

ALGUNOS FACTORES QUE CONDICIONAN LA CONCENTRACION DE NITRATOS EN SEUDOTALLOS DE TRIGO

Hernán Alberdi, Hernán Echeverría y Carlos Navarro

Unidad Integrada FCA-INTA Balcarce.
Casilla de Correo 276. 7620 Balcarce.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar algunos factores que alteran la concentración de nitratos en seudotallos de trigo, tales como: condiciones de almacenamiento de la muestra, densidad de siembra, efecto de sombreado artificial y cultivares. El contenido de nitratos no varió cuando las muestras fueron almacenadas en heladera previo al secado, al menos durante cinco días, mientras que a temperatura ambiente la concentración aumenta significativamente. Elevadas densidades de siembra y sombreado artificial incrementaron el contenido de nitratos en seudotallos de trigo. Se determinaron diferencias en los niveles de nitratos en planta entre los cultivares de trigo probados.

Palabras clave: nitratos, trigo, seudotallos, densidad de siembra, sombreado, cultivares.

SOME FACTORS THAT MAY AFFECT NITRATE CONCENTRATION IN WHEAT STEM BASES

ABSTRACT

The aim was to evaluate the effect of several factors on nitrate concentration in wheat stem bases such as: sample conservation, plant density, artificial shade and cultivars. When samples were maintained in the refrigerator at least for five days, nitrate concentration did not vary; however at room temperature the concentration increased significantly. High plant densities and artificial shading increased nitrate concentration in wheat stem bases. Differences were observed between the wheat cultivars tested.

Key words: nitrates, wheat, stem bases, plant density, shading, cultivars.

INTRODUCCION

La variabilidad de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el sudeste de Buenos Aires, junto con el elevado costo de los fertilizantes, tornan imprescindible el uso eficiente de este recurso. Para ello deberán implementarse metodologías de diagnóstico rápidas, sencillas y confiables.

Numerosos trabajos consideran a la concentración de nitratos en plantas de trigo (Geraldson et al., 1973, Gardner y Jackson, 1976) y en particular en la base de los tallos (Papastylianou y Puckridge, 1981; 1983; Darby et al., 1986) como un

buen indicador del estado nutricional nitrogenado del cultivo.

La acumulación de dicho ión se produce cuando la captación por las raíces excede la reducción y posterior asimilación dentro de la planta, y es controlada por el potencial genético del vegetal aunque es modificada por numerosos factores (Falkowski, 1978). Los cambios ambientales inciden en la concentración de nitratos a través de su efecto sobre la actividad de la nitrato reductasa y la captación de dicho ión (Lorentz, 1978).

Si bien localmente se ha logrado determinar que para diagnosticar deficiencias de nitrógeno en

trigo, es conveniente muestrear en las primeras horas del día los seudotallos en el estadio de doble arruga (Echeverría, 1985), resta aún evaluar aspectos metodológicos de muestreo y conservación de las muestras, como así también algunas características propias del cultivo.

Considerando que el contenido de nitratos disminuye a lo largo del día (Papastylianou y Puckridge, op. cit.; Echeverría, op. cit.), el período de muestreo está restringido solamente a las primeras horas de la mañana. Con el propósito de lograr una ampliación de dicho período, se programó una experiencia mediante sombreado artificial del cultivo, tratando de disminuir la actividad de la nitrato reductasa.

A su vez, la falta de información en torno a la conservación de las muestras de seudotallos de trigo, destinados al análisis de nitratos, motivó una experiencia en la cual el material vegetal fue conservado por períodos variables a dos temperaturas.

En todo análisis foliar un factor importante a considerar es el efecto varietal. En tal sentido la bibliografía destaca diferencias de importancia entre cultivares (Huffaker y Rains, 1978), hecho que no concuerda con algunos resultados obtenidos en la zona (Echeverría, op. cit.). Esta falta de concordancia motivó la evaluación de algunos cultivares bajo condiciones de invernáculo.

Otro factor que podría alterar la concentración de nitratos es la densidad de siembra, la cual suele ser muy variable en el gran cultivo, en particular si se consideran cultivares de distinto ciclo. Por lo tanto, se trató de evaluar la incidencia de diferentes densidades sobre la concentración de nitratos.

MATERIALES Y METODOS

Todas las experiencias fueron realizadas en el campo experimental de la E.E.A. Balcarce INTA, durante la campaña 1985, sobre un Argiudol típico, franco, illítico, térmico, con las siguientes características: pH 5,3; M. O. 6,2 %; fósforo asimilable 19 ppm y N-nitratos 22 ppm.

Experiencia I: Efecto de la longitud del período previo al secado de la muestra de seudotallos sobre la concentración de nitratos.

Más de 700 plantas de trigo se extrajeron de un lote, sembrado con Buck Pucará, antes de las 9 h de los días 10, 11 y 17 de setiembre (48, 49 y 55 días después de la emergencia, respectivamente). Se cortaron las láminas de las hojas y las raíces en el campo y fueron remitidas al laboratorio don-

de se las lavó con agua destilada. Luego fueron fraccionadas de acuerdo a los siguientes tratamientos: 0, 1, 3 y 5 días de almacenaje de las muestras previo al secado, a temperatura ambiente (18 - 23° C) y en heladera (4° C), en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones.

El secado se realizó a 60° C durante 30 h, para luego proceder a la molienda (tamiz de 1 mm). La extracción y posterior cuantificación de los nitratos se realizó en forma análoga a la efectuada por Echeverría, op. cit.). Con los resultados obtenidos se efectuó el análisis de la varianza y cuando correspondió, la prueba de Tukey.

Experiencia II: Efecto del sombreado artificial sobre la concentración de nitratos en seudotallos.

Los tratamientos fueron realizados en el mismo lote de la Experiencia I y consistieron en: parcelas sin o con sombreado artificial, muestreadas a las 8 o 14 h del 17 de setiembre (55 días después de la emergencia). Se realizaron tres bloques completos y el sombreado artificial se logró cubriendo una superficie mayor a 2 m² con polietileno negro (200 µm), el día previo al muestreo.

El acondicionamiento, secado, extracción y análisis fue similar al descripto con anterioridad.

Experiencia III: Efecto de la densidad de siembra sobre la concentración de nitratos en seudotallos.

La variedad, el acondicionamiento de las muestras y el análisis de los nitratos se efectuó en forma similar a la descripta en la Experiencia I, con la salvedad de que no se efectuó almacenamiento de las mismas previo al secado.

Los tratamientos consistieron en tres densidades de siembra: 115, 230 y 460 pl/m², en un diseño en bloques completos con cuatro repeticiones. El 5 de setiembre (43 días después de la emergencia) de cada parcela se extrajo una muestra compuesta por 50 plantas, las que se encontraban en el estado apical de doble arruga (estado 24-25 de Zadoks et al., 1974) y presentaban diferentes alturas, 5-6 cm en las parcelas de menores densidades y 9-10 cm en las más elevadas.

Experiencia IV: Efecto varietal sobre la concentración de nitratos en seudotallos de trigo.

Se emplearon como tratamiento los cultivares: línea experimental INTA B05179, Buck Ombú, Balcarceño INTA, Cargill Trigo 706, Buck Pucará, Marcos Juárez INTA, Buck Patacón, San Agustín INTA, Buck Nandú y Cargill Trigo 800.

El ensayo se efectuó en invernáculo con un diseño completamente aleatorizado. Las macetas se llenaron con 900 g del Ap del suelo empleado en las experiencias de campo y en cada una se uniformó la densidad a 8 plantas. La humedad se mantuvo aproximadamente a capacidad de campo. Se efectuaron dos muestreos correspondiendo al principio de macollaje y encañazón (estadios 23 y 30 respectivamente de la escala de Zadoks et al., op. cit.).

El análisis se realizó siguiendo la metodología citada a excepción de una relación material vegetal-solución extractora de 0,2 g-10 ml, debido a la menor cantidad de material disponible.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experiencia I: Efecto de la longitud del período previo al secado de la muestra de seudotallos sobre la concentración de nitratos.

En la Fig. 1 se observa que cuando las muestras son conservadas en heladera (4°C), hasta un período máximo de 5 días, las concentraciones de nitratos no variaron significativamente ($P < 0,05$) en los tres muestreos efectuados. El almacenamiento a bajas temperaturas no permitió la reducción de los nitratos y en general la totalidad de los procesos bioquímicos disminuyen su velocidad. Por lo tanto, cuando no es factible el secado inmediato de las muestras, la conservación de las mismas en

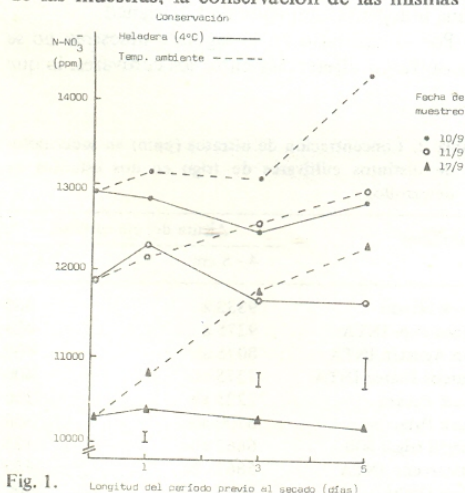


Fig. 1. Efecto de la longitud del período previo al secado en seudotallos de trigo sobre la concentración de nitratos muestreados en tres fechas y conservados a dos temperaturas. Barras verticales representan error estándar de las medias para cada período previo de secado.

estas condiciones, sería adecuada para este tipo de análisis.

Por el contrario, el almacenamiento a temperatura ambiente ($18-23^{\circ}\text{C}$) muestra un incremento significativo ($P < 0,05$) con el tiempo. Estos resultados serían la consecuencia de un balance, entre disminución en la concentración de nitratos por reducción de la pequeña fracción citoplasmática (Huffaker y Rains, op. cit.), y el incremento producido por una disminución en el peso seco por respiración y fermentación de productos carbonados (Bruchmann, 1980). En efecto, a los tres, y en mayor medida a los cinco días, se registró un cambio en la coloración y aroma original de las muestras, lo que sugeriría una intensa fermentación aeróbica.

El no haber determinado la pérdida de peso o la evolución de anhídrido carbónico durante el almacenamiento, impide extraer más conclusiones al respecto.

La disminución observada entre el 10 y el 17 de setiembre, en la muestra analizada el mismo día de la extracción es debida a que el cultivo se encuentra en la fase exponencial de crecimiento con la consiguiente dilución del contenido de nitratos (Baker y Tucker, 1971; Gordon et al., 1962; Echeverría, op. cit.).

Experiencia II: Efecto del sombreado artificial sobre la concentración de nitratos en seudotallos.

Se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 1), correspondiendo la máxima concentración al tratamiento que permaneció cubierto el mayor período de tiempo. Similares resultados fueron obtenidos en avena por Crawford et al. (1961). Esto es consecuencia de un balance entre la captación y la reducción de nitratos por la planta, si bien la captación se ve disminuida (Rao y Rains, 1976), la actividad de la nitrato reductasa es mínima lo que permite una mayor acumulación de nitratos (Schrader, 1978).

Los mismos argumentos son válidos para explicar la menor acumulación de nitratos del tratamiento muestreado a las 8 horas con respecto al muestreado a las 14 h, ambos sombreados; considerando que en el primero el período de sombreado fue menor.

El tratamiento sin sombreado artificial y muestreado a la mañana poseía una concentración de nitratos menor que el sombreado y muestreado a la misma hora, como consecuencia de la reducción de nitratos producida por la elevada heliofanía efectiva del día previo (5, 9 horas). De igual manera y acorde a la fluctuación diaria del contenido

Tabla 1. Concentración de nitratos en seudotallos de trigo con y sin sombreado artificial, muestreados en dos momentos del día.

	Muestreo a las 8 h		Muestreo a las 14 h	
	Testigo	Sombreado	Testigo	Sombreado
NITRATOS (ppm)	10300 c	13600 b	9500 d	15300 a

Letras distintas difieren significativamente en la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

de nitratos (Hageman et al., op. cit.; Echeverría, op. cit.), el tratamiento sin sombreado y muestreado a las 14 h es el que presenta las menores concentraciones.

Experiencia III: Efecto de la densidad de siembra sobre la concentración de nitratos en seudotallos.

En la Fig. 2 se observa que la concentración de nitratos se incrementó significativamente con el aumento de la densidad ($P < 0,05$). Similares resultados fueron obtenidos por Knipmeyer et al. (1958, citado por Hageman et al., op. cit.) en plantas de maíz.

Una posible explicación a las diferentes concentraciones de nitratos en función de la densidad, implicaría una reducción diferencial en raíz y parte aérea. Esta hipótesis se basa en que la reducción en raíces de trigo puede ser elevada (Ashley et al., 1975) y que las hojas inferiores normalmente suministran los fotosintatos a las raíces para realizar este proceso (Novoa y Loomis, 1981). A altas densidades se produciría un sombreado en las hojas basales y por consiguiente el flujo de fotosintatos sería menor, lo que provocaría un menor poder reductor en raíces y por lo tanto un flujo mayor de nitratos a parte aérea.

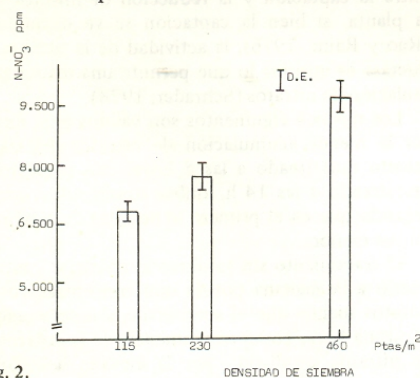


Fig. 2. Efecto de la densidad de siembra sobre la concentración de NO_3 en plantas de trigo.

Experiencia IV: Efecto varietal sobre la concentración de nitratos en seudotallos.

En la Tabla 2 se observa que para el primer muestreo se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$), lo que indica que entre los cultivares empleados existe variabilidad genética en torno a este carácter. Diferencias de hasta ocho veces en la concentración de nitratos fueron obtenidas en condiciones de campo por Huffaker y Rains (op. cit.). Estas diferencias no implican necesariamente una mayor absorción en las plantas de mayor concentración de nitratos, sino que ésta podría ser consecuencia de una menor actividad de la nitrato reductasa (Huffaker y Rains, op. cit.).

En un trabajo similar con algunos de los cultivares mencionados no se encontraron diferencias entre ellos (Echeverría, op. cit.). Esta aparente contradicción podría explicarse porque en dicho trabajo se adicionaron al suelo 180 ppm de N como nitrato, lo que provocó una concentración máxima independientemente de la variedad.

Por el contrario en el segundo muestreo no se encontraron diferencias entre los cultivares, lo que

Tabla 2. Concentración de nitratos (ppm) en seudotallos de distintos cultivares de trigo en dos estadios de desarrollo.

Cultivares	Altura del eje caulinar	
	4 - 5 cm	7-8 cm
Buck Ñandú	9333 a	363
Línea exp. INTA	9275 a	425
San Agustín INTA	8075 ab	400
Marcos Juárez INTA	7375 ab	400
Buck Pucará	7225 ab	350
Buck Patacón	6700 abc	350
Cargill triguil 800	6667 abc	425
Balcarceño INTA	5867 bc	450
Buck Ombú	5075 bc	400
Cargill Triguil 706	3675 c	438

Letras distintas difieren significativamente en la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

sugeriría que las condiciones experimentales cambiaron, impidiendo la expresión de la variabilidad genética citada. En efecto, el material cosechado en la segunda fecha presentaba clorosis generalizada en las hojas inferiores, síntoma inequívoco de deficiencia nitrogenada, lo que se tradujo en valores de nitratos en planta extremadamente bajos.

De esta forma en condiciones extremas de alta o baja disponibilidad de N no se registraron diferencias entre cultivares, mientras que en situaciones intermedias se observaron sustanciales variaciones en la concentración de nitratos. Debido a que éstas son las condiciones en las que es necesario diagnosticar el estado nutricional del cultivo, puede concluirse que el cultivar es otro de los factores que deben identificarse si se pretende emplear la concentración de nitratos con fines de diagnóstico.

CONCLUSIONES

Las muestras deseudotallos de trigo destinadas al análisis de nitratos, deben secarse a la brevedad o en su defecto pueden almacenarse a bajas temperaturas (4°C).

La concentración de nitratos aumenta cuando las plantas son sometidas a sombreado artificial o a elevadas densidades de siembra.

Bajo condiciones intermedias de suministro de N los cultivares de trigo probados difieren en su capacidad de acumular nitratos.

En síntesis, la metodología de detección de deficiencia nitrogenada en trigo por medio del análisis deseudotallos, sería de suma utilidad donde los factores cultivar, densidad, estadio de desarrollo del cultivo y hora de muestreo pueden ser estandarizados.

REFERENCIAS

- Ashley, D. A.; J. Jackson y R. Volk, 1975. Nitrate uptake and assimilation by wheat seedlings during initial exposure to nitrate. *Plant Physiol.* 55 : 1102 - 1106.
- Baker, M.A. y B. B. Tucker, 1971. Effects of rate of N and P on accumulation of nitrates in wheat, oats, rye and barley on different sampling dates. *Agron. J.* 63 : 204 - 207.
- Bruchmann, E. E., 1980. Fermentaciones Aeróbicas y Biosíntesis. *Bioquímica técnica*. Zaragoza. Acribia. 170 - 225.
- Crawford, R. F.; W. K. Kennedy y W. C. Johnson, 1961. Some factors that affects nitrate accumulation in forages. *Agron. J.* 53 : 159 - 162.
- Darby, R. J.; F. V. Widdowson; E. Bird y M. T. Hewitt, 1986. The relationships of soil mineral nitrate with stem nitrate concentration, and of fertilizer-N with the amount of nitrogen taken up by winter wheat, in experiments testing nitrogen fertilizer in combination with aphicide and fungicides, from 1980 to 1982. *J. Agric. Sci. Camb.* 106 : 497 - 507.
- Echeverría, H. E., 1985. Factores que alteran la concentración de nitrato en plantas de trigo. *C. del Suelo* 3 : 115 - 123.
- Falkowsky, P. G., 1978. The regulation of nitrate assimilation in lower plant. En: Nielsen, D. R. y J. G. McDonald (Ed.). *Nitrogen in the Environment*. Academic Press, New York, Vol 1, 143 - 155.
- Gardner, B. R. y E. B. Jackson, 1976. Fertilization nutrient composition and yield relationships in irrigated spring wheat. *Agron. J.* 68 : 75 - 78.
- Geraldson, C. M., G. R. Klacan y O. A. Lorenz, 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. En: Wash, L. M. y J. D. Beaton (Ed.). *Soil Testing and Plant Analysis*. 365 - 379.
- Gordon, C., K. Decker y H. C. Wiseman, 1962. Some effects on nitrogen fertilizer, maturity and light on the composition of orchardgrass. *Agron. J.* 54 : 376 - 378.
- Hageman, R. H., D. Flesher y A. Citter, 1961. Diurnal variation and other light effects influencing the activity of nitrate reductase and nitrogen metabolism in corn. *Crop. Sci.* 1 : 201 - 204.
- Huffaker, R. C. y D. W. Rains, 1978. Factors influencing nitrate acquisition by plants; assimilation and fate of reduced nitrogen. En: Nielsen, D. R. y J. G. McDonald (Ed.). *Nitrogen in the Environment*. Academic Press, New York, Vol. 1, 143 - 155.
- Lorentz, D. A., 1978. Potential nitrate levels in edible plant part. En: Nielsen, D. R. y J. G. McDonald (Ed.). *Nitrogen in the Environment*. Academic Press, New York, Vol 2, 201 - 252.
- Novoa, B. y R. S. Loomis, 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil* 58 : 177 - 204.
- Papastylianou, I. y D. W. Puckridge, 1981. Nitrogen nutrition of cereals in short term rotation. II: Stem nitrate as an indication of nitrogen availability. *Aust. J. Agric. Res.* 32 : 713 - 723.
- Papastylianou, I. y D. W. Puckridge, 1983. Stem nitrate nitrogen and yield of wheat in a permanent rotation experiment. *Aust. J. Agric. Res.* 34 : 599 - 606.
- Rao, K. P. y D. W. Rains, 1976. Nitrate absorption by barley. *Plant Physiol.* 57 : 59 - 62.
- Schrader, L. E., 1978. Uptake, accumulation, assimilation and transport of nitrogen in higher plants. En: Nielsen, D. R. y J. G. McDonald (Ed.). *Nitrogen in the Environment*. Academic Press, New York, Vol 1, 101 - 141.
- Zadoks, J. C.; T. T. Chang y C. F. Konzak, 1974. Additional code for the growth stages of cereals. *Weed Research.* 14 : 415 - 421.