

El clima durante el ciclo del cultivo fue atípico con marcado déficit hídrico de invierno y primavera, más severo en Soriano (precipitaciones de aprox. 25 % de la media histórica). Debido a ese hecho fue baja la incidencia de enfermedades a hongos, en cambio algunos cultivos vieron reducido su rendimiento por falta de agua a floración.

Si bien las enfermedades no tuvieron casi incidencia y el efecto del Cloro (Cl) estaría más relacionado a la resistencia a ellas (Christensen *et al.* 1981; Engel y Grey, 1991;) y además se ha encontrado respuesta al elemento en trigo (Diaz Zorita *et al.* 2004;) las curvas de respuesta ajustaron en función de las dosis de KCl usadas y no de K.

En 2 de los 6 experimentos de trigo hubo respuesta a KCl sig. a $P < 0.10$ (Young-1 y Young-3). La concentración de K en tejidos vegetales a Z 3.0 en el control sin KCl fue 1.39 y 1.80 % respectivamente, valores deficitarios según el manual de interpretación de análisis de plantas de CSIRO 1997. En el otro sitio (Young-2; sig. $P < 0.18$) el % de K en tratamiento control fue 2.7. Sólo en un caso el agregado de KCl no mostró siquiera una tendencia del fertilizante a incrementar el rendimiento (chacra 20 de EELE, campo de riego), en ese caso, la concentración de K fue 3.04 % en el tratamiento control y el rendimiento promedio fue 5.7 ton/Ha (MDS= 1040 Kg/ha).

Las condiciones secas del año podrían estar explicando estos resultados. El K llega a las raíces por flujo de masa y difusión (Mengel y Kirkby, 1982), este último mecanismo se torna más relevante cuando hay escasez de agua en el suelo y entonces el cultivo se hace más dependiente del desarrollo de su sistema radical para acceder al K. Por otro lado a medida que un suelo pierde agua su dureza es cada vez mayor (Mathers, *et al.* 1966) y aumenta la resistencia a la penetración radical (Baver *et al.* 1972).

No hubo diferencia significativa entre dosis de KCl aplicadas. En otras palabras, la dosis más baja (de 100 kg/ha de KCl) fue suficiente para alcanzar el máximo rendimiento, lográndose con ella valores de K en plantas dentro del rango considerado adecuado, cercanos o mayores a 3 %. La escasa significación estadística de los tratamientos puede estar explicada por ese hecho ya que las MDS muestran diferencia entre controles y tratamientos con KCl a pesar del resultado del ANOVA.

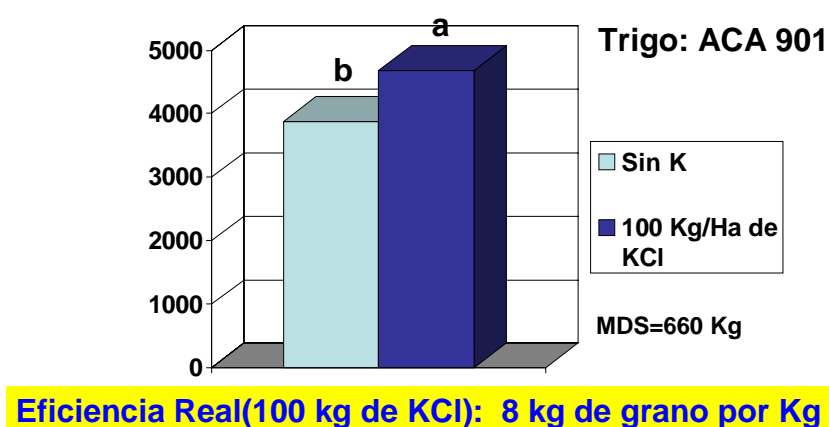
En cebada en 2 sitios el KCl tendió a aumentar la producción de grano. Es sugerente que en ese experimento donde no se observó tendencia del fertilizante hubo ataque temprano de hongos (principalmente mancha en red tipo spot, causada por *Drechslera teres* f. sp. *maculata*), registrándose

una mayor severidad en el control sin KCl, pero el efecto se diluyó al avanzar el ciclo del cultivo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nivel de mancha en red tipo spot (MRTS) y roya de la hoja (RH) en dos momentos del ciclo del cultivo en tratamientos control y promedio de tratamientos con KCl.

	24 de setiembre MRTS (%)	EV: HB-embuche RH (%)	30 de octubre MRTS (%)	EV: LP-PB RH (%)
Control sin KCl	14.5	2.5	52.5	8.5
Tratamientos con KCl	7.8	2.5	42.9	11.0

Dado el costo del KCl que en el 2008 ronda los U\$800 la tonelada, parece más que justificado ajustar la curva de respuesta con dosis menores del fertilizante, ya que sólo en un caso aplicar 100 kg/ha fue económicamente rentable obteniéndose 8 kg de grano por kg de KCl agregado, para una relación de precios insumo:producto = 4.



Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/ 100 g	Sig. (Pr>F)
Young -3 (forestal)	Avena	1.81	arenosa	0.32	0.09*

Figura 1. Incremento en rendimiento logrado con la aplicación de 100 kg de KCl/ha en un suelo arenoso con contenido marginal de K-int (0.32 meq./100 g de suelo).

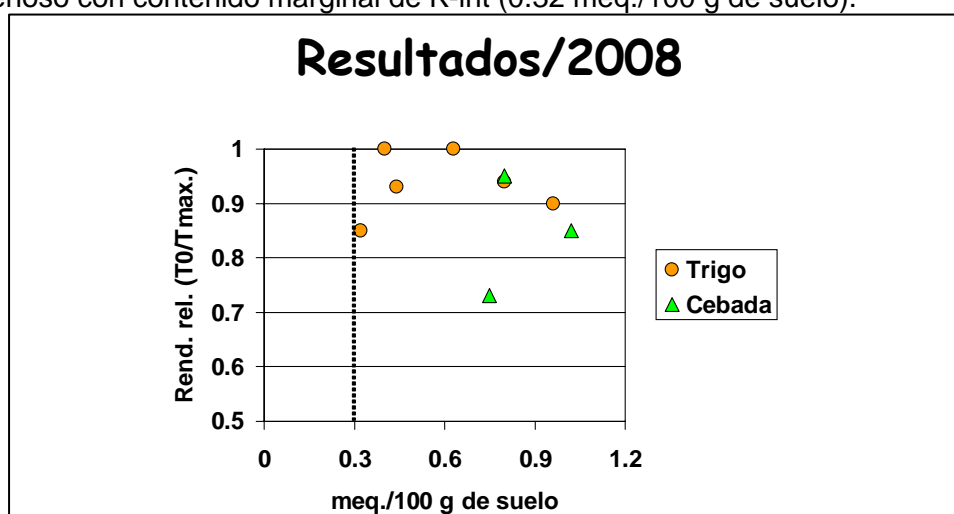


Figura 2. Rendimiento relativo en trigo y cebada expresado como el cociente entre rendimiento del control sin KCl (T0) y el máximo obtenido (Tmax) con la aplicación de KCl.

Sólo en un sitio experimental la respuesta en grano fue altamente significativa ($P < 0.01$) y se trató de un suelo con un nivel adecuado de K-in (0.75 meq./100 g de suelo) pero de muy mala condición física (erosionado), lo que podría haber afectado el crecimiento de raíces de cebada (Baver et. al, 1972; Unger y Kaspar. 1994) y reducido la volumen de suelo explorado al punto de no permitir se cubriese la necesidad de K del cultivo. La concentración de K en los tejidos vegetales en este caso fue sin embargo alta (3.3 %) y atribuible a que la escasa biomasa producida. Como el K tiene efecto sobre la eficiencia de uso del agua, resulta difícil identificar cual fue la causa y cual el efecto, el K reduce la eficiencia de uso de agua y el agua la absorción de K.

Este resultado y en general los que mostraron que a pesar de un nivel de K-int adecuado hubo una tendencia a incrementar la producción de grano (figura 2) con el agregado de KCl, sugieren que predecir ajustadamente el aporte de K de un suelo requiere más que el dato de K-int. Respecto al suelo, el contenido de agua disponible, la densidad aparente, la porosidad, el volumen explorable por las raíces parecen datos importantes a considerar, que además están asociados al riesgo de ocurrencia de estrés hídrico. Probablemente también aspectos relacionados con el cultivo como la biomasa, la tasa de crecimiento de raíces deberían tenerse en cuenta.

El hecho que con valores de K-int relativamente altos igual se encuentre respuesta a K estuvo relacionado no sólo a la falta de agua sino también a restricciones físicas del suelos para el crecimiento de las raíces, como se mencionó anteriormente estos factores son interdependientes. Si no hubiera restricciones las raíces podrían penetrar el subsuelo y acceder a más agua y a más K en profundidad.

Conclusiones

Para las condiciones del 2008 en que los resultados fueron afectados por la falta de agua en el suelo lo que pudo alterar la dinámica del K y exacerbar el efecto de la compactación sobre el crecimiento de las raíces, se encontró respuesta a KCl con niveles de K-in mayores a 0.3 meq./100 g de suelo tanto en trigo como en cebada. Ese valor habría sido un pobre indicador de disponibilidad de K para el cultivo a la hora de pronosticar la respuesta al nutriente y optimizar el rendimiento.

Conocer qué ocurre en años húmedos con el nivel crítico es el desafío futuro. Un año con humedad adecuada en el suelo los cultivos podrían llegar a extraer cantidad suficiente de K con un sistema radical bien desarrollado. Pero por otro lado, la presión de enfermedades a hongos sería mayor y considerando el efecto del K y del Cl sobre la resistencia a ellas cabe la interrogante: ¿Será igual el nivel crítico para producir la máxima cantidad de grano que para mejorar la resistencia a enfermedades y reducir la necesidad de control químico?. Y por otro lado: ¿Cuánto del efecto sobre los cultivos se debe al K y cuánto al Cl, si es que éste tiene algún efecto en nuestras condiciones?

Citas bibliográficas

Bautes, C., M. Barbazán y L. Beux. 2008. Fertilización potásica inicial y residual en cultivos de secano en suelos sobre Areniscas Cretácicas y transicionales. In Seminario Técnico "Criterios para la fertilización con fósforo y potasio en sistemas agrícolas. Paysandú, 24 de Julio de 2008. IPNI y Facultad de Agronomía.

Baver, L. D., W. H. Gardner y W. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley & Sons, New York. Fourth Edition. 489 p.

Diaz Zorita M, G.A. Duarte y M. Barraco. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy pampas region, Argentina. Agronomy Journal, 96:839-844

Christensen NW, R.G. Taylor, T.L. Jackson y B.L. Mitchell. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with take- all root rot. Agron. J. 73: 1053-1058

Engel RE y W.E. Grey. 1991. Chloride fertilizers effects on winter wheat inoculated with *Fusarium culmorum*. Agron. J. 83: 204-208.

- Huber, D.M. y D.C. Arny. 1985. Interactions of potassium with plant disease. In Potassium in Agriculture. Ed. R.D. Munson. Madison, Wisconsin, ASA 467-488
- Marschner H.1995 Mineral Nutrition of Higher Plants Second Edition Academic Press Edition London
- Mathers, A. C., F. B. Lotspeich, G. R. Laase y G. C. Wilson. 1966. Strength of compacted Amarillo fine sandy loam as influenced by moisture, clay content, and exchangeable cation. Soil Sci. soc. Am. Pro. 30:788-791.
- Martino, D. L. y C. F. Shaykewich. 1994. Root penetration profiles of wheat and barleys as affected by soil penetration resistance in field conditions. Canadian Journal of Soil Science. 74(2): 193-200.
- Mengel K. y E.A. Kirkby.(1982) Principles of Plant Nutrition. International Potash_Institute. Bern 655p
- Unger, P. W. y T.C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth: A review. Agronomy Journal, Vol. 86:759 -766.
- Zou, C.; C. Penfold, R. Sand, R. K. Misra y I. Hudson. 2001. Effect of soil air-filled porosity, soil matrix potential and soil strength on primary root growth of radiata pine seedlings. Plant and Soil, 236:105-115.

USO DE MODELOS DE SIMULACIÓN PARA PREDECIR EL MOMENTO DE ESPIGAZÓN Y SENSIBILIDAD A FOTOPERIODO EN TRIGO

Berger, A.¹; Castro, M.¹; Ceretta, S.¹

INTRODUCCIÓN

El momento de espigazón es de gran importancia en determinar el rendimiento y calidad de grano, ya sea porque su adelanto expone al cultivo a riesgos de heladas o porque su retraso ubica el periodo de llenado de grano en condiciones desfavorables de elevadas temperaturas en Noviembre-Diciembre (German *et al.*, 1995). En los cereales de invierno, el momento de espigazón esta regulado por fotoperíodo, tiempo térmico y vernalización. Los cultivares sembrados en Uruguay son de habito primaveral, con bajo o nulo requerimiento de vernalización y diferente grado de sensibilidad al fotoperíodo (German *et al.*, 1995; Gonzalez *et al.*, 2000).

En la mayoría de los cultivares de trigo, la tasa de desarrollo hasta espigazón (*1/días a espigazón*) aumenta linealmente con el aumento de la temperatura desde una temperatura base hasta un óptimo en que la espigazón es más rápida, y decrece en temperaturas supra-óptimas (Roberts, et al., 1997). Sin embargo, sólo en los cultivares sensibles al fotoperíodo la espigazón es retrasada mientras los días sean más cortos que el fotoperíodo crítico (*Pc*) (Roberts, et al., 1997). En estos casos, la tasa de desarrollo hasta espigazón depende de temperatura y fotoperíodo para días más cortos que *Pc* y sólo de temperatura para días más largos que *Pc*. Durante el desarrollo hasta espigazón, normalmente se distinguen tres fases: 1) una fase pre inductiva en que las plantas son insensibles al fotoperíodo, denominada fase juvenil; 2) una fase inductiva sensible que determina el momento de espigazón; y 3) una fase insensible al fotoperíodo (Summerfield, *et al.*, 1997a), o de menor sensibilidad (Slafer, *et al.*, 1996). El largo de estas tres fases y el grado de sensibilidad a fotoperíodo de cada cultivar puede ser estimado en forma precisa con experimentos de transferencia recíproca de plantas desde y hacia días cortos a largos en condiciones controladas de invernadero. Alternativamente el uso de modelos de simulación basados en información de campo, o ambientes semi-controlados, permite estimar cuantitativamente el grado de sensibilidad al fotoperíodo y temperatura de cada cultivar. El modelo RodMod (Watkinson et al., 1994) integra una serie de ecuaciones sencillas, que tienen en cuenta el efecto de la temperatura (dentro de un rango de temperaturas óptimas para el crecimiento del cultivo), y del fotoperíodo en el largo del ciclo a espigazón, considerándolo como un todo y estimando parámetros con significado biológico (Lawn, et al., 1995; Summerfield et al., 1997a; Summerfield et al., 1997b; Roberts, et al., 1997).

Los parámetros del modelo, que son específicos para cada cultivar, pueden ser utilizados como indicadores cuantitativos de su respuesta a fotoperíodo y temperatura. Muchos trabajos refieren a la relación entre la presencia de alelos de respuesta a fotoperíodo, y el parámetro *c₂* en soja (Summerfield et al., 1997a; Summerfield et al., 1997b; Upadhyay, et al. 1994), así como en otros cultivos anuales.

Una vez estimados los parámetros del modelo, se pueden realizar predicciones de fecha de espigazón, si se conocen las condiciones de crecimiento del cultivo. Esto puede ser muy útil para ajustar el manejo de los cultivos y planificar tareas. Caracterizar la respuesta de los cultivares al fotoperíodo y tiempo térmico, es importante para poder estimar su adaptabilidad en distintos ambientes, ajustar su manejo y asistir el mejoramiento genético. El objetivo del presente trabajo es caracterizar la respuesta a fotoperíodo y tiempo térmico de cultivares de trigo sembrados en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos experimentales

Para este estudio se utilizaron datos de experimentos de campo de trigo realizados en las localidades Young (32° 43' S, 57°39' W) y La Estanzuela (34°20' S, 57°41' W), entre los años 1991 y

¹ Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela, R. 50 Km 11, CP 7000, Colonia. Uruguay.

2008, en épocas de siembra tempranas (abril-mayo), normales (junio-julio) y tardías (agosto-septiembre). Estos datos fueron generados por la Evaluación Nacional de Cultivares (Convenio INASE-INIA). Se seleccionaron todos los cultivares que contaran con al menos 11 registros emergencia-espigazón (Cuadro 1). Los datos de temperatura media diaria provienen de la estación meteorológica de INIA La Estanzuela y de la estación meteorológica de la Dirección Nacional de Meteorología-Young, ambas muy cercanas a los sitios en los que se ubicaron los experimentos. Los datos de fotoperíodo diarios fueron generados para ambas localidades en base a su latitud, considerando la posición del sol 3° por debajo del horizonte como inicio y fin del día.

Cuadro 1. Distribución del número de registros por localidad, ciclo y mes de emergencia del experimento.

Localidad	Ciclo	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
La Estanzuela	I	7	324	464	426	1221
	L	174	195	368	86	823
Young	I	28	383	447	190	1048
	L	129	270	195	68	662
Subtotal La Estanzuela		181	519	832	512	2044
Subtotal Young		157	653	642	258	1710
Total		338	1172	1474	770	3754

Análisis estadístico y descripción del modelo

Se asumió linealidad entre la tasa de desarrollo en función de tiempo térmico y fotoperíodo (Roberts, *et al.*, 1997), por lo que el fotoperíodo y temperatura fue promediado para todo el período de crecimiento entre emergencia y 50% de espigazón. La respuesta a temperatura en cultivares insensibles al fotoperíodo, o creciendo en fotoperíodos mayores al P_c , fue cuantificada para todo el período emergencia a espigazón como:

$$1/f = a_1 + b_1 T \quad (1)$$

siendo f la duración de la fase en días, T la temperatura media, y a_1 y b_1 constantes específicas del cultivar. Para fotoperíodos menores a P_c , la tasa de desarrollo es una función lineal de temperatura y fotoperíodo:

$$1/f = a_2 + b_2 T + c_2 P \quad (2)$$

siendo f y T lo mismo que en (1), P el fotoperíodo medio, y a_2 constante. La sensibilidad a temperatura y fotoperíodo son b_2 y c_2 respectivamente. Si el fotoperíodo es excesivamente corto, se llega a un extremo en que la espigazón no es más retrasada, y no es afectada ni por temperatura ni fotoperíodo:

$$1/f = a_3 \quad (3)$$

siendo a_3 una constante específica del cultivar.

Estas ecuaciones fueron ajustadas por el modelo interactivo RodMod (Watkinson *et al.*, 1994). En un primer paso el modelo ajusta la ecuación 1, y en los siguientes ajusta la ecuación 2, la ecuación 1+2, la ecuación 2+3, y la ecuación 1+2+3 respectivamente, seleccionando entre estos el paso de mejor ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación del modelo

El modelo fue ajustado para 145 cultivares de los cuales 93 son clasificados como de ciclo intermedio y 52 son clasificados como de ciclo largo. El ajuste del modelo fue en general muy bueno, siendo 0.81 la mediana del coeficiente de determinación. Los peores ajustes se observaron en cultivares con pocos registros y escaso rango de dispersión en cuanto a épocas de siembra y localidades (Figura 1). Debido a que sólo se considera el rango de temperaturas de crecimiento óptimo, existen dos situaciones en que el modelo puede realizar estimaciones erróneas: 1) Cuando las temperaturas ocurridas durante el ciclo a espigazón superan la temperatura óptima de crecimiento (por ejemplo temperaturas mayores a 28°C), 2) Cuando las mismas son inferiores a la temperatura base (Lawn et al., 1995; Bertero, *et al.*, 1999; Watkinson *et al.*, 1994). No obstante para las épocas de siembra habituales de Uruguay (Mayo-Agosto) es poco probable la ocurrencia de períodos prolongados con estas temperaturas medias diarias (menos del 2% de los días) durante el período de desarrollo del cultivo hasta espigazón. Por otra parte los cultivares utilizados en este trabajo tienen bajo o nulo requerimiento de vernalización. Por estos motivos es probable que los desvíos entre valores observados y simulados sean explicados principalmente por otros factores, entre ellos factores de manejo del cultivo en cada experimento, por ejemplo fertilización nitrogenada.

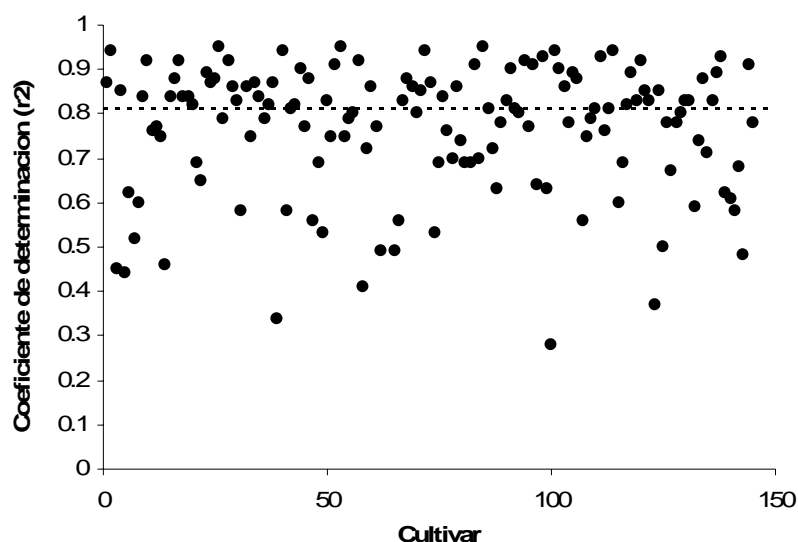


Figura 1. Ajuste del modelo a los datos por cultivar. La línea punteada indica la mediana.

Calibración y estimación de parámetros

El modelo ajustado con todos los datos disponibles para cada cultivar logró predecir con aceptable exactitud el momento de espigazón. En 132 de 143 cultivares el modelo logró el mejor ajuste en el paso 2, ajustando sólo la ecuación (2) (T+P). Esto indica que en mayor o menor grado existe respuesta al largo del fotoperíodo en trigo. Los cultivares PY 9715, LE 2354, LE 2350, CENTAURO (EXP 01-06), C00347, CEP 00-33 (FAD 4056), CRISTALINO (FAD 4026), ATLAX (ORL 03165), PY 9612, CCG1, LE 2290 lograron el mejor ajuste en el paso 1 mostrando independencia entre la tasa de desarrollo a espigazón y el fotoperíodo, aunque es importante notar que para estos cultivares en general el ajuste del modelo fue pobre (bajo r^2) dado el bajo número de registros con que contaba.

El parámetro c_2 (coeficiente de respuesta a fotoperíodo de cada cultivar) permite clasificar a los cultivares de acuerdo a su respuesta a fotoperíodo. En general los cultivares de ciclo largo presentan alta sensibilidad al fotoperíodo, mientras que los cultivares de ciclo intermedio presentan menor sensibilidad a fotoperíodo. Aunque para estos últimos se pueden encontrar casos en prácticamente todo el rango observado de sensibilidad a fotoperíodo (Figura 2).

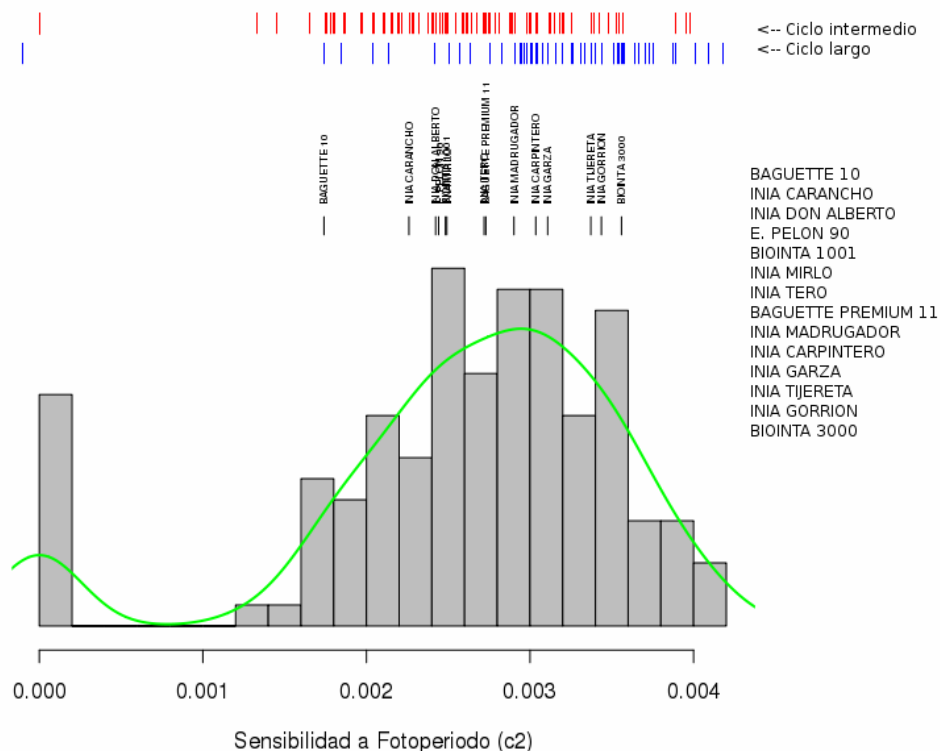


Figura 2. Distribución de la sensibilidad a fotoperíodo (c_2) para todos los cultivares de trigo evaluados. Cada marca vertical corresponde a un cultivar, según ciclo. El error promedio (entre cultivares) de estimación del parámetro c_2 fue 0.00045.

Predicción del momento de espigazón

En el presente estudio el fotoperíodo varió entre 10.25 y 14.5 horas y por lo tanto las estimaciones realizadas por el modelo en cualquier ambiente con un fotoperíodo dentro de este rango serán válidas.

El error promedio observado en la estimación de ciclo a floración es de 5 días, y el promedio del error máximo observado es de 14 días (Figura 3). Esto indica que el modelo puede ser utilizado para estimar con bastante certeza en que semana ocurrirá el momento de espigazón.

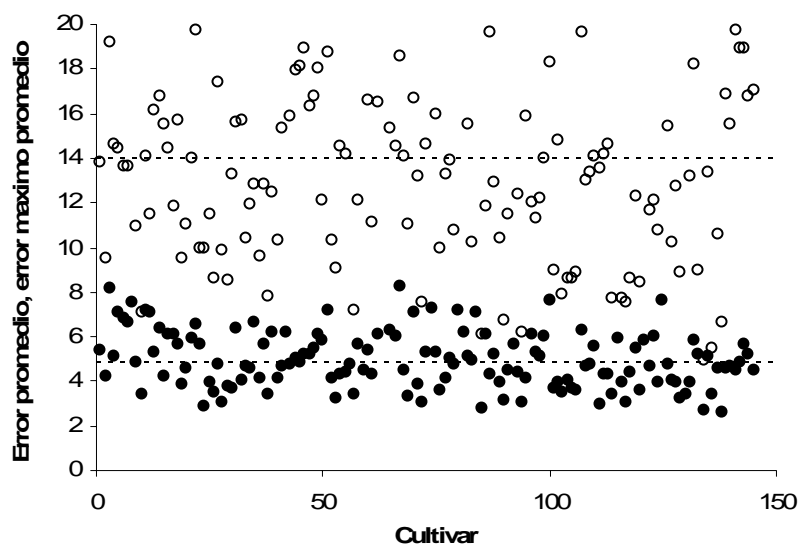


Figura 3. Error promedio y promedio del error máximo entre el modelo y los valores observados de ciclo a espigazón.

CONCLUSIONES

El modelo Rodmod, realiza buenas predicciones del ciclo a espigazón para trigo en las condiciones climáticas de Uruguay. La inclusión del fotoperíodo en el modelo mejoró el ajuste considerablemente. El coeficiente c_2 mostró variaciones importantes entre cultivares y se presenta como un buen indicador cuantitativo de la respuesta a fotoperíodo. El uso de este tipo de modelo de simulación puede ser aplicado exitosamente para la caracterización de cultivares, así como para asistir en las decisiones de manejo del cultivo.

REFERENCIAS

- BERTERO, H.D.; KING, R.W.; HALL, A.J. 1999. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 63: 19-34.
- ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J.; COOPER, J.P. 1988. Environmental control of flowering in Barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low-temperature vernalization. *Annals of Botany*, 62: 145-158.
- ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H.; COOPER, J.P. 1989. Environmental control of flowering in Barley (*Hordeum vulgare* L.). III. Analysis of potential vernalization responses, and methods of screening germoplasm for sensitivity to photoperiod and temperature. *Annals of Botany*, 63:687-704.
- FRENCH, V.; HODGES, T. 1985. Comparison of crop phenology models. *Agronomy Journal*, 77:170-171.
- GERMAN, S.; ROMERO, R.; TOJO, C. 1995. Control de la floración en cebada en Uruguay: respuesta a temperatura y fotoperíodo. En: Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera. VI Reunión Nacional de investigadores en cebada, pp 122-127. Latu, Montevideo.
- GERMAN, S.; ARBELBIDE, M.; ABADIE, T.; ROMERO, R.; PECULIO, A. 2000. Characterization of photoperiod response of Barley genotypes of diverse origin. En: Barley Genetics VIII. Proceedings of the 8th International Barley Genetics Symposium.
- GONZALEZ, S; XAVIER, A. 2000. Definición del número de hojas por tallo y del número de granos por espiga en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de la República, Facultad de Agronomía.
- LAWN, R.J.; SUMMERFIELD, R.J.; ELLIS, R.H.; QI, A.; ROBERTS, E.H.; CHAY, P.M.; BROUWER, J.B.; ROSE, J.L.; YEATES, S.J. 1995. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. VI. Applications in crop improvement. *Experimental agriculture*, 31: 89-108.
- RITCHIE, J.T.; NeSMITH, D.S. 1991. Temperature and crop development. En: Modeling plant and soil systems. *Agronomy monograph* 31. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp. 5-29.
- ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J.; COOPER, J.P.; ELLIS, R.H. 1988. Environmental control of flowering in Barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low-temperature and short-day vernalization. *Annals of Botany*, 62:127-144.
- ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ELLIS, R.H.; CRAUFURD, P.Q; WHEELER, T.R. 1997. The induction of flowering. En: WIEN, H.C. (ed.) *The physiology of vegetable crops*. pp 69-99. CAB International.
- SLAFER, G.A.; RAWSON, H.M. 1996. Responses to photoperiod change with phenophase and temperature during wheat development. *Field crops research*, 46: 1-13.

- SUMMERFIELD, R.J.; ELLIS, R.H.; CRAUFURD, P.Q.; AIMING, Q.; ROBERTS, E.H.; WHEELER, T.R. 1997a. Environmental and genetic regulation of flowering of tropical annual crops. *Euphytica*, 96:83-91.
- SUMMERFIELD, R.J.; ELLIS, R.H.; CRAUFURD, P.Q. 1997b. Phenological adaptation to cropping environment. From evaluation descriptors of times to flowering to the genetic characterization of flowering responses to photoperiod and temperature. En: TIGERSTEDT, P.M.A. (ed.) *Adaptation in plant breeding* pp 303-308. Kluwer academic publishers, The Netherlands.
- UPADHYAY, A. P.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H.; QI, A. 1994. Characterization of photothermal flowering responses in maturity isolines of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. Clark. *Annals of Botany* 74: 87-96.
- WATKINSON, A.R.; LAWN, R.J; ELLIS, R.H.; QI, A.; SUMMERFIELD, R.J. 1994. A computer program for characterising genotype variation in flowering responses to photoperiod and temperature. CSIRO IPGRI, University of Reading, UK.

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR RASTROJO EN TRIGO Y CEBADA

Silvia Pereyra¹ y Martha Díaz de Ackermann¹

Introducción

La extensa área sembrada con cultivos de invierno durante el año 2008 y las expectativas de siembra para la presente zafra conllevará a que una importante superficie de los cultivos de trigo y cebada del presente año sea implantada sobre rastrosos de cultivos de invierno. Esta situación, junto al hecho que la mayoría de esta superficie es sembrada en condiciones de siembra directa, podría favorecer el desarrollo temprano de enfermedades transmitidas por el rastrojo.

En este artículo se presentarán aspectos a tener en cuenta en el seguimiento sanitario y manejo integrado de enfermedades en el contexto antes descrito

¿Qué enfermedades son transmitidas por rastrojo en trigo y cebada?

Los patógenos del trigo como *Drechslera tritici-repentis* (*Pyrenophora tritici-repentis*), agente causal de la **mancha parda** o amarilla, *Septoria tritici*, agente causal de la **mancha de la hoja**, y de la cebada como *Drechslera teres* (*Pyrenophora teres*), agente causal de la **mancha en red común y tipo spot**, *Rhynchosporium secalis*, agente causal de la **escaldadura** y *Bipolaris sorokiniana* (*Cochliobolus sativus*), agente causal de la **mancha borrosa** en cebada y **mancha marrón** en trigo, son casi enteramente dependientes del rastrojo para sobrevivir entre zafas debido a su escasa habilidad para competir libre frente a otros microorganismos presentes en el suelo y rastrojo.

Algunos patógenos de raíz también dependen del rastrojo para sobrevivir. Sin embargo, contrariamente a lo que ocurre con los patógenos de la parte aérea, el enterrado de los rastrosos usualmente no afecta sustancialmente su potencial de inóculo. Estos organismos están mejor adaptados a la vida en el suelo. Ejemplos de éstos son *Gaeumannomyces graminis*, agente causal del **mal de pie** o pietín y *B. sorokiniana*, agente causal de la **podredumbre de raíz y corona**.

Finalmente, el *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*), principal agente causal de la **fusariosis de la espiga**, es capaz de sobrevivir en rastrojo infectado de trigo, cebada, maíz y algunas gramíneas. En estudios epidemiológicos realizados en el país se ha determinado que en nuestras condiciones, trigo y cebada y en menor grado maíz son los rastrosos que aportan la mayor cantidad de inóculo de *F. graminearum* (Pereyra y Dill-Macky, 2008).

Resumen de la zafra 2008

Las condiciones de principio del invierno 2008 favorecieron el desarrollo de enfermedades como mancha parda en trigo y mancha en red tipo spot en cebada, principalmente en situaciones de rastrojo de la misma especie (trigo o cebada, según corresponda) de la zafra 2007. Las condiciones más secas de la primavera frenaron el progreso de estas enfermedades. Sin embargo, es posible tener niveles considerables de los hongos causales de estas manchas en rastrosos del 2008 producto de esa infección temprana.

Se destacó la presencia generalizada de la mancha en red tipo spot (MRTS) en cebada. Esta enfermedad, reportada por primera vez en el país en 2003 (Pereyra y Germán, 2004) es causada por *Drechslera teres* f. sp. *maculata*. Aún cuando es el mismo hongo causal de la mancha en red común, esta variante es capaz de producir una sintomatología muy similar a la causada por mancha borrosa: manchas marrón-oscuro redondeadas a elípticas, pudiendo presentar halo clorótico. Hasta la zafra pasada, esta enfermedad se presentaba generalmente en cultivos sembrados sobre rastrojo de cebada infectado.

En la zafra 2008, se realizó una cuantificación preliminar del efecto de la MRTS en un cultivar susceptible (N. Carumbé) sembrado sobre rastrojo de cebada infectado en la zona de Palo Solo (Soriano). Se registraron niveles de hasta 15% de severidad en grano acuoso en el testigo sin fungicida. Aún cuando

¹ Protección Vegetal, INIA La Estanzuela

existieron diferencias significativas ($P>0.0001$) en la severidad registrada de MRTS entre los distintos momentos de aplicación de fungicida (testigo sin fungicida, a Z22 o a hoja bandera y la doble aplicación), no existieron diferencias significativas en el rendimiento de grano causadas por MRTS entre los tratamientos. El mayor control de MRTS se logró con la aplicación al estado de hoja bandera y con la doble aplicación. Estos resultados se condicen con la infección temprana de la enfermedad y el posterior retraso en el desarrollo de la enfermedad por las condiciones de menor humedad.

Medidas de manejo

El manejo de las enfermedades es uno de los principales desafíos en la producción de trigo y cebada en nuestras condiciones. Se debe tener en cuenta que se trata de la interacción de procesos biológicos del cultivo y el patógeno con el ambiente. El manejo efectivo es posible mediante el uso combinado de prácticas orientadas a todos estos factores. Sobreestimar una de ellas, como puede ser el uso de fungicidas, no resulta en un manejo eficiente y sustentable.

A continuación se describen las medidas más relevantes para el manejo de las enfermedades causadas por hongos que sobreviven en el rastrojo.

Manejo del rastrojo y Rotación de cultivos

El rastrojo en superficie representa la mayor fuente de inóculo para los hongos causales de las manchas foliares. La presencia de rastrojo infectado asegura que, de darse condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las manchas foliares, la infección ocurre más tempranamente en comparación con la ausencia del mismo (Figuras 1 y 2). Debido a que la más del 80% del área sembrada de trigo y cebada es bajo la modalidad de siembra directa, la medida más importante a adoptar desde el punto de vista sanitario es la rotación de cultivos.

La rotación con cultivos no susceptibles a las enfermedades de trigo y cebada es una de las prácticas culturales más efectivas para el manejo de las enfermedades transmitidas por rastrojo. Es una forma de eliminar al huésped, dándole tiempo suficiente a los microorganismos del suelo a mineralizar el rastrojo, principal reservorio de los hongos que sobreviven y se multiplican en él (necrotrofos) como los causales de las manchas foliares y la fusariosis de la espiga. Esta práctica disminuye el inóculo inicial llevando a que la enfermedad aparezca más tardíamente, tenga menor tasa de desarrollo y menor intensidad máxima. Es una herramienta muy eficaz en el control de enfermedades como las manchas foliares y en menor grado de la fusariosis de la espiga ya que el hongo causal de esta última es capaz de sobrevivir sobre un rango de huéspedes muy amplio. Sin embargo, para esta última enfermedad, se ha constatado que en años normales, los niveles de fusariosis de la espiga son significativamente mayores sobre rastrojo de maíz, trigo y cebada respecto a rastrojos como girasol y pasturas convencionales (trébol blanco, lotus y festuca) (Pereyra y Dill-Macky, 2008) (Figura 3).

El período de tiempo durante el cual se recomienda no volver a sembrar trigo o cebada está dado por la supervivencia de cada hongo en el rastrojo. En base a estudios epidemiológicos realizados en el país para mancha parda o amarilla de trigo, mancha en red de cebada, mancha borrosa y marrón de cebada y trigo respectivamente y la fusariosis de la espiga, un periodo de *un invierno, preferentemente dos* sin cultivos susceptibles sería suficiente para el control de estas enfermedades (Pereyra y Dill-Macky, 2008; Stewart et al., 2001).

El análisis sanitario del rastrojo del cereal de invierno de la zafra anterior puede ser una herramienta orientativa para decidir la siembra. Es un análisis rápido que cuantifica a los hongos presentes en el rastrojo dando una idea del potencial patogénico del mismo. El dato de concentración de hongos en el rastrojo debe estar acompañado del dato de la cantidad de rastrojo sobre la superficie del suelo, ya que concentraciones similares por gramo de rastrojo pueden producir contaminaciones y por lo tanto infecciones muy diferentes por unidad de área.

En base a lo discutido anteriormente, se recomienda evitar la siembra de trigo sobre rastrojo de trigo y a su vez cebada en chacras que tuvieron cebada como cultivo anterior, especialmente bajo siembra directa. Si no existe la posibilidad de realizar una rotación adecuada, debe sembrarse trigo sobre cebada o cebada sobre trigo. En una situación extrema, donde se siembra un cultivo sobre rastrojo de la misma especie, debe

evitarse la siembra de un cultivar sobre rastrojo del mismo cultivar, seleccionándose preferentemente rastrojos de cultivares que tuvieron baja incidencia de manchas foliares por su resistencia o porque fueron tratados con fungicidas. La peor situación sanitaria que ocurre cuando se siembra una variedad sobre rastrojo de la misma variedad potencia, no sólo la aparición temprana de las enfermedades a las que ese cultivar es susceptible, sino además la aparición de nuevas formas de los hongos (patotipos) con mejor adaptación a infectar ese cultivar. A modo de ejemplo, la detección de la mancha en red tipo spot en la zafra 2003 ocurrió predominantemente en chacras de cebada de cultivares susceptibles con rastrojo del mismo cultivar.

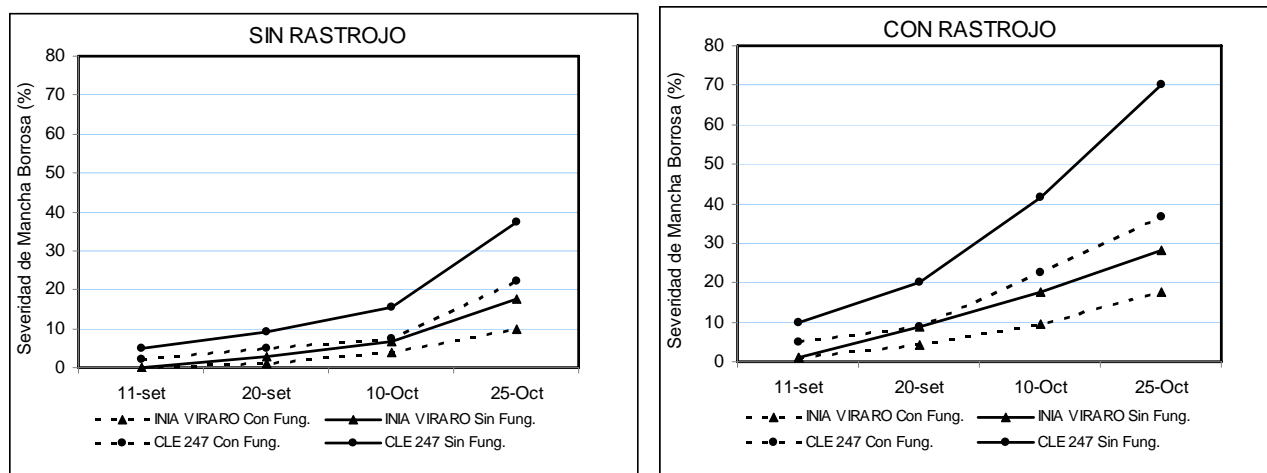


Figura 1. Evolución de mancha borrosa en el cultivar de cebada INIA Viraró (baja susceptibilidad) y la línea CLE 247 (altamente susceptible), en dos situaciones de rastrojo (con y sin rastrojo infectado) y con y sin fungicida. 2008.

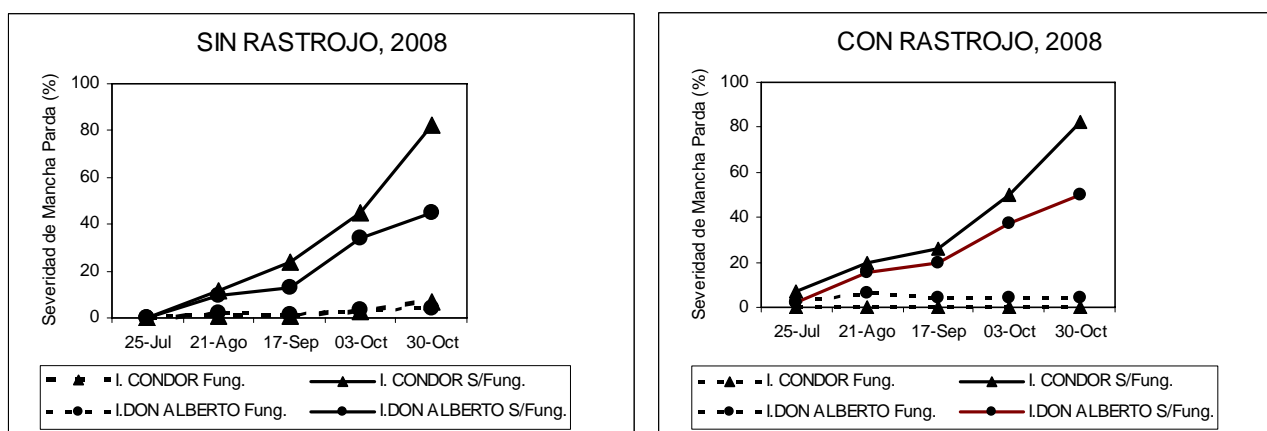


Figura 2. Evolución de la mancha parda en los cultivares de trigo INIA Don Alberto (susceptibilidad baja a intermedia) e INIA Condor (altamente susceptible), en dos situaciones de rastrojo (con y sin rastrojo infectado) y con y sin fungicida. 2008.

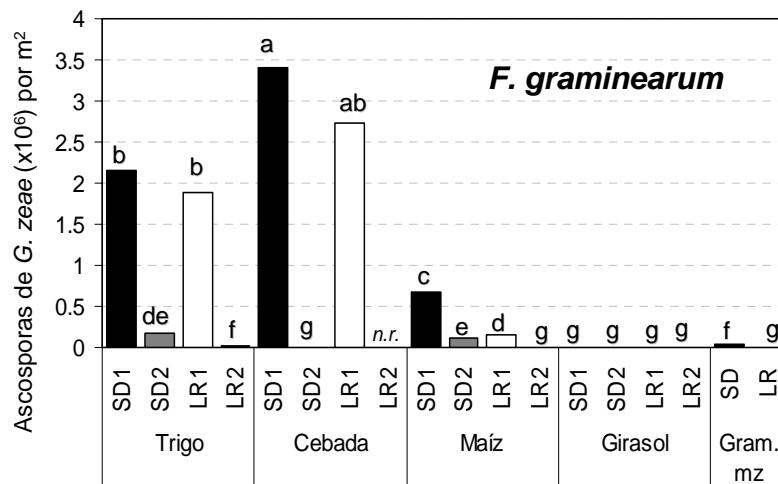


Figura 3. Producción de inóculo de seis rastrojos diferentes por *Fusarium graminearum* recuperados desde febrero 2001 a marzo 2003 de dos sistemas de laboreo (SD: siembra directa; LR: laboreo reducido). El rastrojo fue dividido por edad (1, 365 días o menos; 2, mayor a 365 días). Los valores representan porcentajes promedio de todos los muestreos. Los valores con letras diferentes son significativamente diferentes al $P=0.05$ según prueba de máxima verosimilitud. Fes., festuca (*Festuca arundinacea*); Mz. gram., maleza gramínea - *Digitaria sanguinalis* L., *Cynodon dactylon* L., *Lolium multiflorum* L., and *Setaria* spp.; n.r., rastrojo no recuperado

Uso de semilla sana

La semilla es la fuente de inóculo más importante para las manchas foliares en siembra convencional y en áreas sin historia reciente de trigo o cebada. Esta fuente se suma a la del rastrojo en siembra directa.

La transmisión máxima a coleoptile registrada en condiciones óptimas a partir de lotes con infecciones altas de *D. teres* y *B. sorokiniana* en cebada ha sido 29 y 80%, respectivamente. La tasa de transmisión de *D. tritici-repentis* a las plántulas de trigo fue de 7% (Stewart et al., 2001).

El desarrollo temprano de estas enfermedades y del marchitamiento que puede ser causado por *Fusarium* spp. puede prevenirse si se realiza un análisis de diagnóstico de los hongos patógenos presentes en la semilla y en función de este resultado decidir (o no) el tratamiento curasemilla más apropiado (Rossi y Gonzalez, 2008).

En INIA La Estanzuela, desde 1991 se evalúa la efectividad de distintos curasemillas para los principales hongos patógenos de trigo y cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Eficiencia promedio de fungicidas curasemillas para patógenos de trigo y cebada (modificado de Stewart, 2000 y Rossi y Gonzalez, 2008).

Ingrediente activo (Nombre comercial – dosis (cc o g/100 kg))	<i>Bipolaris sorokiniana</i> ¹	<i>Drechslera teres</i> ²	<i>D. tritici- repentis</i> ³	<i>Fusarium spp.</i> ⁴	<i>Ustilago spp.</i> ⁵
Iprodione (Rovral - 100)	***	**	***	*	*
Flutriafol (Vincit 5 - 100)	***	*	*	*	***
Tebuconazol (Raxil - 200)	*	*	*	*	*
Tiabendazol (TBZ)	*	*	-	***	-
Carbendazim (250)	-	-	-	***	-
Carbendazim+tiram (C+T,Mix25/25 - 200)	*	***	-	***	-
Carboxim+tiram (Vitavax Flo - 250)	**	*	*	*	**
Difenoconazol (Dividend -200)	*	*	**	-	*
Carbendazim+ tiram+iprodiene (Trio 400 - 250)	***	*	-	***	-
Tebuconazol+protioconazol (Pucará - 20)	**	**	-	***	-

¹ Agente causal de mancha borrosa en cebada y mancha marrón en trigo; ² Agente causal de mancha en red en cebada; ³ Agente causal de mancha parda en trigo; ⁴ Especies de *Fusarium*, agentes causales de marchitamiento de plántulas en trigo y cebada; ⁵ Especies de *Ustilago*, agentes causales de carbonos
***** Eficiencia de control >90%, ** 80-90%, * <80%**

Elección de cultivares resistentes

En los casos en donde es necesario sembrar trigo sobre rastrojo de trigo o cebada sobre rastrojo de cebada, reviste importancia fundamental la selección de cultivares con resistencia a las enfermedades transmitidas por el rastrojo.

En situación de rastrojo infectado, los mayores niveles de enfermedad se observan en aquellos cultivares caracterizados como susceptibles (Figuras 1 y 2).

En los cuadros 2 y 3 se presenta el perfil sanitario de los distintos cultivares de trigo y cebada, respectivamente con el objetivo de asistir en la selección de los cultivares más apropiados desde el punto de vista sanitario. Esta información es actualizada anualmente previo a cada zafra y se encuentra disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm o publicaciones INIA-INASE (Resultados de evaluación de trigos y cebada en los últimos tres años para el Registro Nacional de cultivares).

Cuadro 2. Comportamiento sanitario de los cultivares de trigo registrados para producción, zafra 2009 (Castro et al., 2009a).

CULTIVAR	necrotóficas			biotróficas		
	MH	MA	FUS	RH	OIDIO	RT
CICLO LARGO						
BIOINTA 3000	IA	A	I	IA	B	IA
BUCK CHARRUA	s/ia	IA	B	A ¹	BI	B
BUCK GUAPO	A	AI	IA	A	BI	MB
CALPROSE TROPERO	I	I	IB	IA	A	MB
KLEIN MARTILLO	IA	I	I	B	B	B
LE 2210 (INIA TIJERETA)	IA	I	IA	IA	BI	MB
LE 2245 (INIA GORRION)	I	I	I	IA	I	BI
LE 2313 (INIA GARZA)	I	IB	I	I	A	MB
LE 2325 (INIA CHIMANGO)	B	I	BI	IA	IA	B
LE 2346	BI	I	IA	MB	BI	MB
CICLO INTERMEDIO-CORTO						
ACA 901	IA	I	I	I	B1	s/ia
ATLAX	A	A	IB	BI	B	B
BAGUETTE 17	I	IA	IA	A	B	A
BAGUETTE 18	I	IA	IB	A	B	A
BAGUETTE 19	IB	I	BI	I	I	A
BAGUETTE PREMIUM 11	IB	BI	BI	I	BI	A
BAGUETTE PREMIUM 13	IB	I	IA	A	B	A
BIOINTA 1000	BI	A	A	IA	B	MB
BIOINTA 1001	I	A	IA	IA	B	B
BIOINTA 1002	I	IA	IA	MB	B1	BI
BIOINTA 1004	I	I	I	I	B	MB
BIOINTA 2002	BI	IA	IA	IA	B	BI
CENTAURO	B	I	IA	B	BI	A
CEP 00-33	A	BI	I	I	B	B
CRISTALINO	BI	I	BI	B	B	A
INIA MIRLO	B	I	A	A	IB	MB
KLEIN CASTOR	A	BI	IB	IA	BI	MB
KLEIN CHAJA	IA	A	I	I	BI	BI
KLEIN FLECHA	BI	I	B	I	BI	IB
LE 2249 (INIA CHURRINCHE)	IA	I	I	IA	BI	B
LE 2303 (INIA TERO)	I	IA	BI	A	B	MB
LE 2310 (INIA CARANCHO)	I	I	IA	A	IA	MB
LE 2331 (INIA DON ALBERTO)	I	BI	A	BI	BI	I
LE 2332 (INIA MADRUGADOR)	I	IA	I	I	A	I
LE 2333 (INIA CARPINTERO)	IB	IB	I	B	I	BI
LE 2350	B	I	IA	I	BI	B
LE 2354	B	BI	I	B	I	BI
NOGAL	B	B	IA	B	B	BI
ONIX	B	A	IB	A	B	A
SAFIRA	I	I	BI	A	B	B

MH: Mancha de la Hoja (*Septoria tritici*); MA: Mancha Amarilla (*Drechslera tritici-repentis*); FUS: Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*); RH: Roya de la Hoja (*Puccinia triticina*); Oidio: *Blumeria graminis*; RT: Roya de tallo (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*).

A: alto nivel de infección, I: intermedio nivel de infección, B: bajo nivel de infección, MB: muy bajo nivel de infección.

¹ Información de 1 año; s/ia: sin información actualizada.

Cuadro 3. Comportamiento sanitario de los cultivares de cebada registrados para producción, zafra 2009 (Castro et al., 2009b).

CULTIVAR	necrotroficas					biotroficas	
	ESC	MRTR	MRTS	MB	FUS	RH	OIDIO
04-59531	B	IA	s/i	IA	IB	B	BI
99-22753	IA	A	s/i	AI	I	B	BI
ACKERMAN LAISA	I	IA	A	I	IA	B	B
ACKERMAN MADI	A	A	A	I	I	B	BI
AMBEV 23	IB	BI	s/i	IA	BI ¹	B	I
AMBEV 293	IB	B	I	IB	AI	AI	IA
AMBEV 31	A	BI	s/i	IB	IB ¹	BI	A
AMBEV 4	IA	B	s/i	IB	BI ¹	I	IA
CLE 202 (INIA CEIBO)	BI	B	IB	IA	IA	A	I
CLE 233 (INIA ARRAYAN)	B	B	BI	I	I	IA	I
CLE 240 (INIA GUAVIYÚ)	I	BI	I	BI	I	IA	A
CLE 247	IB	BI	I	AI	I	BI	IA
CLE 250	BI	B	IB	IA	I	B	BI
DANUTA	IB	IA	IA	IA	I	B	B
MUSA 936	A	B	A	IA	IA	IA	IA
NORTEÑA CARUMBE	IA	BI	IA	I	A	I	A
NORTEÑA DAYMAN	IA	I	A	I	IA	A	IA
PERUN	A	A	BI	BI	A	AI	B
QUILMES AINARA	A	IA	s/i	IA	s/i	B	B
SERENA	IA	AI	s/i	I	BI	IA	IA

ESC: Escaldadura causada por *Rynchosporium secalis*; MRTR: Mancha en red común causada por *Drechslera teres* f. sp. *teres*; MRTS: Mancha en red tipo spot causada por *Drechslera teres* f. sp. *maculata*; MB: Mancha borrosa causada por *Bipolaris sorokiniana*; FUS: Fusariosis de la espiga, causada por *Fusarium* spp.; RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia hordei*; OIDIO: causado por *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
A: alto nivel de infección, I: intermedio nivel de infección, B: bajo nivel de infección.
s/i : sin información; ¹ Información de 1 año.

Adecuada nutrición del cultivo

Las plántulas con adecuado status nutricional son capaces de soportar mejor el ataque de los hongos causales de las manchas foliares. Para este tipo de patógenos (necrotroficos) un nivel apropiado de fertilización durante el ciclo del cultivo disminuye las mermas en rendimiento de grano que éstos puedan ocasionar.

Aplicación de fungicidas

Es frecuente la confusión de ciertos síntomas de causa fisiológica, o inducidos por otros patógenos como bacterias o oídio (reacción de resistencia a ésta) con los síntomas iniciales de las manchas foliares. Previo a la decisión de aplicar fungicidas es necesario realizar una correcta identificación de las enfermedades presentes en el cultivo.

A su vez, es importante enfatizar el seguimiento de las enfermedades en cultivares con comportamientos sanitarios comprometidos (moderadamente susceptibles y susceptibles) desde etapas tempranas del cultivo para identificar el mejor plan de control químico.

Para las **manchas foliares**, los factores a tener en cuenta en la decisión incluyen: comportamiento del cultivar frente a manchas, situación de riesgo del rastrojo previo, rendimiento potencial del cultivo, condiciones climáticas ocurridas y pronosticadas, nivel de infección del cultivo.

Para estas enfermedades, tradicionalmente se ha recomendado la utilización de niveles críticos (nivel de severidad o incidencia de la enfermedad a partir del cual la pérdida en rendimiento justifica el costo de la aplicación) calculados en base a las funciones de pérdidas para el control de las enfermedades foliares de trigo y cebada (Díaz de Ackermann, 1996; Pereyra, 1996). Sin embargo, los valores de severidad y/o incidencia críticos resultantes en la situación actual, se encuentran muy cercanos a inicios de infección. En cebada se manejan niveles críticos aproximados de 5-6% de severidad (50-60% de incidencia) mientras que para mancha borrosa de 3-4% de severidad (40-50% de incidencia).

En situación de rastrojo infectado, los niveles que justifican la aplicación de fungicidas se alcanzan antes (Figuras 1 y 2).

El control de la **fusariosis de la espiga** debe ser preventivo si los pronósticos prevén condiciones predisponentes.

La eficiencia de control de los diferentes productos disponibles (en las dosis recomendadas) en el mercado dependerán de la enfermedad a controlar. La elección del producto va a depender de la enfermedad que se quiere controlar. En los Cuadros 4 y 5 se presenta la eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados desde hace varios años, para las distintas enfermedades de trigo y cebada, respectivamente.

Cuadro 4. Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados para el control de enfermedades en **trigo** en INIA La Estanzuela (1984-2008)

Ingrediente activo (<i>nombre comercial evaluado</i>)	Dosis	MH ¹	MP/MA ¹	RH ¹	FUS ¹	OIDIO ^{1,6}
	cc/ha					
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	750-1000	A/I ^{2,3}	I	I	I	A
Difenoconazol + propiconazol (<i>Taspa</i>)	200-250	I	I ³	I	-	I
Metconazol (<i>Caramba</i>)	1000	-	I	B	A	A
Propiconazol (<i>Tilt</i>)	500-1000	A/I ³	-	A	-	A
Tebuconazol (<i>Folicur</i>)	450	I	I	I	A	A
Tebuconazol (<i>Silvacur 25 EW</i>)	700	-	IA ⁴	-	-	-
Flusilazol + carbendazim (<i>Fusión</i>)	800-1000	A ⁴	A ⁴	I	-	-
Propiconazol + ciproconazol (<i>Artea</i>)	400	I	I/A	I	-	-
Azoxistrobin (<i>Amistar</i>)	400-500	I ⁴	A ⁴	-	-	B
Azoxistrobin + A.M. (<i>Amistar + Nimbus</i>)	300	I	I	A	-	-
Azoxistrobin+ ciproconazol +A.M. (<i>AmistarXtra+Nimbus</i>)	350	I	I	A	-	-
Trifloxistrobin + ciproconazol (<i>Sphere</i>)	600-750	I	I	I	-	A
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Opera</i>)	1000	A	A	A	A	A
Trifloxistrobin + propiconazol (<i>Stratego</i>)	500-750	I	B/I ³	A ⁴	-	I
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegro</i>)	1000	A	A	A	-	A
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	800	A	I/A ⁵	I/A ⁵	I	-
Tebuconazol + Prothioconazol (<i>Prosaro</i>)	750	A	I/A ⁵	I/A ⁵	A	-

¹ MH: Mancha de la hoja o septoriosis, causada por *Septoria tritici*; MA/MP: Mancha amarilla o parda causada por *Drechslera tritici - repentis*; FUS: Fusariosis de la espiga, causada por *Fusarium* spp.; RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia triticina*; OIDIO: Oídio causado por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*

² Eficiencias de control: A: ALTA; I: INTERMEDIA; B: BAJA

³ Depende de la dosis; ⁴ Información de un año ; ⁵ Depende de la formulación; ⁶ Información extranjera

Cuadro 5. Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados para el control de enfermedades en **cebada** en INIA La Estanzuela (1998-2008)

Ingrediente activo (nombre comercial evaluado)	DOSIS (cc/ha)	MR¹	ESC¹	MB¹	RH¹	FUS¹	OID¹
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	1000	I ²	I	I	I-A	-	IA
Difenoconazol + propiconazol (<i>Taspa</i>)	250	I	I	-	-	-	-
Metconazol (<i>Caramba</i>)	1000	I	I	-	-	I-A	-
Propiconazol (<i>Tilt</i>)	500	I	I	-	I-A	-	-
Tebuconazol (<i>Folicur</i>)	450	I	I	-	I-A	I-A	-
Tebuconazol (<i>Silvacur 25EW</i>)	750	I	I	BI	I-A	-	A
Tebuconazol (<i>Orius</i>)	750	I	-	-	I-A	-	A
Flusilazol + carbendazim (<i>Fusión</i>)	800-1000	I-A ³	-	I ³	A ³	I ³	-
Propiconazol + ciproconazol (<i>Artea</i>)	400	I-A	-	I	A	-	A
Azoxistrobin (<i>Amistar</i>)	400	B ⁴ /A	B	-	-	B	-
Azoxistrobin + A.M. (<i>Amistar + Nimbus</i>)	300	I	-	IA	A	-	-
Azoxistrobin+ ciproconazol +A.M. (<i>AmistarXtra+Nimbus</i>)	350	A	-	A	A	-	AI
Trifloxistrobin + ciproconazol (<i>Sphere</i>)	600	A	IA	A	-	-	-
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Opera</i>)	1000	A	A	A	A	I	A
Trifloxistrobin + propiconazol (<i>Stratego</i>)	750	I-A	A	-	-	-	-
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegro</i>)	1000	A	-	IA	A	I	A
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	800	A	-	A	A	-	A
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>Conzerto</i>)	1000	IA	-	IA	A	-	A
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>VentumPlus</i>)	1000	A	-	IA	A	-	A

¹ MB: mancha borrosa, MR: mancha en red, ESC: escaldadura, RH: roya de la hoja, FUS: fusariosis de la espiga, OID: oidio

² Eficiencias de control: A: ALTA I: INTERMEDIA; B: BAJA

³: Información de un año

⁴: Baja eficiencia con condiciones de altas precipitaciones luego de la aplicación del fungicida

La mayor eficiencia de control se obtiene si la aplicación es realizada cuando el nivel de infección en el cultivo es cercano a niveles críticos y se logra una cobertura máxima y uniforme del mismo.

Referencias bibliográficas

Castro, M.; Díaz, M.; Germán, S.; Vázquez, D. 2009a. II. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo período 2006-2007-2008. **In:** Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigos, cebadas y colza de los 3 últimos años período 2006-2007-2008. Resultados Experimentales N° 9. INASE INIA Uruguay, 16 de abril de 2009.

Castro, M.; Pereyra, S.; Germán, S.; Vázquez, D. 2009b. III. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera período 2006-2007-2008. **In:** Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigos, cebadas y colza de los 3 últimos años período 2006-2007-2008. Resultados Experimentales N° 9. INASE INIA Uruguay, 16 de abril de 2009

Díaz de Ackermann, M.; Pereyra, S. y Germán, S. 2008. Manejo sanitario de trigo y cebada. Pp.9-16. *IN:* Jornada Técnica de Cultivos de invierno. Serie Actividades de Difusión N°531. INIA. Uruguay

Díaz de Ackermann, M. 1996. Control químico de enfermedades en trigo. Boletín de divulgación N° 62. INIA, La Estanzuela. 24 p.

Pereyra, S. 1996. Estrategias para el control químico de enfermedades en cebada. INIA Uruguay. Boletín de Divulgación N°57. 20p.

Pereyra, S. 2003 Prácticas culturales para el manejo de la fusariosis de la espiga. Pág. 1-9. *IN:* Serie Actividades de Difusión N° 312, Jornada Técnica de Cultivos de Invierno. Abril 2003. INIA

- Pereyra, S.A. y Dill-Macky, R. 2008. Colonization of the Residues of Diverse Plant Species by *Gibberella zeae* and their Contribution to Fusarium Head Blight Inoculum. *Plant Disease* 92 (5): 800-807.
- Pereyra, S. A. y Germán, S. E. 2004. First Report of Spot-Type of Barley Net Blotch Caused by *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata* in Uruguay. *Plant Disease* 88:1162
- Rossi, C. y Gonzalez, S. 2008. Calidad de semillas: Factores a tener en cuenta para asegurar la siembra de semillas libres de enfermedades. Pp.71-74. *IN: Jornada Técnica de Cultivos de invierno. Serie Actividades de Difusión N°531. INIA. Uruguay*
- Stewart, S. 2000. Evaluación de curasemillas para el control de *Drechslera tritici-repentis* en trigo, 1999. Pp. 19. *IN: Jornada Técnica de Cultivos de invierno. Serie Actividades de Difusión N°219. INIA. Uruguay.*
- Stewart, S., Pereyra, S. y Díaz, M. 2001. Manchas foliares de trigo y cebada en siembra directa. INIA Uruguay. Serie Técnica. *IN: Documento on-line N°36. Página web de INIA: www.inia.org.uy*

FERTILIZANTES NITROGENADOS LÍQUIDOS COMO VEHÍCULOS DE MEZCLAS DE SULFONILUREAS

Amalia Rios¹

Introducción

La demanda de fertilizantes nitrogenados líquidos en plaza crece continuamente y a determinado que varias empresas de fertilizantes tengan estas alternativas como fuente de nitrógeno.

Esta adopción por parte de los productores está asociada a las ventajas de aplicación de las formulaciones líquidas, que permiten mayor independencia de las condiciones ambientales como viento y humedad. La mayor densidad de estos productos permite aplicar con mayor velocidad de viento que cuando se utiliza agua. Además no existen riesgos de apelmazamiento como sucede con los fertilizantes nitrogenados sólidos con altas humedades relativas.

Asimismo la operativa es mas rápida, dado que las pulverizadoras ya sean de tiro o mosquitos pueden desarrollar mayor velocidad de aplicación, a lo cual se suma la posibilidad de realizar en una sola pasada la fertilización y el control de malezas.

Estas facilidades tienen una incidencia importante en la disminución de costos, de tiempos operativos y consecuentemente aumentan la eficiencia en el uso de la maquinaria.

Sin embargo la bibliografía es consistente en señalar que aplicaciones en postemergencia del cultivo de fertilizantes líquidos en mezcla con herbicidas suelen producir síntomas de clorosis, mas marcados en la medida que las temperaturas son inferiores, que se diluyen en forma gradual en un período no mayor a las tres semanas. Generalmente se concluye que en aplicaciones en estadios vegetativos estos daños no se manifiestan en mermas de rendimiento (Fixen *et al*, 1984; Stahlman *et al*, 1997).

En este trabajo se estudian las respuestas a aplicaciones de la mezcla formulada de clorsulfuron y metsulfuron metil utilizando como vehículo un fertilizante líquido nitrogenado comparado con lo tradicional aplicaciones del herbicida con agua y la fertilización con urea.

Características del Experimento

Los tratamientos de aplicación de herbicidas y fertilización se realizaron en 3 estadios fenológicos del trigo: tres hojas, Z₁₃, inicio de macollaje, Z₂₂, e inicio de encañado, Z₃₀.

En cada uno de estos estadios se evaluaron tres tratamientos: un testigo sin fertilizante y dos con 46 kg N/ha utilizando dos fuentes: urea y el fertilizante nitrogenado líquido UAN, utilizado como vehículo para la aplicación del herbicida.

Se incluyó dos testigos uno enmalezado y otro sin malezas, los cuales fueron fertilizados con 46 kg N/ha en forma de urea en Z₂₂.

El herbicida utilizado fue finesse (clorsulfuron + metsulfuron metil a 9.3+1.5 g ia/ha) a 15 gramos de producto comercial/ha.

En las aplicaciones la pulverizadora se reguló a 150 L/ha de agua y a 110 L/ha de UAN.

El UAN es un fertilizante líquido con 32% de N, con 16% del N en forma amídica, 8% en forma amoniacal y 8% en forma de nitratos, por lo tanto parte es de asimilación rápida y parte de liberación gradual.

¹ INIA, La Estanzuela

Luego de cada momento de aplicación, se realizaron semanalmente evaluaciones visuales de daño y control.

A la cosecha se cortaron las malezas presentes en la entrefila del trigo correspondiente a 1 m de línea por 0.19 m, y dos muestras de trigo, cada una de 1m lineal. A partir de las muestras de trigo se determinó número de espigas, espigas/m², granos por espiga, peso de mil granos, peso hectolítrico y proteína en grano. El rendimiento de grano se estimó a partir de la cosecha mecánica de una superficie de 8 m² en parcelas de 2 x 5m.

El diseño experimental fue de bloques aleatorizados con cinco repeticiones conformando los tratamientos un arreglo factorial de tres momentos de aplicación por tres tratamientos nitrogenados, y dos testigos. Los datos fueron sometidos a análisis de variancia, comparándose las medias por el test de MDS al 5% de probabilidad.

Control de malezas

Las principales especies presentes fueron: rábanos (*Raphanus spp*), mostacilla (*Rapistrum rugosum*, nabo (*Brassica campestris*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), caapiqui (*Stellaria media*), *Spergula arvensis*, ortiga mansa (*Stachis arvensis*), sanguinaria (*Polygonum aviculare*), calabacilla (*Silene gallica*) y visnaga (*Ammi majus*).

Todas las malezas fueron controladas por el herbicida en los tres momentos de aplicación, tanto cuando se empleó como vehículo agua como con UAN, según se constató en las evaluaciones de control realizadas luego de las aplicaciones. Asimismo, es importante destacar que cuando se utilizó el fertilizante nitrogenado líquido UAN como vehículo para la aplicación del herbicida, la velocidad de control fue mayor.

El nivel de enmalezamiento fue muy importante no solo por la diversidad de especies presentes, sino por el desarrollo que las malezas alcanzaron durante el ciclo del cultivo, determinándose al momento de la cosecha en el testigo con malezas 2920 kg MS/ha.

En el análisis estadístico de la biomasa de malezas se detectó efecto significativo del momento de aplicación y de la fertilización, no siendo significativa la interacción.

Al momento de la cosecha se observó que los tratamientos aplicados en Z₁₃ se mantenían libres de malezas, en Z₂₂ se cuantificó una media de 66 kg PS/ha de malezas. En Z₃₀ el valor fue mayor 347 kg PS/ha, porque sobrevivieron malezas de menor porte que conformaban un estrato inferior, debido a la intercepción de la pulverización que realizó el cultivo y las malezas que fueron controladas.

La media de la biomasa de malezas para los tres momentos de aplicación cuando no se fertilizó fue de 255 kg PS/ha de malezas. En respuesta a la fertilización y consecuentemente a la mayor presión de competencia que ejerció el cultivo se registraron valores significativamente inferiores, determinándose una media para las aplicaciones de urea de 101 kg PS/ha de malezas, tendiendo en las de UAN al valor menor 57 kg PS/ha (Figura 1).

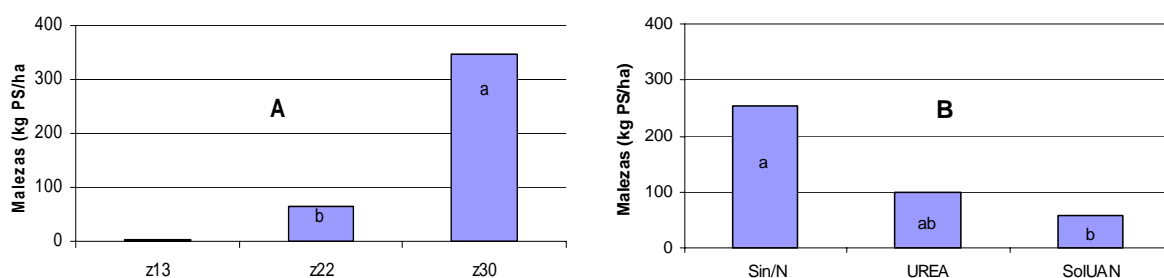


Figura 1. Biomasa de malezas en respuesta al momento de aplicación (A) y a la fertilización (B)

Daño y respuestas en trigo

Cuando las aplicaciones se realizaron en Z_{13} en los cuatro días siguientes se registraron heladas. En las aplicaciones realizadas en Z_{22} , temperaturas bajo cero también ocurrieron en los tres días anteriores a la aplicación y en el día en que ésta se realizó.

En ambos momentos, Z_{13} y Z_{22} , en los tratamientos realizados con UAN a los dos días de aplicación se visualizó una clorosis generalizada en la mitad superior de las láminas de las hojas expandidas del trigo, sin embargo esta sintomatología se revirtió luego de una semana.

Observaciones similares han sido realizadas por distintos autores (Stahlman *et al*, 1997) señalando que daños foliares superiores al 50% se hicieron mas evidentes entre los cuatro y cinco días postaplicación, diluyéndose en dos a tres semanas, sin afectar el rendimiento de grano.

En el análisis estadístico de la variable rendimiento de grano se detectaron efectos significativos del momento de aplicación y de la fertilización, no siendo significativa la interacción. Los mayores rendimientos se determinaron en Z_{13} y Z_{22} , con incrementos en rendimiento de 23% en relación a las aplicaciones realizadas en Z_{30} . En respuesta al agregado de nitrógeno los incrementos de rendimiento fueron de 20% (Figura 2).

Los testigos con y sin malezas rindieron 1750 y 2600 kg/ha, respectivamente.

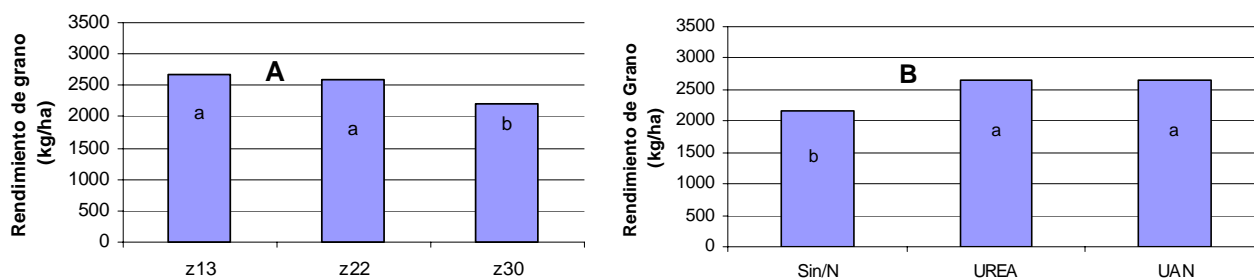


Figura 2. Rendimiento de grano en respuesta al momento de aplicación (A) y a la fertilización (B)

En el número de espigas se detectaron efectos significativos del momento de aplicación, de la fertilización y de la interacción, determinada ésta por diferencias en la magnitud de las respuestas alcanzadas en los tres momentos Z_{13} , Z_{22} y Z_{30} (Figura 3).

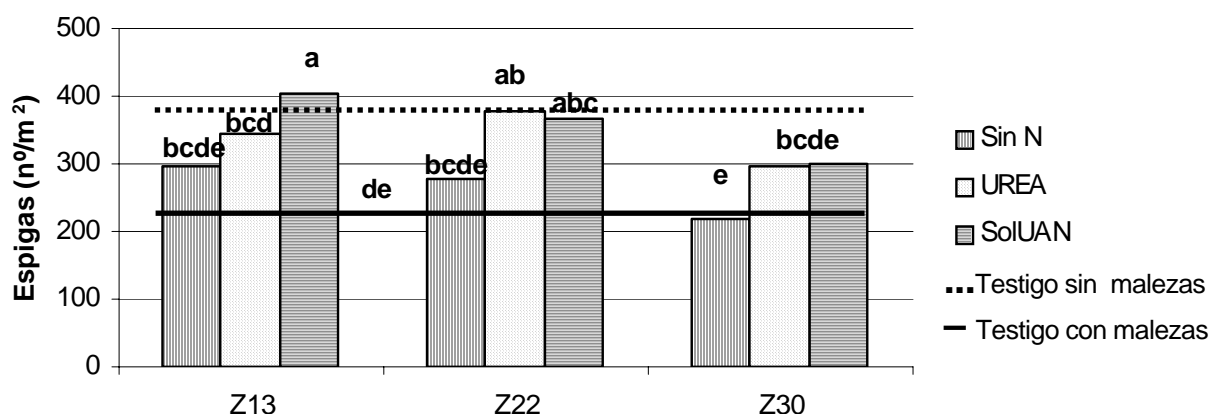


Figura 3. Número de espigas según momento de aplicación en los tres tratamientos de fertilización.

El mayor número de espigas se determinó en la aplicación en Z_{13} con UAN, en Z_{22} con urea y con UAN y en Z_{13} con urea. Valores intermedios se cuantificaron en Z_{30} , en los dos tratamientos fertilizados, mientras que el menor valor se asoció al tratamiento sin fertilización en Z_{30} .

La media en el número de espigas para Z_{13} , Z_{22} y Z_{30} fue de 347, 340 y 272, mientras que la media para el tratamiento sin agregado de fertilizante fue de 263 espigas y en respuesta a la fertilización incrementó significativamente su número con un valor medio de 356 espigas con UAN y 339 con urea.

En la variable granos por espiga se determinó efecto significativo del momento de aplicación y de la fertilización, no siendo significativa la interacción.

En las aplicaciones realizadas en Z_{13} y Z_{22} se determinaron 30.6 y 29.1 granos/espiga, superando significativamente al valor cuantificado en la aplicación realizada en Z_{30} , con 27.9 granos. Asimismo en respuesta a la fertilización el número de granos superó los 30, sin diferencias entre ambas fuentes nitrogenadas, obteniéndose sin fertilización sólo 26.6 granos/espiga (Figura 4).

En los testigos con y sin malezas se cuantificaron 26.5 y 30.2 granos/espiga, respectivamente.

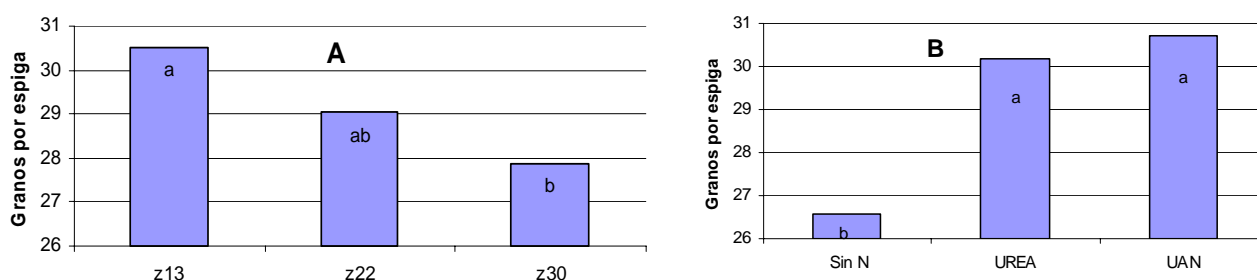


Figura 4. Granos por espiga en respuesta al momento de aplicación (A) y a la fertilización (B)

En el peso de 1000 granos sólo se determinó efecto significativo de la fertilización (Figura 5). Los tratamientos sin fertilizar tuvieron mayores pesos; esta respuesta fue determinada por el menor número de espigas y de granos por espigas, y es consecuencia de que al disminuir el número de drenos es menor la competencia por fotoasimilatos por unidad de grano, por consiguiente los granos pesan más.

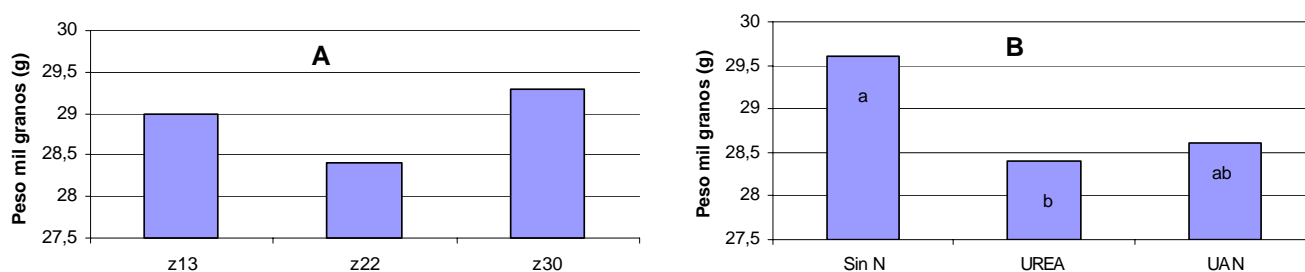


Figura 5. Peso de 1000 granos en respuesta al momento de aplicación (A) y a la fertilización (B)

En los testigos con y sin malezas los pesos de 1000 granos también se diferenciaron, 29.9 y 27.5, respectivamente, en respuesta a la competencia ejercida por el mayor número de granos. Si consideramos los granos/m² cuando el cultivo creció con malezas se contabilizaron 6694 granos, mientras que cuando estas se eliminaron su número fue de 10864, un 62 % superior.

Consideraciones similares a las realizadas precedentemente se aplican al peso hectolítrico, variable en la que también sólo se detectó efecto significativo de los tratamientos de fertilización (Figura 17). Sin embargo entre testigos con y sin malezas no se detectaron diferencias, presentando pesos hectolítricos similares 76.3 y 75.4, respectivamente.

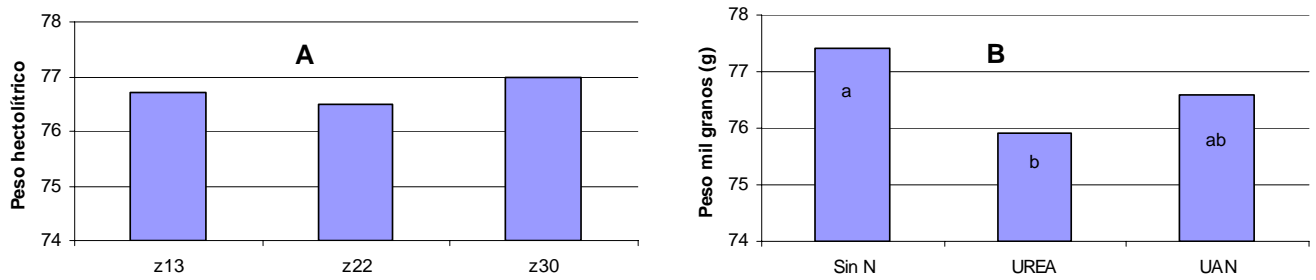


Figura 17. Peso hectolítrico en respuesta al momento de aplicación (A) y a la fertilización (B)

Para la variable contenido de proteína en grano se detectó efecto significativo sólo del momento de aplicación. Así, en Z₁₃ y Z₂₂ los contenidos proteicos fueron inferiores a 12.5, entretanto en Z₃₀, se determinan valores superiores a 13.4 %, en respuesta al momento de aplicación que favorece la traslocación preferencial hacia los granos y también a su menor número.

Conclusiones

En las aplicaciones de finesse en Z₁₃ el cultivo se mantuvo sin malezas desde la aplicación a la cosecha; en Z₂₂ la biomasa de malezas fue inferior a 110 kg PS/ha; en Z₃₀ en el tratamiento sin N 600 kg, y en repuesta al efecto sinérgico de control por el agregado del nutriente fue inferior a 300 kg PS/ha.

Los daños en trigo visualizados luego de realizadas las aplicaciones de UAN con finesse en Z₁₃ y Z₂₂ se revirtieron en una semana.

En rendimiento de grano las aplicaciones de finesse en Z₁₃ y Z₂₂, superaron en 23% a las realizadas en Z₃₀.

En respuesta a la fertilización nitrogenada tanto con Urea como con UAN el incremento en grano fue de 23 %.

Consideraciones

La posibilidad de realizar simultáneamente las prácticas de controlar malezas y adicionar nutrientes en una sola aplicación a efectos de reducir costos operativos y tiempos se visualiza promisoriamente según estos resultados.

Con la utilización de UAN como vehículo para la aplicación de finesse, se obtendrían similares rendimientos que con urea, se favorecería la eficiencia en el control de malezas y se podría realizar en el período comprendido entre las tres hojas del trigo hasta dos macollos, que en general abarca 15 a 20 días, debiéndose evitar aplicar cuando exista riesgo de ocurrencia de heladas.

Bibliografía citada

- Fixen, P. E., Gelderman, R.H., Gerwing, J.R. 1984. Postemergence application of UAN to barley. Journal of fertilizer- Issues. 1 (3) 110-112.
- Stahlman, P.W., Curie, R.S., El -Hamid, M.A. 1997. Nitrogen carrier surfactant increase foliar herbicide injury in winter wheat (*Triticum aestivum*). Weed Technology 11(1) 7-12.