



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE TRIGO EN UN SITIO SEMIÁRIDO: EFECTO DE LA DOSIS Y DEL MOMENTO

BORISOV, EMANUEL ALBARRACIN¹, JUAN MANUEL MARTÍNEZ¹, ROBERTO J. KIESSLING¹² & MARÍA DE LAS MERCEDES RON¹

¹Depto. Agronomía (UNS); ²CERZOS (CONICET).

* kiessling@criba.edu.ar

Palabras Clave: Rendimientos Proteína; Ensayo de largo plazo; Sudoeste bonaerense

Resumen

En el Partido de Bahía Blanca la gran variabilidad del régimen pluviométrico constituye una importante limitación para el uso agrícola a la que se suma la baja aptitud productiva de sus suelos. El objetivo de este trabajo es informar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.) en un ensayo de largo plazo (ELD) durante un año con condiciones ambientales poco frecuentes, caracterizadas por abundantes precipitaciones. Los tratamientos del ELD consisten en dosis y épocas de aplicación de nitrógeno (N): testigo, 40 y 80 kg N ha⁻¹, en siembra-emergencia (Ne) o macollaje (Nm), y una dosis fraccionada (Nfrac) de 80 kg en total en ambos momentos. En madurez fisiológica del trigo se determinaron biomasa aérea (Bac), rendimiento en grano (REND), peso hectolítrico (PH), y los componentes del rendimiento. Se determinó el contenido de proteína en grano (PROT) y se estimó el N cosechado (Ncos). Se estimó la eficiencia agronómica (EAGR), la recuperación aparente del fertilizante (EREC) y la eficiencia fisiológica. El rendimiento medio del trigo fue de 3612 kg ha⁻¹, con niveles de proteína mayormente por encima del 11%. La EAGR fue de 25,5 y 14,6 kg grano kg⁻¹ N para Ne y Nm-Nfrac, estas últimas analizadas conjuntamente. La EREC fue de 0,60 y 0,38 kg N absorbido kg⁻¹ N aplicado, para Ne y Nm-Nfrac, respectivamente. Además, se estimó una elevada eficiencia fisiológica: 42,8 y 38,8 kg grano kg⁻¹ N absorbido para Ne y Nm-Nfrac. La superioridad de la EAGR de Ne con respecto a Nm-Nfrac, se basó en una recuperación mucho más efectiva del fertilizante. El mayor suministro nitrogenado tuvo una gran influencia sobre el número de espigas por m², que se tradujo en mayor Bac y REND (p<0,0001 para las tres variables).

Introducción

La Universidad Nacional del Sur (UNS) tiene su sede en la ciudad de Bahía Blanca, cabecera del partido del mismo nombre que se emplaza al sur del sistema serrano de Ventania. Las precipitaciones generalmente se concentran principalmente en dos estaciones bien definidas (otoño y primavera), con una estación seca en invierno y semiseca en verano (Glave, 2006). Sin embargo, se registra una gran variabilidad del régimen pluviométrico, característica de una zona semiárida, que constituye una importante limitación para el uso agrícola (Marinissen et al., 2011).



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Con el objeto de evaluar la influencia de la aplicación de nitrógeno (N) sobre la estabilidad de los rendimientos de los cultivos de grano y la evolución de parámetros edáficos, que hacen a la integridad del recurso suelo, se realiza -desde 2009- un ensayo de larga duración (ELD). Se estudia el efecto de la fertilización en un monocultivo de trigo bajo SD sobre variables edáficas y del cultivo en uno de los campos experimentales de la UNS.

En un ambiente semiárido se registran modalidades interactivas particulares entre la disponibilidad de nitrógeno y agua, que determinan el rendimiento del grano y su calidad (Fageria & Baligar, 2005). Los resultados obtenidos en cada campaña del ELD han sido informados en trabajos anteriores, resaltando la singularidad de las condiciones edafoclimáticas, que tienen influencia sobre la respuesta a N (Orden et al., 2011, Gutiérrez et al., 2012, Kiessling et al., 2013 y 2014).

La disponibilidad de N puede afectar la cantidad y tamaño de órganos vegetativos y reproductivos (Dreccer et al., 2003). Este efecto se manifiesta sobre la capacidad del cultivo para acumular biomasa, (es decir el tamaño y la actividad de las fuentes de fotoasimilados) y sobre la capacidad de los destinos (la cantidad y el peso tamaño de los granos). Por lo tanto mediciones en planta en distintos estadios aportan a la comprensión de la formación de biomasa y el índice de cosecha.

La fertilidad nitrogenada durante el ciclo se refleja, además, en la relación entre el rendimiento y el contenido de proteína en grano. Cuando la disponibilidad de N es baja la aplicación de N produce un incremento del rendimiento y la proteína en grano disminuye. Para situaciones de provisión moderada de N la proteína y el rendimiento responden a la fertilización nitrogenada en forma lineal. En condiciones de suministro óptimo del nutriente, se produce un consumo de lujo del nutriente con incremento de la proteína en grano (Stone & Savin, 1999).

El objetivo de este trabajo es informar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la calidad del trigo en el marco de las condiciones del ELD y las características ambientales singulares de la campaña 2014, caracterizada por abundantes precipitaciones durante todo el año.

Materiales y Métodos

Desde 2009 se realiza el ensayo de larga duración en el Partido de Bahía Blanca sobre un lote con pendiente de 2,7%, profundidad variable entre 80 y 100 cm y coordenadas 38°25' S, 62°16' O. Las características del sitio de ensayo y su variabilidad espacial se detallan en otro trabajo (Orden et al., 2011). El diseño es de 4 bloques completos al azar y unidad experimental de 60 m². Los tratamientos consisten en dosis y épocas de aplicación de N: testigo, 40 y 80 kg N ha⁻¹, en siembra-emergencia o macollaje, y la dosis mayor repartida entre las dos épocas, en dos fracciones iguales. Los tratamientos se repiten anualmente en las mismas parcelas.

El 24 de junio de 2014 se sembró la variedad Buck Malevo, con una densidad de 250 plantas m⁻². Se fertilizó con 70 kg de superfosfato triple ha⁻¹, en la línea de siembra. Luego se instalaron los tratamientos aplicándose N como urea granulada al voleo en



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

forma manual el 30 de junio y el 15 de setiembre para siembra-emergencia y macollaje, respectivamente.

En las parcelas testigo se estimó la disponibilidad de N inorgánico (Ni, N-nitratos + N-amonio, 0-60 cm), siguiendo la metodología de Bremner & Keeney (1965), y humedad en emergencia, macollaje y post cosecha. Además, se seleccionaron parcelas fertilizadas para evaluar el efecto de los tratamientos en distintos momentos.

El día 12 de Noviembre con el cultivo de trigo en estado de Zadoks 5.9 (espigazón) (Zadocks et al., 1974) se realizó una medición del índice de verdor (IV) con SPAD 502 MINOLTA, en todas las unidades experimentales. Ocho días más tarde, en antesis, (Zadoks 6.5) se cosechó la biomasa aérea (Baa), se contaron las espigas (ESPm2a), se separó la hoja bandera y se determinó su peso (HB). En madurez fisiológica del trigo (Zadoks 9.0) se llevó a cabo la cosecha. Se determinaron biomasa aérea (Bac), rendimiento en grano (REND), peso hectolítrico (PH), número de espigas por metro cuadrado (ESPm2), peso de una espiga (PESP) y peso de mil granos (PMIL). Se calcularon número de granos por espiga (GRANESP) y por metro cuadrado (GRANOSm2) e índice de cosecha (IC). Se determinó el contenido de proteína en grano (PROT) por espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). Se estimó el N cosechado (Ncos) usando un factor proteína/N de 5,75 (Novoa & Loomis, 1981). Se efectuó registro diario de lluvias durante todo el año.

El análisis estadístico incluyó medidas de resumen, correlación entre todas las variables estudiadas, ANOVA, comparaciones planeadas de medias por diferencia mínima significativa (DMS) y contrastes ortogonales. Para cada época de aplicación se ajustaron ecuaciones lineales del REND y Ncos en función de la dosis de N. Las pendientes proveyeron estimaciones de la eficiencia agronómica (EAGR) y de la de recuperación aparente del fertilizante (EREC). La eficiencia fisiológica (EFIS) se calculó como el cociente entre EAGR y EREC (Delogu et al., 1998). Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2013).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se comparan las precipitaciones mensuales del año 2014 con las medias de los periodos 1959-2011 y 2005-2011, agrupándose objetivamente los últimos 9 años según variaciones en la temperatura media global (Zotelo, 2012). El total anual del año 2014 fue de 713 mm, superando en casi 200 mm a los promedios considerados. Esta diferencia se debe mayormente a las precipitaciones destacadas de febrero, julio y octubre.

La disponibilidad de nitrógeno inorgánico (Ni) inicial en el tratamiento testigo fue de 227 kg Ni ha⁻¹ (0-60 cm). En ese momento se muestrearon, además, las parcelas que habían recibido 80 kg N ha⁻¹ en macollaje (80m) el año anterior, para determinar si el Ni era mayor que para el testigo. Si bien se registró una superioridad de 38 kg Ni ha⁻¹ (0-60 cm), esta diferencia no fue significativa (Tabla 1).

En el muestreo de macollaje, el Ni en el tratamiento testigo disminuyó casi 100 kg Ni ha⁻¹ con respecto al muestreo anterior y no se expresaron los 80 kg N/ha aplicados entre siembra y emergencia (80e). Esta observación se atribuye a pérdidas por lixiviación de

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

nitratos, de acuerdo con las precipitaciones registradas en el periodo. En cosecha se registró una tendencia a niveles crecientes N residual compatible con los momentos de aplicación 0<80e<80m=40e40m.

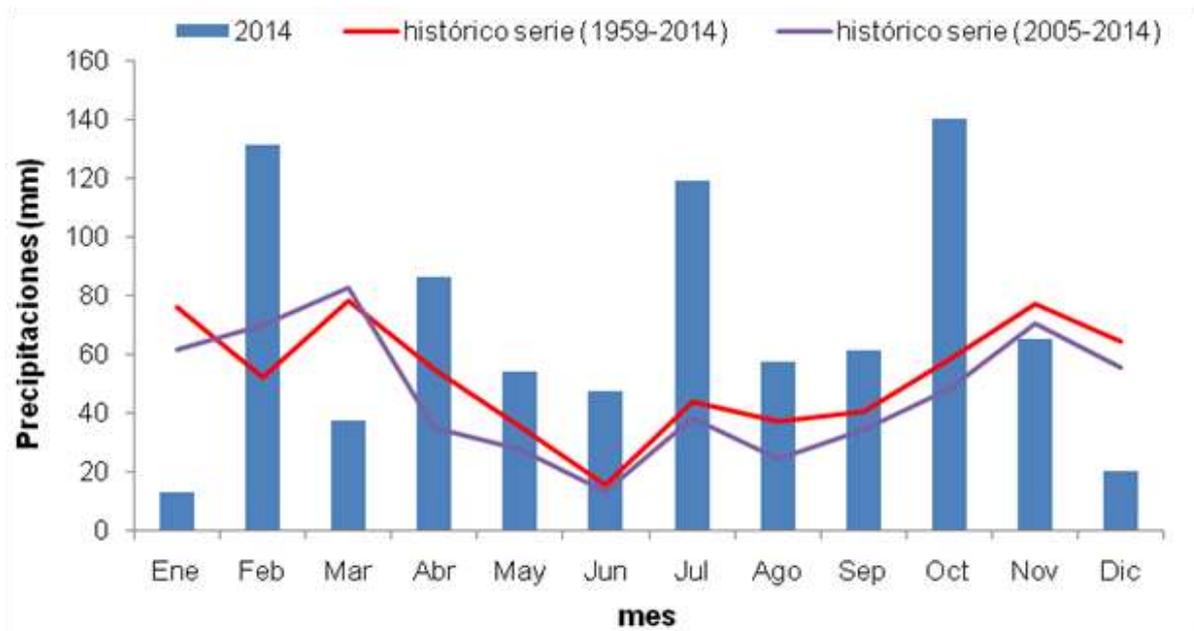


Figura 1. Precipitaciones del año 2014, media histórica (1959-2014) y periodo 2005-2014.

La humedad (H%) determinada en las mismas fechas que el Ni fue de 18% en emergencia del cultivo, sin diferencias por tratamiento o profundidad de muestreo. En macollaje el suelo en las parcelas fertilizadas con 80e tenía un contenido de H% superior a las no fertilizadas, con diferencias significativas por profundidad. Esto es atribuible a una mayor cobertura, asociada con la mayor producción de biomasa en campañas anteriores (Kießling et al., 2014). Tal evidencia permite suponer una actividad biológica más intensa en las parcelas más húmedas.

Las diferencias entre tratamientos no se mantuvieron en antesis con H% promedio de 13%. La tendencia decreciente de H% con respecto al macollaje se continuó hasta cosecha, con valores menores (aunque no significativos) en 1,5 puntos del porcentaje en las parcelas fertilizadas, que indicarían mayor consumo. En cosecha, además, se registró una diferencia significativa por profundidad para el tratamiento 80e.

Las medidas resumen para las variables del cultivo se muestran en la Tabla 2. El rango de valores de IV fue muy amplio, atribuible a la variabilidad impuesta por bloques y tratamientos y al efecto de lavado descripto. La media correspondió a una nutrición nitrogenada moderada. El rendimiento medio del ensayo fue muy bueno, duplicando los 1500 kg ha⁻¹ considerados como media para el ambiente semiárido bonaerense (Kruger, 2015). Las ESPm2 tuvieron un alto valor medio, tanto en antesis como a

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

cosecha. Los rangos de GRANESP y PMIL fueron moderados a buenos y el IC tuvo una media de 0,33, frecuente en trigos de ciclo largo (García et al., 2004). La PROT se mantuvo en casi la totalidad de los casos por sobre la base de 11%, utilizada en la comercialización. En lo que respecta al PH, todas las parcelas produjeron granos de grado 1.

Tabla 1. Nitrógeno disponible y humedad, según fecha de muestreo. Valores medios de observaciones correspondientes a 4 bloques, 2 profundidades de muestreo (0-30 y 30-60 cm) y tratamientos indicados.

Fecha	prof cm	N disponible (Ni) kg/ha				Humedad (%)			
		Tratamientos				Tratamientos			
		0	80e	80m	40e- 40m	0	80e	80m	40e- 40m
30/06	0-30	106 aA	-----	128 aA	-----	16,2 aA	-----	15,0 aA	-----
	30-60	121 aA	-----	137 aA	-----	19,0 aA	-----	20,0 aA	-----
15/09	0-30	76 aA	68,4 aA	-----	-----	17,0 aA	18,3 bA	-----	-----
	30-60	58 aA	62,4 aA	-----	-----	20,0 aA	24,9 bB	-----	-----
20/11	0-30	-----	-----	-----	-----	11,6 aA	11,5 aA	-----	-----
	30-60	-----	-----	-----	-----	14,8 aA	13,3 aA	-----	-----
31/12	0-30	69 aA	91 aA	102 aA	103 aA	9,2 a A	7,9 aA	8,1 aA	8,3 aA
	30-60	77 aA	88 aA	89 aA	87 aA	10,2 a A	8,4 aB	8,4 aA	8,4 aA

0: testigo, 80e y 80m: 80 kg N ha⁻¹ en emergencia y macollaje, respectivamente; 40e-40m: 80 kg N ha⁻¹ aplicados en dos fracciones iguales emergencia y macollaje

Letras minúsculas distintas en las filas indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

Letras mayúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

La correlación entre variables, sin distinción entre tratamientos se muestra en la Tabla 3. El IV se asoció positivamente con PROT y estas dos variables lo hicieron negativamente con el IC, PMIL y PH (las tres últimas con correlación positiva entre sí). Esto indica que las plantas mejor nutridas produjeron granos más pequeños con mayor contenido de N, en concordancia con la relación negativa de PROT con PMIL y PH. La Baa, ESPM²a y HB se asociaron positivamente entre sí y con variables determinadas a cosecha: Bac, REND y sus componentes y subcomponentes (a excepción del PMIL), que también correlacionaron positivamente entre sí. Esto evidencia que en las parcelas con mayor

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Baa, se favoreció la producción de macollos fértiles, resultando luego en mayor número de espigas con mayor número de granos por espiga y por superficie. El PESPa no correlacionó significativamente con ninguna variable. No se encontraron correlaciones negativas entre rendimiento, componentes y subcomponentes que revelaran efectos compensatorios.

Del análisis de varianza (Tabla 4) surgió que las variables con efecto de bloque significativo fueron las que comienzan a definirse más temprano en el ciclo del cultivo y habrían estado más asociadas al gradiente de factores edáficos reportado por Orden *et al.* (2011). En cambio, para las variables del cultivo menos afectadas por las diferencias entre bloques los factores extraedáficos alcanzaron mayor relevancia (Ugarte *et al.*, 2007). Este proceso se reflejó, además, en los coeficientes de variación respectivos. Se encontraron efectos significativos de los tratamientos en todas las variables estudiadas, excepto PESPa.

Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables del cultivo.

Variable (unidad)	Abrev.	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Índice de verdor	IV	24	40,5	4,8	11,9	29,0	50,9	39,7
Biomasa aérea en antesis (kg ha ⁻¹)	BAa	24	6244	1433	23,0	3473	8744	6228
Peso hoja Bandera (g m ⁻²)	HB	24	36,3	11,1	30,6	16,6	55,9	34,9
Peso de una espiga en antesis	PESPa	24	0,31	0,02	7,1	0,25	0,34	0,31
Nº de espigas por m ² en antesis	ESPm2a	24	441	88	19,8	272	619	439
Biomasa aérea en cosecha (kg ha ⁻¹)	Bac	24	10796	2356	21,8	6348	15726	10916
Nº de espigas por m ² en cosecha	ESPm2c	24	478	99	20,7	294	702	485
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	REND	24	3612	863	23,9	2125	5497	3645
Índice de cosecha del cultivo	IC	24	0,33	0,02	4,7	0,29	0,35	0,34
Peso de mil granos (g)	PMIL	24	33,56	1,94	5,8	29,10	36,80	33,90
Nº de granos por m ² en cosecha	GRANm2	24	10793	2625	24,3	6120	16608	11051
Nº de granos por espiga	GRANESP	24	22,4	1,5	6,8	20,0	25,0	23,0
Peso hectolitrito (kg hL ⁻¹)	PH	24	83	2	2,1	79	87	83
Proteína en grano (%)	PROT	24	11,9	0,7	5,8	10,9	13,6	12,0
N cosechado en grano (kg ha ⁻¹)	Ncos	24	75,2	19,3	25,7	43,6	115,2	78,0

n: número de casos, D.E.: desvío estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

La Tabla 5 muestra los promedios de los tratamientos y algunos resultados de los contrastes ortogonales realizados. El contraste de la media de tratamientos fertilizados vs testigo fue significativo ($p < 0,02$) en las 14 variables con efecto significativo de los tratamientos, excepto para el IC (solo 80m se diferenció del testigo). Esta influencia fue negativa para PH y PMIL ($p < 0,01$) y positiva para las 11 variables restantes. En estas últimas se registró un impacto significativo y positivo ($p < 0,05$) del incremento de dosis (media de 40ey40m vs media de 80e y 80m). Sólo para IC se registró una interacción positiva de dosis por época. En promedio de las dos dosis la aplicación en emergencia fue significativamente superior en HB, ESPm²a, REND, ESPm²c, PMIL, Bac, PH y Ncos. Este efecto se explica por la asociación positiva entre la acumulación de materia seca y de N, tanto hasta antesis como durante el llenado del grano reportada por (Austin *et al.*, 1977), siendo opuesto a lo observado para PROT y Baa. El fraccionamiento de la dosis mayor en dos épocas no se diferenció significativamente de la aplicación única en macollaje a excepción de las variables PMIL e IC, en las cuales la dosis fraccionada se asimiló a la dosis única en emergencia.

Tabla 3. Correlación entre variables estudiadas.

	IV	BAA	HB	ESPm ² a	Bac	ESPm ² c	REND	IC	PMIL	GRANm ²	ESP	PH	PROT
IV	1												
BAA	0,28	1											
HB	0,23	0,96	1										
ESPm ² a	0,13	0,92	0,94	1									
Bac	0,20	0,83	0,86	0,85	1								
ESPm ² c	0,16	0,81	0,84	0,85	0,99	1							
REND	0,10	0,82	0,85	0,84	0,98	0,97	1						
IC	<i>-0,44</i>	0,27	0,29	0,31	0,33	0,31	<i>0,49</i>	1					
PMIL	<u><i>-0,58</i></u>	<i>-0,09</i>	<i>-0,09</i>	<i>-0,05</i>	<i>-0,11</i>	<i>-0,12</i>	0,02	0,64	1				
GRANm ²	0,22	0,81	0,84	0,82	0,99	0,97	0,97	0,32	<i>-0,22</i>	1			
GRANESP	0,32	<u><i>0,52</i></u>	<u><i>0,53</i></u>	0,43	0,65	0,57	0,65	0,27	<i>-0,40</i>	0,73	1		
PH	<u><i>-0,62</i></u>	<i>-0,17</i>	<i>-0,10</i>	<i>-0,07</i>	<i>-0,04</i>	<i>-0,04</i>	0,10	0,69	0,71	<i>-0,06</i>	<i>-0,11</i>	1	
PROT	0,64	0,38	0,32	0,29	0,33	0,34	0,24	<i>-0,38</i>	<u><i>-0,51</i></u>	0,35	0,21	<i>-0,46</i>	1
Ncos	0,22	0,84	0,86	0,85	0,98	0,97	0,98	0,38	<i>-0,09</i>	0,97	0,65	0,00	<i>0,43</i>

Coefficientes en cursiva, subrayados y negrita significativos a $p < 0,05$; 0,01 y 0,001, respectivamente.

Variables ver Tabla 2.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Tabla 4. Probabilidad del F para los tratamientos y bloques y coeficientes de variación.

Variables	pTratamiento		pBloques		CV (%)
IV	0,0009	***	0,0003	***	6,02
Baa	<0,0001	***	0,0004	***	8,86
HB	<0,0001	***	0,0001	***	11,24
PESPa	0,5880		0,6061		7,68
ESPM2a	0,0001	***	0,0015	***	9,42
Bac	<0,0001	***	0,0004	***	9,34
ESPM2c	<0,0001	***	0,0006	***	9,27
REND	0,0001	***	0,0005	***	11,25
IC	0,0319	*	0,0630		3,46
PMIL	0,0077	***	0,2264		4,18
GRANm2	<0,0001	***	0,0015	***	10,82
GRANESP	0,0264	*	0,6612		5,34
PH	0,0174	*	0,3068		1,62
PROT	0,0006	***	0,0688		3,45
Ncos	<0,0001	***	0,0004	***	10,32

Variables ver Tabla 2.

Tabla 5. Comparación de medias por diferencia mínima significativa ($p < 0,05$) y contraste de medias de tratamientos según época de aplicación.

a) Variables determinadas en espigazón y antesis.

Trat.	n	IV	Baa	HB	PESPa	ESPM ² a
Testigo	4	35,2 a	4172 a	22,1 a	0,31 a	317 a
40e	4	38,5 ab	5337 b	35,5 cd	0,32 a	458 c
80e	4	42,1 bc	6277 c	46,0 d	0,32 a	511 c
40m	4	39,8 b	7018 cd	28,3 b	0,30 a	394 b
80m	4	43,5 c	7292 cd	42,0 d	0,30 a	485 c
40e-40m	4	44,0 c	7369 d	44,1 d	0,32 a	483 c
DMS		3,7	834	6,1	0,03	63
Contraste grupos de medias						
emergencia	8	40,3	5807	40,7	0,32	485
macollaje	8	41,7	7155	35,1	0,30	440
p=		0,28	0,05	0,02	0,12	*0,05

Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

ns y *: Diferencias por época no significativa y significativa a $p < 0,05$.

Tratamientos ver Tabla 1. Variables ver Tabla 2.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

b) Variables determinadas en cosecha y poscosecha.

Trat.	n	REND	ESPM ² c	GRANm ²	GRANesp	PMIL
Testigo	4	2613 a	353 a	7327 a	20,8 a	35,6 c
40e	4	3662 bc	489 bc	10516 b	21,5 ab	34,7 bc
80e	4	4656 d	584 d	13914 d	24,0 c	33,5 bc
40m	4	3181 ab	425 bc	9672 b	22,8 bc	32,7 a
80m	4	3880 c	542 cd	12411 cd	23,0 bc	31,2 a
40e+40m	4	3678 bc	478 bc	10920 bc	22,5 abc	33,7 bc
DMS		612	66,9	1759	1,9	2,1
Contraste grupos de medias						
Emergencia	8	4159	537	12215	22,8	34,1
Macollaje	8	3531	484	11041	22,9	31,9
p=		0,01	0,03	0,06	0,85	0,01

	n	Trat.	IC	PH	PROT	Ncos
Testigo	4	7805 a	0,34 b	85 c	11,5 ab	52,0 a
40e	4	10898 bc	0,33 b	83 bc	11,4 a	72,2 bc
80e	4	13403 d	0,35 b	84 bc	12,4 cd	99,7 e
40m	4	9518 b	0,33 b	82 ab	11,6 ab	64,2 b
80m	4	12239 cd	0,31 a	81 a	12,9 d	86,2 d
40e+40m	4	10911 bc	0,34 b	83 ab	12,1 bc	77,0 cd
DMS		1520	0,02	2	0,62	11,7
Contraste grupos de medias						
emergencia	8	12151	0,34	84	11,9	86,0
macollaje	8	10879	0,32	82	12,3	75,2
p=		0,02	Int.	0,01	0,09	0,01

Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas a $p < 0,05$. Ns y *: Diferencias por época no significativa y significativa a $p < 0,05$. Int.: Interacción Dosis* época.

Los resultados del efecto de dosis y época se resumen en las Figuras 2 y 3. En base a la comparación de medias, la dosis fraccionada se combinó con la fertilización en macollaje. En la Figura 2 se destaca la respuesta lineal de REND a la fertilización en el rango de dosis utilizado, constituyendo la pendiente de las rectas una estimación de la EAGR. Esta fue de 25,5 y 14,6 kg grano kg⁻¹ N para la aplicación en emergencia y macollaje-fraccionada en ese orden. El ajuste análogo para Ncos (Figura 3) provee de una estimación de la recuperación aparente del fertilizante que fue de de 0,60 y 0,38 kg N absorbido kg⁻¹ N aplicado, para la fertilización en emergencia y macollaje-fraccionada, respectivamente. Se estimó una alta EFIS: 42,8 y 38,8 kg grano kg⁻¹ N absorbido para emergencia y macollaje, en ese orden. Esta correspondió a bajos requerimientos: 23,4 y 25,7 kg N t⁻¹ grano, para emergencia y macollaje respectivamente. La comparación de estas aproximaciones con los valores medios de PROT sugiere que el índice de cosecha del N se habría ubicado en los valores mayores reportados en la bibliografía

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

(Austin *et al.*, 1977; Desai & Bhatia, 1978) superando un 80% del N absorbido para las distintas épocas de aplicación.

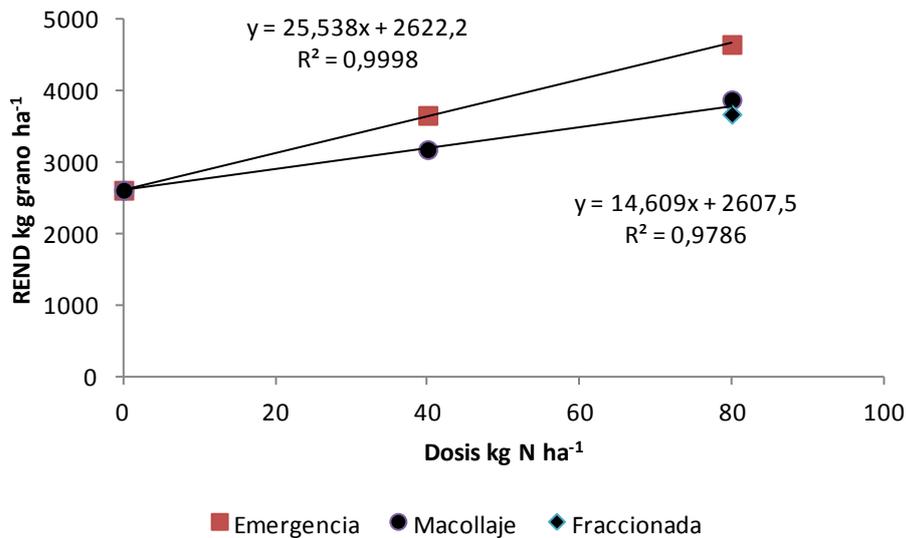


Figura 2. Relación entre el rendimiento y la dosis de N según época de aplicación.

La Figura 3 muestra las medias de los REND y PROT de las diferentes dosis y épocas de fertilización analizadas en el ensayo. Se reitera lo graficado en la Figura 2 para REND. Independientemente de la época de aplicación, en el rango de de dosis de 0 a 40 kg N ha⁻¹ la PROT presentó inicialmente una disminución, mientras que entre 40 a 80 kg N ha⁻¹, REND y PROT aumentaron linealmente. De acuerdo con la relación entre el rendimiento y el contenido de proteína en grano, descrita por Stone & Savin (1999), esto significa que la disponibilidad de N en el ciclo fue baja entre los tratamientos de 0 y 40 kg N ha⁻¹ y media para el rango siguiente. Estos resultados están de acuerdo con el nivel crítico de proteína de 11,5% y el nivel de transición de 11,1% y 11,2% de PROT, reportados por Goos *et al.* (1981) para un diagnóstico post cosecha de la nutrición nitrogenada del cultivo.

Lo expuesto no concuerda con la disponibilidad inicial superior a 200 kg N ha⁻¹, estimada por análisis de suelo a fines de junio. De lo anterior se ratifica que hubo importantes pérdidas de N durante el ciclo del cultivo en particular por lavado, ocasionado por las abundantes precipitaciones entre abril y octubre (Figura 1).

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

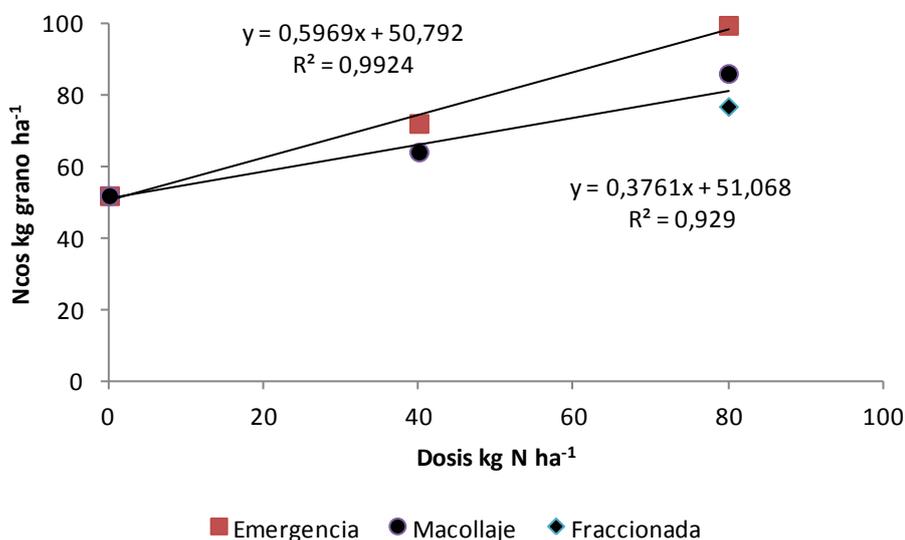


Figura 3. Relación entre el N cosechado en grano y la dosis según época de aplicación.

Conclusiones

Aún con elevada disponibilidad de N inorgánico inicial, se registraron altas respuestas a la fertilización nitrogenada. La eficiencia agronómica de la fertilización en emergencia fue un 75% mayor que la de macollaje y la fraccionada, siendo esta superioridad basada en una recuperación mucho más efectiva del fertilizante.

En un panorama de grandes pérdidas de N por lavado, durante el periodo emergencia-macollaje, las parcelas fertilizadas tempranamente habrían presentado una disponibilidad posicional ventajosa del N aplicado, con respecto al nativo. El mayor suministro nitrogenado tuvo una influencia notable sobre el número de espigas por m², que se tradujo en mayor biomasa aérea a cosecha y rendimiento. Sin embargo, la biomasa aérea medida en antesis fue mayor para las parcelas fertilizadas en macollaje. Esto puede explicarse por la oportunidad del aporte nitrogenado, en la etapa de mayor tasa de crecimiento (encañazón). En cosecha, en cambio, la biomasa aérea estuvo fuertemente asociada al rendimiento.

La proteína se mantuvo en un nivel de transición entre la deficiencia y suficiencia de N. El 12% de proteína solo se superó con 80 kg de N aplicados, al menos en parte, en macollaje.

En la campaña anterior (2013), después de 5 años del ensayo de larga duración, se detectó una mayor capacidad de las parcelas fertilizadas para capturar más del suministro de agua (lluvias durante el barbecho). En un año con alta disponibilidad hídrica como el 2014, este efecto no se manifestó plenamente.

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina PGI 24/A206. El ensayo surgió



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

de un convenio de cooperación de Investigación y Desarrollo entre la Fundación de la Universidad Nacional del Sur y PROFERTIL S.A. Los autores agradecen a la Ing. Agr. Noemí Fritz de Cámara Arbitral de Cereales, Oleaginosos, Frutos y Productos de Bahía Blanca, por la determinación de proteína en grano.

Bibliografía

Austin, RB; MA Ford; JA Edrich & RD Blackwell. 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *Agric.Sci.* 88:159-167.

Bremner, JM & DR Keeney. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta* 32:485-95.

Delogu, G; L Cattivelli; N Pecchioni; D De Falcis; T Maggiore & AM Stanca. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Europ. J. Agron.* 9: 11-20.

Desai, RM & CR Bhatia. 1978. Nitrogen uptake and nitrogen harvest index in durum wheat cultivars varying in their grain protein concentration. *Euphytica* 27: 561-566.

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2013. *InfoStat*, versión 2013, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

Dreccer, MF; RA Ruiz; GA Maddonni & EH Satorre. 2003. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. En: EH Satorre et al. (eds.). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. 1ra ed Pp. 481-497. Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires, Argentina. 783 pp.

Fageria NK & VC Baligar. 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Adv. Agron.* 88: 97-185.

García, PA; CN Balbi & AR Ferrero. 2004. Ensayo de cultivares de Trigo Pan (*Triticum aestivum* L.) en la provincia de Corrientes: Fenología y componentes de rendimiento. Universidad Nacional del Nordeste.

Glave, A. 2006. Influencia climática en el sudoeste bonaerense y sudeste de La Pampa. *Acaecer* 360:18-23.

Goos, RJ; DG Westfall; AE Ludwick & JE Goris. 1981. Grain Protein Content as an Indicator of N Sufficiency for Winter Wheat. *Agron. J.* 74: 130-133.

Gutiérrez, M; C Colla; RJ Kiessling & MM Ron. 2012. Respuesta a nitrógeno en trigo bajo severo estrés hídrico XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata del 16 al 20 de abril.

Kiessling, RJ; JM Martínez; M Toribio & MM Ron. 2013. Fertilización nitrogenada en trigo en el Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). Simposio Fertilidad



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

2013. “Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable” Rosario 22 y 23 de mayo.

Kiessling RJ, Martínez JM, Campisi M, Ron MM 2014 Efecto del nitrógeno sobre fuentes y destinos para trigo en Bahía Blanca XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014 6 páginas

Krüger, HR. 2015. Secuencias de cultivos con trigo para el ambiente semiárido bonaerense : rendimientos y efectos sobre el suelo. - 1a ed. – Bordenave, Buenos Aires : Ediciones INTA, 2015. 52p.

Marinissen, A; C Torres Carbonell & A Lauric. 2011. Documento de Diagnóstico y Discusión Sistemas Productivos. Área Influencia Agencia de Extensión INTA Bahía Blanca. EEA Bordenave. Documento interno Reunión Comisión Interinstitucional de Desarrollo Técnico-Científico Bahía Blanca UNS- CONICET- CIC –INTA. Agosto 2011.

Novoa, R & RS Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. Plant Soil 58:177-204.

Orden, L; ME Mandolesi; RJ Kiessling & MM Ron. 2011. Variabilidad espacial de fertilidad química del suelo en un diseño de bloques. Span. J. Soil Sci. 1 (1):54-69. http://sjs.universia.net/pdfs_revistas/articulo_238_1319128206453.pdf

Stone, PJ & R Savin. 1999. Grain quality and its physiological determinants. En: EH Satorre y GA Slafer. (eds.) Wheat: Ecology and physiology of yield determination. NY: food product press. Pp 85-120.

Ugarte C; DF Calderini; GA Slafer, 2007. Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. Field Crops Res. 100:240-248.

Zadoks, JC; TT Chang & CF Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421.

Zotelo, C. 2012. Variabilidad climática y ciclos naturales. Boletín electrónico del CERZOS N° 21. <http://www.bahia Blanca-conicet.gob.ar/>

boletin/index.php?option=com_content&view=article&id=1718&Itemid=1031.