



Estación Experimental Agropecuaria Pergamino

"Ing. Agr. Walter Kugler"

UCT Agrícola Ganadera del Centro

AER 9 de Julio

Trigo: Fertilización foliar complementaria con urea. Efecto de la dilución, momento, dosis de aplicación y mezcla con fungicida

*Ing. Agr. M.Sc. Luis Ventimiglia

*Lic. Lisandro Torrens Baudrix

Marzo 2015

Introducción

Fertilizar el trigo es una práctica ya asumida por la mayor parte de los productores. Cuando se habla de fertilización, normalmente se está refiriendo a una fertilización de base, principalmente con fósforo, el cual puede venir acompañado con azufre, nitrógeno y calcio, etc, y a la fertilización clásica con nitrógeno, la cual se realiza mayoritariamente con urea y con UAN.

La fertilización foliar, si bien es una práctica conocida desde la antigüedad, la misma está más asociada y aplicada a los cultivos intensivos, en los cuales normalmente se adicionan más de un nutriente y en varias oportunidades durante el ciclo del cultivo, ya sea en forma tradicional, con pulverizaciones sobre las estructuras vegetativas o mediante el riego, bajo el sistema conocido como fertirrigación, o con la combinación de ambos sistemas. En los cultivos extensivos su desarrollo comenzó en los últimos años, aplicándose mayoritariamente en trigo, maíz y en soja, en menor proporción.

Algunas consideraciones técnicas de buenas prácticas de aplicación se deben tener en cuenta. Cuando los nutrientes son aplicados foliarmente en forma de pulverizaciones, los mismos deben estar preparados para poder penetrar al cultivo. Los nutrientes son principalmente quelatados o aminados a efectos de neutralizar sus cargas y dejar de esta manera moléculas neutras, las cuales podrán penetrar principalmente por vía estomáca, lenticelas, etc y otras vías no tan frecuentes como pueden ser las fisuras que presentan los tejidos. Hay algunos productos, como el caso de la urea, la cual contiene principalmente nitrógeno siendo uno de los productos que podría penetrar en los tejidos sin ser quelatado o tratada con otro producto. Lógicamente la misma deberá ser vehiculizada, normalmente con agua, para poder llegar al blanco (tejidos vegetales), no generar efectos nocivos de quemado y por otro lado, para generar un mayor volumen que permita una mejor distribución del producto aplicado. La urea proporciona nitrógeno, un elemento que las plantas necesitan en grandes cantidades y que es requerido durante todo el ciclo del cultivo, aún en la parte final del ciclo, por ejemplo del trigo, para abastecer la formación de proteínas. Se conoce por otro lado, que la velocidad de penetración de los nutrientes cuando son aplicados foliarmente es diferente, siendo el nitrógeno una de las moléculas que mayor rapidez tiene en incorporarse al vegetal. Dentro del vegetal los nutrientes pueden seguir diferentes vías, conocidas como movimientos simplásticos o apoplásticos. En el primero hay un costo energético, en tanto que en el segundo procesos no lo hay. En ambos casos los nutrientes son llevados hasta el xilema, elemento conductor que lo redistribuirá a los distintos órganos de la planta.

La Agencia INTA 9 de Julio desde hace varios años ha venido trabajando con resultados satisfactorios, con la aplicación diluida de urea en forma foliar en diferentes cultivos. Esas

líneas de trabajo, generaron nuevos interrogantes, los cuales se pretenden ir despejando. A tal fin durante la campaña 2014/15 la Agencia INTA 9 de Julio realizó 4 experimentos de fertilización foliar con urea en el cultivo de trigo. Los mismos estudiaron el efecto de la dilución hídrica, cual es el mejor momento de aplicación del día, que pasa cuando el fertilizante se aplica conjuntamente con un fungicida y hasta que dosis de nitrógeno se puede aplicar por esta vía, como así también cual es la respuesta del cultivo a dosis creciente de nitrógeno ureico aplicado foliarmente.

Materiales y Método

Los ensayos se realizaron en el campo conocido como Aero Club. El lote tenía como antecesor a maíz. Posterior a la cosecha se efectuó un barbecho químico el cual permitió llegar con el lote limpio de malezas al momento de la siembra, la cual ocurrió el 17 de junio.

Previo a la siembra se realizó un análisis químico, para caracterizar químicamente el cuadro 1.

Cuadro 1: Análisis químico del suelo

N-NO ₃ : 0-20 cm	12,8 ppm
20-40 cm	6,8 ppm
40-60 cm	5,9 ppm
Fósforo:	4,9 ppm
Materia Orgánica	3,1 %
S-SO ₄ : 0-20 cm	7,9 ppm
20-40 cm	8,5 ppm
40-60 cm	4,9 ppm
pH:	5,9
Zn	2,7 ppm
Fe	102,5 ppm
Cu	1,1 ppm
Mn	34,4 ppm
B	1,58 ppm

Fuente: Fertilab

Para la siembra se utilizó la variedad Bag 801, del criadero Nidera, empleándose 200 granos/m². Se empleó una sembradora Yomel-Hilcor a 0,233 m entre hileras. En el mismo momento de siembra, se adicionó en el surco: 72 kg/ha de una mezcla con 5,5 % de Nitrógeno; 26 % Pentóxido de fósforo; 9,3 % de Azufre y 11,8 % de Calcio. Posteriormente (17 de julio), todos los tratamientos fueron fertilizados al voleo en cobertura total con 150 kg/ha de urea.

El diseño utilizado para cada una de las experiencias fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental contó con 9 surcos por 6 metros de largo.

El control de malezas se realizó en base a Metsulfuron y Dicamba, en tanto que las enfermedades fueron controladas utilizando dos aplicaciones de fungicida, la primera al estado Zadock 3.2 (2do nudo visible), y la segunda en hoja bandera expandida (Zadock 3.9). En el primer caso se utilizó una mezcla de triazoles, siendo la principal enfermedad mancha amarilla, en tanto que en la segunda aplicación se utilizó una mezcla de un triazol y estrobirulina, encontrándose como enfermedades prevalentes principalmente mancha amarilla y muy poca roya de la hoja.

La cosecha se realizó en todos los ensayos el día 11 de diciembre con una cosechadora Winterstager. Se recolectó $1,3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 7,8 \text{ m}^2$ para cada unidad experimental. El material cosechado fue pesado, determinada su humedad, corregido su peso a 14 % de humedad y expresado los resultados en kg/ha.

La evaluación de proteína y gluten se realizaron con un aparato marca Agri check Biluins Instruments, en tanto que el peso hectolítrico se lo midió con un higrómetro Delver modelo: HD 1021-USB.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de variancia y cuando fue posible, se compararon las medias mediante el test DMS (Diferencia mínima significativa al 0,05 % de probabilidad).

Ensayo de dilución

El objetivo de la experiencia fue verificar hasta que volumen de agua se podría diluir y aplicar la urea. En esta experiencia se mantuvo constante la dosis de urea en 20 kg/ha de producto comercial y lo que varió fue el volumen de agua con la cual se la aplicó. Cuadro 2.

Cuadro 2: Tratamientos ensayados

1. Testigo
2. 20 kg/ha de urea en 188 l/ha de agua
3. 20 kg/ha de urea en 120 l/ha de agua
4. 20 kg/ha de urea en 90 l/ha de agua
5. 20 kg/ha de urea en 60 l/ha de agua

Las aplicaciones se realizaron 14/10/14 al estado fenológico Zadocks 3.9 (Hoja bandera). El horario de aplicación fue entre las 18:00 y 18:30 hs. Las condiciones de aplicación fueron muy buenas, presentándose en ese horario una temperatura exterior de 25 °C; humedad relativa 59 %; viento de 4 km/h y radiación de 50 w/m². La aplicación se realizó con una mochila de presión constante, equipada con una barra de 4 picos tipo abanico plano ubicados a 0,4 m uno de otro.

A los efectos de diluir la urea en agua se lo fue haciendo en forma gradual, en un recipiente menor, en el cual se fue colocando la urea y el agua para disolverla, esta operación es importante de hacerla revolviendo con algún elemento a efecto de lograr la

total disolución del fertilizante, posteriormente se colocó en el aplicador, el cual contenía también agua, de tal manera que el volumen total represente el volumen de cada tratamiento. Antes de colocar el producto en el aplicador, se recomienda utilizar alguna malla fina a efectos de colar el producto, dado que siempre quedan impurezas y en algunas ocasiones la disolución no es total, esto evita el posible tapado de los picos y/o filtros.

Posteriormente a la aplicación se visitó el ensayo diariamente a efectos de verificar si existía algún efecto nocivo (ejemplo quemado foliar), en alguno de los tratamientos, situación que en ningún momento fue visualizada.

Analizado los datos de rendimiento, como así también proteína, gluten y peso hectolítrico, en ningún momento se verifico alguna diferencia significativa. En el cuadro 3 se presentan los datos obtenidos, promedio de cuatro repeticiones.

Cuadro 3: Rendimiento (kg/ha), Proteína (%), Gluten (% y Peso hectolítrico (hl/l)

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Gluten (%)	Peso hectolítrico (hl/l)
1	4.178	13,1	24,7	72,3
2	4.428	13,1	24,7	73,6
3	4.514	13,1	24,2	72,2
4	4.740	13,0	24,7	72,6
5	4.695	13,0	24,0	72,3
Probabilidad	0,51	0,99	0,94	0,74
Coef. Variac %	10,7	3,6	6,8	2,24

En el cuadro 3 se aprecia que no existen variaciones entre los diferentes parámetros evaluados. El rendimiento en valores absolutos tendría una tendencia a incrementarse a medida que la dilución fue menor, esto podría estar dado por el hecho de que al aplicar volúmenes grandes de líquido, es factible que parte del mismo pueda caer al suelo, perdiendo de esta manera mucha eficiencia.

La experiencia indicaría que al menos para la dosis de urea utilizada, 60 l/ha (dilución 3:1), sería un caudal adecuado, por otras experiencias realizadas, bajar más el caudal presenta algunos problemas en la disolución y estabilidad del producto.

Urea foliar más fungicida

Una de las inquietudes que se tenía, era ver que sucedía si se mezclaba el fertilizante con un fungicida. Por el momento de aplicación, es muy posible que se deba realizar la aplicación de un fungicida, de poder mezclarse sería muy interesante dado que minimizaría el costo de aplicación del fertilizante foliar.

El ensayo fue realizado de la misma manera que el anterior, en la misma fecha y con el mismo equipo, contó con 4 tratamientos los cuales se indican en el cuadro 4. La hora de aplicación en este caso fue a las 10,30, presentándose condiciones muy adecuadas saber: Temperatura exterior: 26 C, Humedad relativa 57 %, viento 5 km/h, radiación solar 500 w/m². Previamente se había realizado una aplicación con una mezcla de dos triazoles, para contrarrestar el ataque de mancha amarilla. También recibió una aplicación de estrobirulina más triazol. Lo que se quería en verdad verificar era si existía alguna interacción entre el fungicida y la fertilización foliar con urea.

Cuadro 4: Tratamientos ensayados

1. Testigo
2. 20 kg/ha de Urea foliar en HB
3. 500 cc/ha de Amistar Xtra + 500 cc/ha de Nimbus en HB
4. 20 kg/ha de Urea foliar 500 cc/ha de Amistar Xtra + 500 cc/ha de Nimbus en HB

HB: Hoja bandera, correspondiente al estado fenológico Zadock 3.9

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 5: Rendimiento, proteína, gluten y peso hectolítrico

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Gluten (%)	Peso Hectolítrico(hl/kg)
1	5.426	12,0	17,2	78,7
2	5.302	12,3	18,5	79,0
3	5.445	12,2	18,2	79,0
4	5.617	12,2	17,7	79,0
Probabilidad	0,30	0,4	0,39	0,9
C.V (%)	4,0	1,9	5,8	0,9

Del cuadro 5 se desprende que no existieron diferencias para ninguno de los parámetros evaluados. La mezcla de la urea con el fungicida no generó ningún tipo de inconveniente. Visualmente, posterior a la aplicación, donde se aplicó urea, el cultivo se lo notaba con un color verde más intenso, si bien esto puede ser solo una percepción, en valores absolutos, la combinación del fertilizante y el fungicida lograron el mayor rendimiento.

Momento de aplicación del fertilizante foliar

Un punto importante de investigar se ubica si existen diferencias entre la hora del día en la cual se aplique el fertilizante foliar. La bibliografía indica que sería recomendable aplicarlo en las horas de menor insolación, siempre y cuando se disponga de luz. Este último concepto es importante, dado que hoy día con los

equipos dotados de GPS y banderillero satelital, permiten realizar aplicaciones de noche. En este momento, si bien existen mejores condiciones, normalmente hay menos viento, hay más humedad relativa, etc. Sucede que los principales lugares de ingreso del producto a la hoja son los estomas. Estos sin la presencia de luz se encuentran cerrados, dados que los mismos responden a estímulos lumínicos, en consecuencia el producto no podrá entrar dentro de la planta, o lo realizará muy lentamente. En las horas de mayor luminosidad, dependiendo del día (temperatura, humedad relativa, viento, etc), es posible que tampoco sea un adecuado momento, dado que podría rápidamente desecarse el producto en las hojas sin ingresar. Esta situación, si bien no es la deseable, no significa una pérdida del producto. Habitualmente la urea forma cristales blancos, que quedan adheridos al vegetal, posteriormente, cuando la humedad relativa aumenta, se hidrata nuevamente y si los estomas se encuentran abiertos, tiene la posibilidad de penetrar.

En la experiencia se utilizó una sola dosis de producto comercial (20 kg/ha de urea), con un solo volumen de agua (90 l/ha) y 3 momentos de aplicación durante el día, más un testigo sin urea. El trigo se encontraba en hoja bandera expandida (Zadock 3.9).

Tratamientos:

1. Testigo
2. 20 kg/ha Urea Foliar aplicados a la mañana (8:35 hs)
3. 20 kg/ha Urea Foliar aplicados al medio día (11:45 hs)
4. 20 kg/ha Urea Foliar aplicados a la tardecita (18:45 hs)

Las condiciones de aplicación para los diferentes horarios se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Condiciones ambientales en las diferentes horas de aplicación

	Hora 8,30 hs	Hora 11,45 hs	Hora 18,45 hs
Temperatura. Exterior (C)	24,5	27,7	24,7
Humedad Relativa (%)	58	55	59
Viento (Km/h)	3,6	9,9	3,7
Radiación (w/m ²)	262	732	15

Como se desprende del cuadro 6, las condiciones fueron buenas para los tres momentos de aplicación. La temperatura exterior fue suave, la humedad relativa siempre estuvo por encima del 50 %, el viento no fue un problema y la luminosidad siempre estuvo presente, aún en la aplicación más tardía, la cual como es lógico

presentó menor cantidad de luz, pero suficiente, como para mantener los estomas abiertos.

En el cuadro 7 se presentan los resultados productivos de los distintos tratamientos.

Cuadro 7: Rendimiento (kg/ha), proteína (%), gluten (%) y peso hectolítrico (hl/kg)

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Gluten (%)	Peso Hectolítrico(hl/kg)
1	4.522	13,0	25,2	71,6
2	4.565	13,2	25,7	70,8
3	4.348	13,3	25,5	71,0
4	4.570	13,4	26,0	70,7
Probabilidad	0,54	0,11	0,56	0,7
C.V (%)	4,7	1,6	2,9	1,7

En este caso también, para ninguno de los parámetros evaluados se establecieron diferencias estadística, por lo cual el momento de aplicación (hora del día), no tuvo influencia: Como es lógico y se ha aclarado anteriormente, el día de aplicación se presentó con condiciones poco variables y muy accesibles para realizar una aplicación foliar.

Efecto de la dosis

Otro interrogante que se planteó en este tipo de experiencia era el de saber hasta que dosis de urea se podría aplicar, sin que se originen problemas sobre el trigo.

Para tratar de despejar dicha incógnita se realizó otra experiencia la que probó los siguientes tratamientos:

1. Testigo
2. 10 kg/ha Urea Foliar (4,6 kg/h de nitrógeno)
3. 20 kg/ha Urea Foliar (9,2 kg/h de nitrógeno)
4. 30 kg/ha Urea Foliar (13,2 kg/h de nitrógeno)
5. 40 kg/ha Urea Foliar (17,8 kg/h de nitrógeno)

Las aplicaciones se realizaron el día 14 de octubre (hoja bandera expandida), con 90 l/ha de agua entre las 10,45 hs y las 11,15 hs. Las condiciones ambientales fueron muy adecuadas y se pueden observar en el cuadro 6.

Posterior a la aplicación se realizó un seguimiento diario de los tratamientos, no observándose en ningún momento ningún efecto de toxicidad (quemado de hoja o mal formación de espigas).

En el cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 8: Rendimiento (kg/ha), proteína (%), gluten (%) y peso hectolítrico (hl/kg)

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Gluten (%)	Peso Hectolítrico(hl/kg)
1	4.532	13,2	25,0	68,4
2	4.786	13,1	24,5	69,7
3	4.848	13,2	24,7	69,5
4	4.648	13,6	26,2	69,2
5	4.809	13,5	25,5	69,6
Probabilidad	0,28	0,56	0,59	0,71
C.V (%)	4,6	3,6	6,5	2,1

Nuevamente la estadística no mostro resultados diferentes entre los tratamientos ensayados, para ninguno de las variables ensayadas.

De acuerdo a los valores absolutos obtenidos parecería como más lógico trabajar con 10 a 20 kg/ha de producto comercial, pese a que las dosis mayores, si bien no lograron mejorar el rendimiento físico, sí mejoraron levemente el contenido de proteína.

Los precios de los granos por estas épocas están deprimidos, en tanto que el de los fertilizantes nitrogenados, como la urea, pese a la baja del petróleo, no lo están. Esta situación restringe demasiado toda aquellas tecnologías de insumos.

Con una urea a 620 u\$/t, un dólar a 8,7 \$/unidad y un precio del trigo libre (descontada la comercialización y flete), de 775 \$/t, cada kg de urea saldría aproximadamente 7 kg de trigo. En consecuencia trabajando con estos precios los valores que se obtendrían se muestran en el cuadro 9.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Costo Urea (kg trigo)	Kg/ha Trigo extra	Margen práctica (kg trigo/ha)
1	4.532	0	0	0
2	4.786	70	254	184
3	4.848	140	316	176
4	4.648	210	116	94
5	4.809	280	277	3

En el análisis económico anterior no está computado el costo de la aplicación, como se indicó anteriormente, se puede hacer aprovechando la aplicación de algún fungicida. En el caso de que esto no ocurra, se debería adicionar la aplicación la cual sería en forma terrestre, y su valor oscilaría entre 65 kg/ha – 75 kg/ha de trigo. En estos casos los márgenes se aprietan mucho más aún. Se recuerda que no está considerada la bonificación que podría existir por un contenido de proteína superior a la base de comercialización (11 %).

Sin considerar aplicaciones, se aprecia que solamente las dosis más bajas (10 y 20 kg/ha) de urea serían rentables, las dos dosis más altas (30 y 40 kg/ha), resultarían con un margen de la práctica negativo (indicado en el cuadro con números rojos).

Comentarios finales

- La aplicación de urea diluida en agua y aplicada foliarmente en el cultivo de trigo, es una práctica factible de realizar.
- La dilución más baja que se podría utilizar sería de 3 partes de agua a 1 parte de urea.
- Respecto al momento de aplicación del día, se debería seguir trabajando. En la experiencia no se presentaron diferencias para los 3 momentos utilizados. Se insiste que el día de aplicación fue un día en el cual la temperatura no fue muy alta, normalmente el efecto de quemado está asociado con temperatura y radiación solar. Por el momento se recomienda, para aquel productor que intente utilizar esta técnica, realizarlo en horas de poca insolación, siempre y cuando se disponga de luz.
- La mezcla del fertilizante con el fungicida, no originó ningún problema. Se debe recordar que existen una gama muy grande de productos fúngicos. La experiencia aquí presentada se realizó solo utilizando un fungicida, sin disponerse de datos respecto a lo que podría ocurrir con otros productos que tengan otros activos o que disponiendo de los mismos activos, tengan otro tipo de formulación, coadyuvantes, dispersantes, etc.
- La dosis de aplicación, de acuerdo a lo aquí observado no debería ser mayor a 20 kg/ha de producto comercial. Esto sería por una cuestión netamente económica. Igualmente, es posible, que aplicando en otras condiciones, las dosis mayores 30 – 40 kg/ha, puedan tener algún efecto fitotóxico sobre el cultivo, al respecto se

debería seguir ensayando a efectos de ratificar o rectificar los datos aquí presentados.



Vista parcial de dos tratamientos del ensayo de una de las repeticiones