

DETERMINACION DE NORMAS PARA LA APLICACION DEL SISTEMA DRIS EN CULTIVO DE TRIGO DE LA REGION SEMIARIDA BONAERENSE

M R LANDRISCINI¹, J A GALANTINI², R A ROSELL¹

¹Laboratorio de Humus (LAHBIS), Dpto. de Agronomía (UNS), 8000 Bahía Blanca, Argentina. ²CIC, Dpto. Agronomía (UNS), 8000 Bahía Blanca, Argentina

THE DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM (DRIS) USING SEMIARID REGIONAL WHEAT NORMS

Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) allows to establish the nutritional level and balance of a crop using the nutrient relationships. Theoretically it could be used regardless the ecological condition, plant age and tissue collected. The development of regional norms for wheat requires to establish a data bank from local experimental plots. In total 700 sets of nitrogen, phosphorus and potassium leaf analysis and associated grain yields, were obtained from published and unpublished results. This population of observations was divided into high and low yielding subgroups. Each element in the plant was expressed in as many ways as possible, and the mean, standard deviation, coefficient of variation and variance were computed. In our case those with a significant variance ratio between the two populations were: N/P, N/K and K/P and their reciprocal (P/N, K/N and P/K) were selected. These regional norms were lower than international ones. DRIS indices obtained from wheat fertilizer trials, showed low values indicating nutrient balances. This was associated with a little fertilizer response and a water deficiency.

Key words: Wheat - DRIS method - Nutrient balance

INTRODUCCION

El análisis foliar o tisular, es una técnica que puede ser usada para relacionar el contenido de un elemento en toda la planta o una de sus partes con la velocidad de crecimiento, la sanidad, el rendimiento y la calidad del producto cosechado. Para ello requiere un conocimiento de la composición ideal de una especie de planta dada cuando su crecimiento o rendimiento se encuentra en el óptimo fisiológico, lo que permitiría conocer el nivel de un nutriente debajo del cual pueden manifestarse deficiencias (Melsted *et al.* 1969). El contenido foliar varía con la edad del tejido, órgano de la planta considerada, estado sanitario, factores climáticos, edáficos y de manejo del cultivo.

La mayoría de las técnicas para interpretar los resultados de análisis de plantas se basan en los niveles críticos y los intervalos de suficiencia de ciertos nutrientes para un cultivo dado (Jones 1985). Estas técnicas necesitan parámetros de diagnóstico derivados del tejido de planta a una edad y categoría específica. Sólo distinguen plantas deficientes o no basados en su concentración nutricional. Una técnica alternativa para evaluar los análisis de un cultivo es el DRIS, el cual usa las relaciones de nutrientes para interpretar el estado nutricional del mismo. Las relaciones de concentración de nutrientes de poblaciones de rendimiento máximo u óptimo se

denominan normas DRIS para esos nutrientes y cultivos. A partir de ellas el método provee un medio para ordenar las relaciones de nutrientes en expresiones llamadas índices DRIS. Estos índices permitirían clasificar los factores de rendimiento considerados según su importancia relativa. Las principales ventajas del sistema DRIS sobre otros métodos es su habilidad para realizar diagnósticos foliares independientemente de la edad, variedad y parte de la planta utilizada (Sumner 1977a y b).

Existen normas internacionalmente usadas para el trigo, obtenidas de un banco de datos proveniente de trabajos publicados e inéditos durante varios años y aplicadas en diferentes estudios (Sumner 1981, Landriscini 1992, Beverly 1993). Sin embargo, se observaron diferencias substanciales en las normas desarrolladas en diversos lugares del mundo, debido a distintos factores edáficos, genéticos y ambientales (Dara *et al.* 1992, Hallmark *et al.* Rasmussen 1996).

Para mejorar la precisión del diagnóstico DRIS sería necesario establecer normas provenientes de estudios regionales y locales que tomen en cuenta la variabilidad de los nutrientes estudiados. Por ello, los objetivos del siguiente estudio fueron: 1) desarrollar normas DRIS regionales a partir de análisis foliares de nitrógeno, fósforo y potasio en cultivos de trigo provenientes de la Región Semiárida Bonaerense y 2) comparar los resul-

tados obtenidos aplicando las normas internacionales y regionales en diferentes estudios de campo con manejos nutricionales variados.

MATERIALES Y METODOS

Obtención de las normas DRIS regionales

Se utilizó una base de datos de 700 análisis (nitrógeno, fósforo y potasio) de plantas de trigo provenientes de diferentes ensayos publicados y no publicados llevados a cabo en la Región Semiárida Bonaerense (Argentina) en el período 1986-1990 (Rosell *et al.* 1987, 1992, Landriscini *et al.* 1990, Landriscini 1992). La ubicación de los mismos fue la siguiente: Estación Experimental Agropecuaria Bordenave-INTA, Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA), Cúbito, y productores particulares de las zonas de Bahía Blanca y Puán. Para la obtención de las normas se aplicó la metodología propuesta por Sumner (1977b). Se dividió la población en dos subpoblaciones; una de altos (A, mayores de 2.6 Mg ha⁻¹) y otra de bajos rendimientos (B, menores de 2.6 Mg ha⁻¹) en grano. Fijar el límite para separar las poblaciones de altos y bajos rendimientos no es un aspecto crítico, y es preferible utilizar un valor que los mejores agricultores obtengan en forma frecuente (Walworth, Sumner 1987). Se realizaron todas las combinaciones posibles de relaciones entre variables para verificar cuales de ellas aportaron significativamente a la variabilidad de las subpoblaciones. Por ejemplo para el caso del nitrógeno y del fósforo pueden ser expresados como N/P, P/N o P×N. Para cada subpoblación se calcularon la media (X), la varianza (σ) y el coeficiente de variación (CV= desvío standard / media, 100) (Tabla 1). De acuerdo a estudios previos (Walworth, Sumner 1987) es dable esperar que las varianzas de las expresiones sean diferentes para las poblaciones de altos y bajos rendimientos. En la medida que la varianza de la población de bajos rendimientos es mucho mayor que la de altos, siempre que se mantengan las medias semejantes, esa expresión será la que mejor diferencie a ambas subpoblaciones. Por este motivo, se seleccionaron aquellas expresiones cuyas relaciones entre varianzas (σ_B/σ_A) resultaron estadísticamente diferentes aplicando el test de Student.

Obtención de los índices DRIS

El camino de obtención de los índices ha sido publicado previamente en varios trabajos (Sumner 1977a, 1979, Walworth, Sumner 1987), así como las fórmulas para su cálculo. Para la obtención de los índices utilizando las normas regionales inversas las ecuaciones aplicadas presentan pequeñas diferencias en cuanto a las relaciones nutricionales y sus signos. Por lo anteriormente expuesto, a continuación solo se presentan las ecuaciones utilizadas cuando se aplicaron las normas regionales inversas:

$$\text{Índice N} = \frac{f(P/N) + f(K/N)}{2}$$

$$\text{Índice P} = \frac{f(P/N) + f(P/K)}{2}$$

$$\text{Índice K} = \frac{f(K/N) - f(P/K)}{2}$$

En las cuales

$$f(N/P) = \left(\frac{N/P}{n/p} - 1 \right) \frac{1000}{CV} \text{ cuando } N/P > n/p$$

$$f(N/P) = \left(1 - \frac{n/p}{N/P} \right) \frac{1000}{CV} \text{ cuando } N/P < n/p$$

Donde N/P es la relación de las concentraciones de nitrógeno y fósforo (en %) del tejido vegetal analizado, n/p es el valor correspondiente de la norma para la población de altos rendimientos y CV su coeficiente de variación. Los índices miden las desviaciones relativas de la composición actual del tejido vegetal de los valores ideales para una población de altos rendimientos. En la medida en que los valores son más negativos indican incremento en el requerimiento de ese nutrimento. Debido a que los índices DRIS son una medida de las desviaciones relativas a partir de un punto único su suma es siempre igual a cero.

Posteriormente, se calculó el índice de balance nutricional (IBN), en base a la suma de los valores absolutos de los índices, el cual es una medida del balance relativo de los nutrientes analizados.

Ensayos de campo utilizados para la verificación de las normas DRIS regionales obtenidas

Se seleccionaron ensayos de fertilización en trigo en las zonas antes mencionadas de la Región Semiárida Bonaerense durante los años 1990 y 1991. Si bien los mismos no fueron diseñados específicamente para la validación de las normas DRIS regionales permitieron contar con análisis foliares no incluidos en la base original de datos. En todos los casos el diseño fue de 3 bloques al azar.

En Bordenave se utilizó un ensayo de fertilización potásica con tres dosis: 40, 80 y 120 kg de K - KCl ha⁻¹. Todas las parcelas recibieron una fertilización base de 68 kg de N y 46 kg de P en forma de fosfato diamónico y urea (experimento 1). En Cúbito se usaron los siguientes ensayos con trigo: en 1990 se fertilizó de la siguiente forma: nitrógeno, fósforo y potasio a la siembra, utilizando fosfato diamónico y KCl (40 y 80 kg de potasio) (experimento 2). En 1991 se aplicaron 23 y 46 kg N ha⁻¹, como urea en dos suelos diferentes (experimento 3). En Bahía Blanca se aplicaron 50 kg N ha⁻¹ como urea en el momento de la siembra (experimento 4). Se tomaron muestras foliares durante el macollaje del trigo (Feekes N° 2-3) (Miller 1992) a las que se les aplicó las normas internacionales y regionales. En madurez fisiológica se evaluó el rendimiento en grano cosechando tres áreas de 0.5 m² en cada bloque.

Procedimientos analíticos

Los procedimientos analíticos empleados se indican a continuación (los nutrientes se informan en porcentaje sobre materia seca): nitrógeno total (NT): digestión y destilación semi-micro Kjeldahl (Bremner, Mulvaney 1982) y fósforo y potasio totales: método de digestión húmeda (ácido nítrico y perclórico, relación 2:1) (Johnson, Ulrich 1959). El fósforo se determinó colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962) y el potasio por fotometría de llama a partir del mismo digesto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Obtención de las normas DRIS regionales

Las concentraciones y las relaciones nutricionales medias obtenidas para las poblaciones de altos y bajos rendimientos, así como sus CV, σ y σ_B/σ_A se observan en la Tabla 1. La concentración de nutrientes media de las poblaciones de altos y bajos rendimientos difirieron marcadamente con las obtenidas por Sumner (1977) y utilizadas en las normas internacionales. Los valores medios obtenidos fueron aproximadamente 40% menores para el nitrógeno, 80% mayores para el fósforo y

Tabla 1: Valores medios (X), coeficiente de variación (CV) y varianzas (σ) de las subpoblaciones de altos (A) y bajos (B) rendimientos.

POBLACION		NUTRIENTES (%)			RELACIONES								
		N	P	K	N/P	N/K	K/P	P/N	K/N	P/K	NP	NK	KP
A	X	2,46	0,60	3,24	4,90	0,85	5,92	0,25	1,27	0,20	1,11	5,40	1,30
	σ_A	1,09	0,11	2,00	6,54	0,08	7,84	0,01	0,11	0,01	0,80	12,5	1,07
	CV	42	56	46	52,2	33,0	47,3	42,8	26,4	42,7	83,3	66,0	77,9
B	X	1,99	0,49	2,47	4,66	0,85	5,62	0,23	1,22	0,20	1,78	8,77	2,23
	σ_B	0,49	0,06	0,75	2,47	0,04	3,94	0,00	0,06	0,00	2,86	49,1	4,27
	CV	35	48	35	33,7	23,1	35,3	26,9	19,7	29,0	94,7	79,9	92,6
(σ_B/σ_A)					2,65	2,03	1,99	2,86	1,92	2,27	0,28	0,25	0,25
					**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns

**, relación entre varianzas B y A altamente significativa ($P < 0,01$); ns, relación no significativa, test de Student (t).

$\pm 10\%$ para el potasio. Los CV también fueron mayores que los obtenidos internacionalmente. Estos resultados demuestran que la nutrición del cultivo se vio diferencialmente afectada por los factores ambientales, sean climáticos, edáficos y/o antrópicos. Consecuentemente, las relaciones de nutrientes también fueron afectadas, aspecto que limita la universalidad de las normas DRIS y apoya la hipótesis del presente trabajo.

Se seleccionaron como normas aquellas formas de expresión que discriminaron mejor entre las poblaciones de altos y bajos rendimientos, a través del test de Student de relación de varianzas (σ_B/σ_A) y de la semejanza de sus medias. El primer grupo de expresiones seleccionadas (N/P, N/K y K/P) coincidió con las utilizadas por la bibliografía internacional. En nuestro caso las relaciones inversas (P/N, K/N y P/K) también mostraron una relación de varianzas significativa por lo que fueron testeadas.

Las normas regionales presentan valores medios inferiores a los obtenidos por la bibliografía internacional y CV más elevados (Tabla 2). Los valores de las normas regionales inversas presentan CV más próximos a los valores internacionales.

Contraste de las normas en ensayos de fertilización

Los resultados obtenidos aplicando las normas internacionales no mostraron diferencias en el orden de requerimientos nutricionales ($N > K > P$) entre ensayos y detectaron importantes deficiencias relativas de nitrógeno (índices muy negativos) y marcados desbalances nutricionales (altos valores de IBN). La aplicación de fertilizantes en los experimentos no mejoró en forma significativa los desbalances nutricionales ni los rendimientos en grano (Tabla 3). Durante 1990 (experimentos 1 y 2) los rendimientos en grano se vieron limitados por la baja precipitación, especialmente al final del ciclo del cultivo. La mayor disponibilidad de agua durante 1991 originó la ausencia de respuesta a la fertilización (experimento 3) posiblemente por la baja dosis de nitrógeno aplicada. Una planta con niveles de nutrientes óptimos debería tener todos sus índices igual a cero, aunque se acepta que índices entre -15 y +15 se ubicarían dentro del rango de balance nutricional (Kelling, Schulte 1986).

Al aplicar las normas regionales y las regionales inversas al cálculo de índices DRIS los resultados fueron semejantes entre sí, indicando la posibilidad de utilizar

Tabla 2: Normas internacionales y regionales.

	Internacionales			Regionales			Regionales Inversas		
	N/P	N/K	K/P	N/P	N/K	K/P	P/N	K/N	P/K
X	12,74	1,45	8,80	4,66	0,85	5,62	0,23	1,22	0,20
CV	22	20	17	33	23	35	27	20	29

X = valores medios, CV = coeficientes de variación

Tabla 3. Concentración de nutrientes, índices DRIS, orden de requerimientos e índice de balance nutricional (IBN) en plantas de trigo en macollaje, obtenidos aplicando las normas internacionales, regionales y regionales inversas.

Tratamiento	Conc. foliar			Rendim. (Mg ha ⁻¹)	Normas internacionales					Normas regionales					Normas inversas				
	(%)				Índices DRIS N P K					Índices DRIS N P K					Índices DRIS N P K				
N - P - K	N	P	K	(Mg ha ⁻¹)	IBN	Orden req. nutricionales	Índices DRIS N P K	Orden req. nutricionales	IBN	N	P	K	Orden req. nutricionales	IBN	N	P	K	Orden req. nutricionales	
Experimento 1 (Bordenave, 1990)																			
68-46-0	3,03	1,13	2,25	2,03	-87	186	-99	K>N>P	372	2	37	-38	K>N>P	77	5	38	43	K>N>P	
68-46-40	3,87	1,17	3,15	1,75	-69	132	-62	N>K>P	263	4	21	-25	K>N>P	50	7	21	-28	K>N>P	
68-46-80	2,95	1,17	4,40	1,84	-121	132	-10	N>K>P	263	-18	20	-1	N>K>P	39	-19	19	0	N>K>P	
68-46-120	3,29	1,31	3,75	1,84	-109	154	-45	N>K>P	307	-12	26	-14	K>N>P	53	-12	27	-15	K>N>P	
Experimento 2 (Cabildo, 1990)																			
0-0-0	2,52	0,72	2,52	2,21	-71	105	-33	N>K>P	209	-1	13	-12	K>N>P	27	1	12	-13	K>N>P	
18-46-0	2,28	0,85	2,98	2,07	-108	130	-22	N>K>P	259	-28	26	2	N>K>P	55	-30	27	3	N>K>P	
18-46-40	2,48	0,85	2,75	2,37	-92	127	-35	N>K>P	254	-13	19	-6	N>K>P	39	-13	19	-6	N>K>P	
18-46-80	2,50	0,82	2,63	1,92	-85	124	-38	N>K>P	247	-34	25	9	N>K>P	67	-37	26	11	N>K>P	
Experimento 3 (Cabildo, 1991)																			
A 0-0-0	3,23	0,90	3,50	3,19	-72	95	-23	N>K>P	190	-3	11	-8	K>N>P	21	-1	9	-8	K>N>P	
A 23-0-0	3,25	0,98	3,17	3,43	-75	115	-40	N>K>P	230	-2	16	-15	K>N>P	33	1	16	-17	K>N>P	
A 46-0-0	3,41	0,87	2,97	3,41	-58	98	-40	N>K>P	195	5	12	-17	K>N>P	33	8	10	-18	K>N>P	
B 0-0-0	3,12	0,76	2,63	3,09	-53	93	-40	N>K>P	186	7	11	-17	K>N>P	35	10	9	-19	K>N>P	
B 23-0-0	3,21	0,72	2,83	3,34	-49	79	-30	N>K>P	158	7	7	-14	K>N>P	27	10	5	-15	K>N>P	
B 46-0-0	2,95	0,65	2,63	3,25	-48	76	-27	N>K>P	151	7	6	-12	K>N>P	25	10	4	-14	K>N>P	
Experimento 4 (Bahía Blanca, 1991)																			
0-0-0	3,38	0,97	3,11	1,71	-71	114	-43	N>K>P	228	-1	19	-18	K>N>P	37	3	15	-18	K>N>P	
50-0-0	3,42	0,81	3,39	2,55	-59	81	-22	N>K>P	162	2	7	-9	K>N>P	18	5	5	-10	K>N>P	

s: suelo A (tosca a 70 cm)

B: suelo B (tosca a 30 cm)

A: suelo A (tosca a 70 cm)

B: suelo B (tosca a 30 cm)

indistintamente cualquiera de ellas. Los valores numéricos fueron menores que los obtenidos con las normas internacionales. Esto se debería, en alguna forma, a que las normas regionales fueron obtenidas a partir de plantas provenientes de la Región Semiárida Bonaerense, las que reflejan los efectos ambientales anteriormente mencionados. En algunos casos los índices DRIS se ubicaron dentro del rango de balance nutricional, reflejando las variaciones de las concentraciones foliares al aplicar diferentes dosis de fertilizante.

En el experimento I el orden de requerimientos nutricionales mostró variaciones en su balance con la aplicación de fertilizantes con potasio. El agregado de 40 kg de potasio disminuyó la deficiencia relativa de este elemento. Con 80 y 120 kg el cultivo mostró un relativo balance nutricional respecto a los tres nutrientes analizados. Sin embargo, los rendimientos disminuyeron debido a la participación de otros factores que no estuvieron bajo control y que se convirtieron en limitantes, por ejemplo marcados déficits hídricos durante la primavera. En los experimentos llevados a cabo en Cabillo, los cultivos de trigo mostraron una adecuada nutrición para las condiciones climáticas de esos años, evidenciada con índices numéricos próximos a cero. La aplicación de fertilizantes no produjo cambios marcados en los rendimientos. En Bahía Blanca, la aplicación de 50 kg de nitrógeno mejoró el balance nutricional y aumentó los rendimientos.

Para la validación completa de los resultados de la aplicación de estas normas deberían realizarse ensayos factoriales bajo condiciones controladas, con muestreos tempranos que permitan corregir las deficiencias detectadas con fertilizaciones posteriores. Además para relacionar el balance nutricional con los rendimientos se debería considerar la disponibilidad de agua para el cultivo.

REFERENCIAS

- Beverly R B. 1993. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnosis for wheat, corn, and alfalfa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24: 487-501
- Bremner J M, Mulvaney C S. 1982. Nitrogen total. En: Page et al. (Eds.) *Methods of Soils Analysis. Part 2. Agronomy* 9. 2nd edition. Madison, Wisconsin, USA, p. 595-624
- Dara S T, Fixen P E, Gelderman R H. 1992. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. *Agron. J.* 84: 1006-1010
- Hallmark W B, Beverly R B, Sumner M E, de Mooy C J, Morris H F, Pesek J, Fontenot J D. 1990. Soybean phosphorus and potassium requirement evaluation by three M-DRIS data bases. *Agron. J.* 82: 323-328
- Johnson C M, Ulrich A. 1959. II Analytical methods. For use in plant analysis. *Calif. Agric. Exp. St. Bull.* 766: 26-77
- Jones J B Jr. 1985. Soil testing and plant analysis: guide to the fertilization of horticultural crops. *Horticultural Review* 1-68
- Kelling K A, Schulte E E. 1986. Review DRIS as a part of a routine plant analysis program. *J. Fertil. Issues* 3: 107-112
- Landriscini M R. 1992. Nivel de nutrientes edáficos y foliares en trigo en la Región Semiárida Pampeana. Tesis Magister en Ciencia del Suelo, UNS, Bahía Blanca, 126 pág.
- Landriscini M R, Galantini J A, Iglesias J O, Rosell R A, Glave A E. 1990. Balance de N, P y K en trigo en distintos sistemas de producción en la Región Semiárida Bonaerense. II Congreso Nacional de Trigo (Argentina). :245-253
- Melsted S W, Motto H L, Peck T R. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agron. J.* 61: 17-20
- Miller T D. 1992. Growth stages of wheat. Better crops with plant food. Potash & Phosphate Institute. 76: 12-17
- Murphy J, Riley J P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36
- Rasmussen P E. 1996. Effect of nitrogen, sulfur, and phosphorus sufficiency on nutrient content in white winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27: 585-596
- Rosell R A, Landriscini M R, Glave A E. 1987. Balance de N, P, K y S en trigo de la Región Semiárida de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Anales de Edafología y Agrobiología* 46: 1167-1180.
- Rosell R A, Landriscini M R, Galantini J A. 1992. N, P, and K DRIS balance in winter wheat in Pampean Semi-arid Region of Argentina. *Suelo y Planta* 2: 363-371
- Sumner M E. 1977a. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 8: 251-268
- Sumner M E. 1977b. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 8: 149-167
- Sumner M E. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agron. J.* 71: 343-348
- Sumner M E. 1981. Diagnosing the sulfur requirement of corn and wheat using foliar analysis. *Agron. J.* 45: 87-90
- Walworth J L, Sumner M E. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Sci.* B.A. Stewart (Ed.). Springer-Verlag, New York, Inc. Vol. 6: 149-188