

Las fracciones orgánicas como herramienta de diagnóstico.

- JUAN GALANTINI • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC), CERZOS - DPTO. AGRONOMÍA - UNS.
- MARÍA LANDRISCINI • CONICET, DPTO. AGRONOMÍA - UNS.
- JULIO IGLESIAS • DPTO. AGRONOMÍA - UNS
- GABRIELA MINOLDO • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC), CERZOS. DPTO. AGRONOMÍA - UNS.
- RODRIGO FERNÁNDEZ • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC), CERZOS. DPTO. AGRONOMÍA - UNS.

Introducción

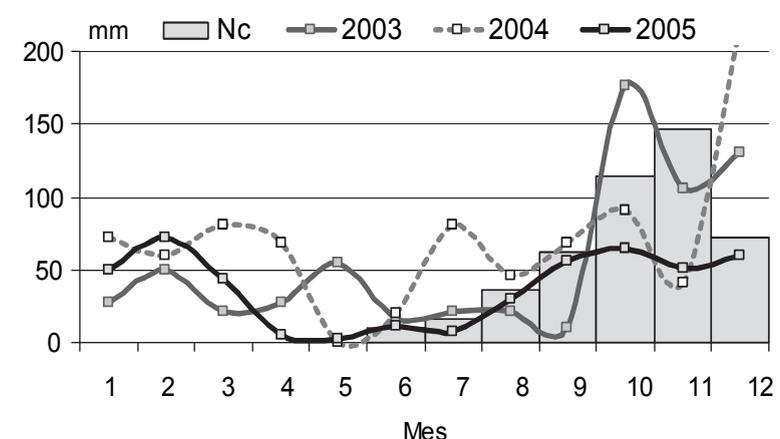
En los últimos años ha aumentado el interés por la sustentabilidad y la reducción de los costos ambientales de los ecosistemas agrícolas. Un sistema sustentable debe satisfacer las necesidades en el tiempo, mantener la producción o aumentarla al ritmo de la necesidad de alimentos sin degradar el recurso ni el medio ambiente. Es decir, se debe conocer el potencial productivo actual de cada agrosistema, maximizar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar los efectos ambientales.

Los factores más importantes que determinan el potencial de rendimiento de cada sitio se los pueden agrupar en aquellos relacionados con el clima, con el suelo, con la genética y con el manejo. Los factores naturales definen el potencial productivo (suelo y clima) y el manejo define cuánto de ese potencial se logra (prácticas agronómicas). Existe una fuerte interrelación entre suelo-clima-manejo, generando una amplia variabilidad de situaciones. Los aspectos más importantes para el área de influencia de la regional Bahía Blanca de AAPRESID son: clima (variabilidad y déficit hídrico), suelo (textura, profundidad y estructura) y manejo (rotación, labranza, fertilización, etc.).

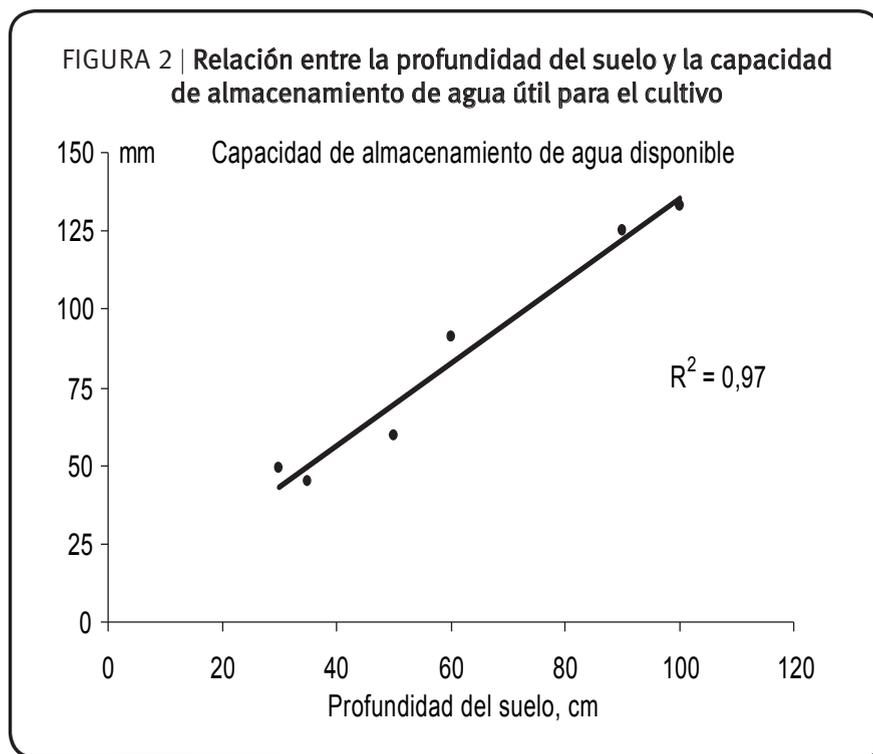
- **La variabilidad climática.** Una particularidad de la región es que alternan años secos y otros húmedos, lo que en promedio brinda esa característica "semiárida". Son más frecuente años secos o húmedos, más que los años con lluvias "normales".
- **El déficit hídrico.** La distribución de las lluvias en el año define la posibilidad de satisfacer el requerimiento de agua para el cultivo, y por lo tanto, su potencial de rendimiento. La necesidad de los cereales de invierno (Nc) es menor que las lluvias ocurridas durante el otoño e invierno, pero mayor durante la primavera (Figura 1). En los momentos en donde se define el rendimiento, las lluvias son variables y/o deficitarias.

- **La textura del suelo,** definida como la relación entre los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), modifica la cantidad, calidad y distribución de la materia orgánica (Galantini et al., 2004); el contenido y retención de agua; así como el contenido y disponibilidad de nutrientes.
- **La profundidad** de los suelos de la región generalmente está limitada por una capa de calcáreo o tosca entre los 0,3 y 1,2 m. Esto limita la capacidad de almacenar agua para cubrir los momentos de déficit y el volumen de suelo que puede explorar un cultivo en busca de nutrientes. En el Criadero de Semillas de ACA-Cabildo, se determinó que suelos con 30 cm de profundidad podían almacenar 50 mm de agua útil, mientras que aquéllos de 1 m llegaban hasta 125 mm (Figura 2). Esta diferencia define en qué medida se puede cubrir el déficit de los momentos críticos.
- **La estructura** es el arreglo u ordenamiento de las partículas minerales y los compuestos orgánicos de variada composición que dan lugar a la formación de agregados de diferente tamaño y estabilidad. En base a la es-

FIGURA 1 | Precipitación mensual y necesidad teórica de los cultivos de invierno (Nc), Establecimiento La Constancia, años 2003, 2004 y 2005.



estructura será el equilibrio entre la fase sólida y el espacio poroso del suelo, determinando el balance entre agua-aire-sólido, así como la dinámica del agua, la actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes.



La cantidad y distribución de las lluvias, así como la profundidad del suelo son aspectos que deben conocerse perfectamente para plantear la estrategia de manejo del cultivo en cada lote. Las prácticas de manejo (selección de los cultivos, rotaciones, labranza, fertilización, etc.) modifican directa e indirectamente los equilibrios de la MO, la dinámica de nutrientes, la biodiversidad, el balance de agua, plagas y enfermedades.

Este complejo panorama requiere una visión integradora del sistema de producción: “Usar la información existente para comprender como funciona el sistema, analizar las diferentes alternativas y utilizar las herramientas de manejo para lograr una producción sustentable”.

La fertilización es una herramienta clave dentro de un manejo agronómico integrado. En las regiones semiárida y subhúmeda este manejo debe ser mucho más eficiente. Por este motivo, la hipótesis de trabajo planteada fue la siguiente: la cantidad y la calidad de las fracciones orgánicas son importantes indicadores para el manejo de la fertilización y deben considerarse en conjunto con la disponibilidad de N y agua.

Para verificar la validez de esta hipótesis se propuso el siguiente objetivo: determinar la influencia del N disponible en el corto (nitratos) y mediano plazo (materia orgánica joven) sobre la respuesta a la fertilización en diferentes situaciones y años climáticos.

Aspectos metodológicos

Durante los años 2003, 2004 y 2005 se realizaron ensayos de fertilización en trigo con dosis crecientes de N (0, 25, 50 y 100 kg ha⁻¹) en todos los campos

de los productores de la regional Bahía Blanca de AAPRESID. Se analizarán a continuación parte de los resultados obtenidos en los 9 ensayos del Establecimiento la Constancia de Luis Rigotti en Coronel Pringles.

Se realizaron muestreos de suelo (0-60 cm) en los momentos de siembra, hoja bandera y madurez fisiológica del trigo. Se determinaron la cantidad de N de nitratos, materia orgánica joven (MOP) y contenido de humedad. Durante la cosecha se tomaron muestras de planta en las que se determinó: producción de materia seca total aérea y de grano, contenido de N y otros parámetros de rendimiento.

En base a la precipitación durante el ciclo del cultivo (PPciclo) y el agua útil (AU) a la siembra y a la cosecha se calculó el uso consuntivo (UC), como el agua disponible total para el sistema:

$$UC (mm) = PPciclo + AU_{siembra} - AU_{cosecha}$$

El UC representa el agua disponible para el sistema y no para el cultivo. Un suelo pobre en “estructura” será menos eficiente en la captación de las lluvias, uno arenoso menos eficiente en la retención, uno pobre en cobertura menos eficiente en la conservación, etc. El UC integra factores naturales e incontrolables con aquellos controlables con el manejo.

Se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA), como la cantidad de grano producida por milímetro de agua disponible (UC).

Se cuantificó la eficiencia en el uso del N disponible (EUN) como la cantidad de grano por kg de N disponible (Galantini, Landriscini, 2007, esta publicación). En cada uno de los ensayos se realizaron las curvas de respuesta a las dosis crecientes de N y se obtuvo el rendimiento máximo, y el N disponible, la EUN y la EUA para obtener el rendimiento máximo.

Resultados obtenidos y Discusión

Las características climáticas y los rendimientos de trigo presentaron alta variabilidad, típica de la región (Tabla 1). Un análisis general de los promedios indicó que con 126 kg de N disponible se produjeron 3500 kg de grano de trigo, resultados semejantes a las recomendaciones. Sin embargo, en ninguno de los ensayos el rendimiento máximo ni el N disponible para ese rendimiento coincidieron con los valores promedios, por la gran variabilidad existente.

La cantidad de lluvias de los tres años estudiados fue diferente en cantidad y distribución, modificando la relación entre disponibilidad y necesidad del cultivo (Figura 1). Esto se reflejó en un UC muy variable entre años, desde 270 a 680 mm. En promedio se obtuvieron 9 kg de grano por mm de agua disponible para el sistema y 42 kg de grano por kg de N disponible.

El N, por su costo, y el agua, por su escasez y variabilidad, son los dos elementos que deberían usarse más eficientemente para maximizar el rendimiento. Sin embargo, la máxima EUN se logra con la disponibilidad más baja de N, mientras

TABLA 1 | Rendimientos máximos, uso del N y del agua en los ensayos del establecimiento “La Constancia”.

Año/ Rot	NO ₃ kg/ha	UC mm	MOP Mg/ha	Rendimiento máx. N _{disp}	EUA máx. N _{disp}	EUN máx. N _{disp}
2003						
TTCo	70,8	322	6,9	3000 100	9,5 100	55,0 55
GTG	93,2	389	9,8	3900 190	10,1 190	21,0 118
GTCo	60,9	402	7,6	4200 150	10,5 160	42,0 75
2004						
GTT	60,0	681	19,2	3750 85	5,8 140	55,0 60
TTG	57,6	605	17,2	4000 57	7,7 160	63,0 60
Fest32	71,0	621	23,9	4700 170	7,8 170	61,3 71
2005						
TTG	98,4	285	9,0	3200 200	11,5 150	25,0 100
TTG	98,6	270	6,4	2900 100	10,0 100	29,0 100
TTG	60,5	270	12,1	1800 85	8,5 160	27,8 60
Promedio	75	427	12,5	3495 126	9,0 148	42 78
Antecesoros: T, trigo; G, girasol; Co, colza; Fest32, 32 años continuos con festuca; NO ₃ , N de nitratos a la siembra; UC, uso consuntivo; MOP, materia orgánica particulada; EUA, eficiencia en el uso del agua; EUN, eficiencia en le uso del N; N _{disp} , N disponible.						

que la máxima EUA se logra con las más altas. El balance óptimo entre ellas dependerá de la cantidad y distribución de las precipitaciones, el potencial de rendimiento de cada lote y la relación insumo - producto.

Un manejo eficiente de la fertilización implica un análisis conjunto de los factores más importantes. Respecto al N, no sólo cuánto está presente en el momento de la siembra sino cuánto puede mineralizarse durante el ciclo del cultivo. La MOP es un indicador sensible en este sentido.

En el año 2004, los rendimientos máximos se obtuvieron con bajo N disponible en la rotación girasol-trigo-trigo (GTT) y en trigo-trigo-girasol (TTG), mientras que con 32 años de festuca (Fest32) fue alto. Ese fue un año con lluvias importantes durante el otoño, generando condiciones favorables para las pérdida de N (Galantini, Landriscini, 2007 en esta publicación). En los dos primeros ensayos el N aplicado no mejoró el rendimiento, el que llegó a niveles altos (3750 y 4000 kg ha⁻¹) gracias a la descomposición de la MOP y a la liberación de su N (Galantini et al., 2007 en esta publicación).

En el caso del trigo con antecesor Fest32 la cantidad de MOP fue alta, pero de baja calidad (alta relación C:N) por lo que se inmovilizó el N aplicado, evitando

las pérdidas y resultando en un rendimiento alto de trigo, así como del girasol implantado durante el año siguiente.

Para maximizar la EUA y la EUN deberíamos tener en cuenta:

- Brindar las condiciones para captar y mantener el agua de lluvia,
- Que la disponibilidad de N en el tiempo siga los requerimientos del cultivo.

Conclusiones

- Los factores naturales suelo y clima: van a definir las características y el potencial del sistema de producción.
- La MO elemento clave: se debe conocer la cantidad y la calidad de las fracciones orgánicas.
- Es sensible al manejo: se debe conocer el impacto de nuestras decisiones.
- Un manejo eficiente y sustentable implica conocimiento: aplicar las técnicas de manejo que permitan un balance de carbono para mantener un valor adecuado del nivel de MO.

Bibliografía

Galantini J.A., N. Senesi, G. Brunetti, R. Rosell. 2004. Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. *Geoderma* 123: 143-152.

Galantini J.A., R.A. Rosell. 2006. Long-term fertilization effects on SOM quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil Till. Res* 87: 72-79.

Fertilización con Azufre.

- JUAN GALANTINI • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC), CERZOS - DPTO. AGRONOMÍA - UNS
- MARÍA LANDRISCINI • CONICET, DPTO. AGRONOMÍA - UNS.
- RODRIGO FERNÁNDEZ • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC), CERZOS. DPTO. AGRONOMÍA - UNS.

Introducción

En las regiones semiárida y subhúmeda, la optimización en la aplicación de fertilizantes es difícil, debido a la irregularidad de las precipitaciones; en estos casos, adecuar las aplicaciones a las condiciones de fertilidad particulares y al potencial de rendimiento permitiría ajustar la fertilización. En el sur bonaerense, los factores naturales (textura y profundidad de suelo) y antrópicos (características del sistemas de producción utilizado) han demostrado ser los que más afectan los niveles de S en el suelo, así como la disponibilidad para los cultivos (Galantini et al., 2002).

El trigo es el cultivo que ocupa la mayor superficie en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Como consecuencia de la intensificación de la actividad agrícola, donde es escasa la reposición de los nutrientes extraídos del suelo, se observan deficiencias de macro elementos tales como Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S).

El uso irracional de los fertilizantes disminuye la eficiencia de los nutrientes, produciendo pérdidas en el rendimiento en grano con el consecuente perjuicio económico y aumento de los riesgos ambientales.

Existe una importante interacción entre las fertilizaciones con N y S (Wooding et al., 2000b). Ambos elementos no deben ser considerados en forma separada ya que tienen efectos determinantes sobre el rendimiento y la calidad el grano, ya sea en la harina como en la masa (Moss et al., 1981).

Importancia y funciones del S.

- Forma parte de proteínas tales como cistina, cisteína y metionina.
- Forma parte de algunas vitaminas, biotina y tiamina.
- Es constituyente de distintas enzimas del metabolismo celular, como la coenzima A.
- Interviene en la estructura terciaria de las proteínas.

- Contribuye en la formación de la clorofila.
- Un buen suministro de S puede hacer un uso más eficiente de N, P y otros elementos por parte de las plantas.
- Influye en el rendimiento y en la formación de proteínas vinculadas con la calidad para la panificación.

Uso de fertilizantes que poseen bajo contenido de S como impureza.

Uso de cultivos con mayores potenciales de rendimiento.

Menor emisión de gases como el dióxido de S de la actividad industrial.

Suelos de textura gruesa, con bajos contenidos de materia orgánica (MO) y con alta intensidad agrícola. (Lamond, 1991; Pasricha, Aulakh, 1991).

Las gramíneas, como el trigo, poseen bajos requerimientos de S en comparación con otras especies de alto contenido de aceite, como la soja y las crucíferas (mostaza o colza) (Tabla1). Sin embargo, la extracción por los sucesivos cultivos sin reposición lleva a deficiencias de este elemento.

Los síntomas visuales de deficiencia de S son clorosis o amarillamiento de las hojas más jóvenes, menor altura y menor cantidad de macollos.

TABLA 1 | Cantidad de S total absorbido y extraído en grano expresado en kg de S por tonelada de grano base seca en trigo, soja, girasol y colza.

Cultivo	Absorción total kg S ton ⁻¹	Extracción en grano kg S ton ⁻¹
Trigo	5	2
Soja	4	3
Girasol	5	2
Colza	12	7

Referencia: Ciampitti, García, 2007.