

Extracciones nutrimentales en tres cultivos básicos en Veracruz, México

Nutritional extractions in three basic crops in Veracruz, Mexico

Andrés Vásquez Hernández✉, Rigoberto Zetina Lezama e Isaac Meneses Márquez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla km 34 Carr. libre Veracruz-Córdoba. Apdo. Postal 429, C.P. 91700. tel y fax: 01(285) 59601 06, 07, 08,09. Andrés Vásquez Hernández
E-mail: vasquez.andres@inifap.gob.mx ✉Autor para correspondencia

Recibido: 9/01/2014

Aceptado: 13/07/2014

RESUMEN

El uso de los análisis de suelo como herramienta para hacer más eficiente el uso de los fertilizantes químicos aplicados, es de uso indispensable, ya que nos permite calcular de manera más confiable la cantidad de fertilizante a aplicar de manera sitio-específica. Una alternativa para recomendar fertilización sitio específica es el Método Racional de Fertilización, el cual es un cálculo de los requerimientos de fertilización basado en el análisis químico del suelo, en la extracción unitaria de nutrientes del cultivo y en la eficiencia de los fertilizantes. La tasa de extracción de nutrientes o extracción unitaria expresada en kg de nutriente por tonelada de grano cosechado debe ser determinada por cultivo y región, ya que nos indica de manera directa la cantidad de nutriente necesaria para obtener el máximo rendimiento potencial del cultivo. En este trabajo se determinó la extracción unitaria de nutrientes en los cultivos básicos maíz y frijol; también se incluyó caña de azúcar, por su gran importancia para el estado de Veracruz, donde se ubica la mayor cantidad de ingenios azucareros a nivel nacional. En frijol se tuvieron extracciones promedio de 41.5 kg de N, 6 de P y 40 de K. Para maíz la extracción fue de 27.3 kg de N, 5.9 de P y 29.1 de K. Par el caso de caña se tuvo una extracción de 1.43 kg de N, 0.30 de P y 1.80 de K.

Palabras clave: maíz, frijol, caña, extracciones unitarias.

ABSTRACT

The use of the soil analysis as a tool to make more efficient use of chemical fertilizers applied, is essential to use, since it allows us to estimate more reliably the amount of fertilizer to apply site - specific. An alternative to recommend fertilization site specified is the rational method of fertilization,

which is a calculation of the fertilization requirements based on the chemical analysis of soil, unitary extraction of crop nutrients and fertilizer efficiency. The rate of extraction of nutrients or extraction unit expressed in kg of nutrient per ton of harvested grain should be determined by culture and region, since it indicates directly the amount of nutrient needed for peak performance potential of the crop. In this work determined unitary extraction of nutrients in basic crops corn and beans; also included sugar cane by its great importance for the State of Veracruz, where is located the most sugar mills at the national level. Bean has extractions average of 41.5 kg N, 6 P and 40 K. For corn removal was 27.3 kg of N, 5.9 P and 29.1 K. For sugarcane the rule of extraction was 1.43 kg of N, 0.30 P and 1.80 K.

Key words: corn, beans, sugarcane, unit extractions.

INTRODUCCIÓN

La fertilización de los cultivos es una actividad que por su costo es uno de los aspectos más importantes a considerar para obtener una producción aceptable desde el punto de vista económico. Las últimas predicciones de FAO (Food and Agriculture Organization) indican que para el año 2050 la población mundial será de 9,100 millones de habitantes, frente a los 6,800 millones actuales, esto representa un incremento del 34% para los próximos 40 años, con un consumo global de cereales per cápita de unos 340 kg por persona y año con un total de 3,094 millones de toneladas por año; en este aspecto, García-Serrano *et al.* (2010) mencionan que es necesario mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos, empleando técnicas que permitan practicar una agricultura productiva, pero también sostenible, en la que los fertilizantes se empleen de forma racional, con máxima eficiencia y respeto al medio ambiente.

El uso de los análisis de suelo como herramienta para hacer más eficiente el uso de los fertilizantes químicos, es indispensable, ya que nos permite calcular de manera confiable la cantidad de fertilizante a aplicar de manera sitio-específica. Aunque hace algunos años la

cantidad de fertilizante a aplicar se determinaba mediante el establecimiento de experimentos de dosis de fertilización en los ambientes más representativos para los cultivos de interés, la variabilidad que existe de un terreno o finca de cultivo a otra es muy grande, por lo que se pueden cometer errores apreciables con pérdida de precisión en la recomendación de fertilización. Una alternativa para recomendar fertilización sitio específica es el Método Racional de Fertilización el cual es un método de cálculo de los requerimientos de fertilización basado en el análisis químico del suelo para determinar su disponibilidad de nutrientes esenciales, en la tasa de extracción unitaria de nutrientes determinada para cada cultivo en particular y en la eficiencia de los fertilizantes, la cual depende en gran medida de la disponibilidad de agua para las plantas (Bouz, Astegiano y Favaro, 2003). La base técnica para implementar este método es la tasa de extracción unitaria de nutrientes, que es la cantidad de nutriente que el cultivo requiere por tonelada del producto a cosechar (Castellanos *et al.* 2005), y debe ser determinada por cultivo y región.

El planteamiento general proviene del método racional del Rodríguez (1993) quien propone la dosis de abonado del nutriente (Di) como resultante de la demanda del cultivo

(DEMi), el suministro del suelo (SUMINi) y la eficiencia de la fertilización (EFi):

Dosis de fertilizante = $\frac{\text{Demanda del cultivo}}{\text{Suministro del Suelo}}$

Eficiencia de la fertilización

La eficiencia (E) de utilización del nutrimento se refiere a la cantidad del nutrimento recobrado y depende de: las propiedades del nutrimento, características del suelo, características de la fuente del fertilizante, método y época de aplicación, condiciones climáticas. Para el nitrógeno los valores fluctúan entre 40 y 60 % utilizando valores más altos cuando las condiciones son menos propicias a pérdidas y más bajos cuando las condiciones del suelo o manejo son pobres. El rango práctico para estimar la eficiencia de la fertilización de P fluctúa entre 30 y 40 % dependiendo de las condiciones y el tipo del suelo; para potasio se reportan valores de eficiencia de entre 50 y 60 %. En este estudio se determinó la tasa de extracción de nutrientes en cultivos básicos de gran importancia en la alimentación para el pueblo mexicano como son maíz y frijol; también se realizó el estudio para caña de azúcar, la cual es un cultivo industrial de gran importancia para el estado de Veracruz, en la que se encuentran ubicados la mayor cantidad de ingenios azucareros a nivel nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para maíz y frijol se realizó el estudio en la parte central de Veracruz, en los municipios de Jamapa, Cotaxtla y Medellín de Bravo, región en la que tradicionalmente se han sembrado estos cultivos; para caña de azúcar se estudiaron los municipios de

Actopan, Ursulo, Galván y Paso de Ovejas en Veracruz, también se incluyó el municipio de Acatlán, Oaxaca por su colindancia con Veracruz, dado que gran parte de esta producción también se procesa en el estado de Veracruz o en ingenios colindantes. Se seleccionaron 5 fincas de frijol, 5 de maíz y 11 de caña de azúcar en las regiones de estudio mencionadas. A la madurez fisiológica de los cultivos se realizó un muestreo para estimar el rendimiento y biomasa aérea de tallos y hojas. Para frijol y maíz, se muestrearon 4 surcos de 10 metros lineales con 4 repeticiones, haciendo una separación de grano, tallos y hojas, tomando muestras de cada parte para la determinación de humedad y hacer la corrección a base seca; para el caso de hojas y tallos de caña, se obtuvo una muestra representativa de cada repetición para hacer los análisis químicos de nutrientes. Para el análisis total de nutrientes, se usó la técnica de digestión húmeda (Jones, 1991) con cuantificación de nutrientes por espectrofotometría de absorción atómica y fotocolorimetría (Plenecassagne, Romero y López, 1997). Con los datos de rendimiento de grano, tallo, hojas y la composición química de nutrimentos, se calculó la Extracción Unitaria de Nutrimentos por tonelada de grano para maíz y frijol y por tallos frescos para caña de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frijol

Los rendimientos de frijol mostraron valores desde 752 kg ha⁻¹ hasta 2447 kg ha⁻¹ con un promedio de 1767 kg ha⁻¹, y un índice de cosecha promedio de 0.50, los cuales son más altos que el promedio nacional de 646 kg/ha (SIAP, 2005). En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos para las extracciones unitarias en frijol, lo que de cierta manera nos

indica la cantidad mínima necesaria de nutrientes que se deben aportar al cultivo por cada tonelada de grano que se desee producir, sin obviar el potencial agroclimático de la región y del genotipo, así como la información obtenida en los experimentos para determinar la superficie de respuesta con dosis de fertilizantes. Para N se tuvo una extracción con una variación de 36.28 a 50.20, 4.86 a 7.71 para P y de 34.99 a 45.95 kg ha⁻¹ para K, esto explica en cierta forma el hecho que el promedio de fertilización para frijol sea el

tratamiento 40-40-00, de acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico del INIFAP para frijol (1995). En base al cuadro 1 la extracción unitaria promedio de nutrientes para frijol quedo en el siguiente orden: 41.5 N > 40.0 K > 14.8 Ca > 6 P > 5.3 Mg > 0.75 S > 0.06 B, lo cual es el requerimiento mínimo de nutrientes necesarios para producir 1 ton de grano de frijol y nos servirá de base para calcular la fertilización para el cultivo mediante el Método Racional.

Cuadro 1. Rendimiento de grano, materia seca (M.S) de rastrojo y extracción unitaria de nutrientes en frijol negro.

Localidad	M.S. Grano	Kg ha ⁻¹ M.S. Rastr ojo	Total G + R	I.C.	Extracción Kg ton ⁻¹ grano						
					N.	P	K	Ca	Mg	S	B
La Venta, M.F.A.	752	1015	1767	0.43	36.3	4.9	43.6	12.2	5.8	0.5	0.0
Espinal, Manlio F.A.	1646	1653	3299	0.50	40.5	6.7	37.9	17.5	5.9	0.6	0.0
Javilla, Jamapa	2447	1703	4150	0.59	41.4	5.4	37.7	7.0	3.9	0.4	0.0
La Brecha, Jamapa	1615	1976	3591	0.45	50.2	7.7	46.0	23.4	6.5	0.7	0.0
Las Minas, Cotaxtla	2377	2160	4537	0.53	39.4	5.5	35.0	13.8	4.3	1.3	0.0
Media	1767	1701	3649	0.50	41.5	6.0	40.0	14.8	5.3	0.7	0.0
Mínimo	752	1015	1767	0.43	36.3	4.9	35.0	7.0	3.9	0.4	0.0
Máximo	2447	2160	4537	0.59	50.2	7.7	45.9	23.4	6.5	1.3	0.0
Desviación estándar.	690	436	1066	0.06	5.2	1.2	4.6	6.1	1.12	0.3	0.0

Maíz

En cuanto a maíz, los rendimientos de grano encontrados varían de 3 711 a 6 375 kg ha⁻¹ con un índice de cosecha promedio de 0.36; el rendimiento de grano fue más alto que el promedio nacional de 1.595 kg ha⁻¹ de grano. En cuanto a la extracción de nutrimentos (Cuadro 2), se encontró un valor promedio de 27.3 kg N ton⁻¹ de grano, aunque todos los sitios fueron ligeramente más altos que los

reportados en la literatura de 22.5 kg ton⁻¹ de grano (Castellanos et al, 2006); fósforo varió de 4.3-8.3 kg ton⁻¹ de grano, también mostrando valores superiores al promedio internacional de 4 kg ton⁻¹ de grano; potasio también mostro valores superiores al promedio internacional de 19 kg ton⁻¹. Calcio y Magnesio son semejantes a los valores internacionales, pero azufre está bajo.

Cuadro 2. Rendimiento de rastrojo, grano y extracciones unitarias en maíz en Veracruz.

Localidad	Kg ha ⁻¹			I.C.	Extracción Kg ton ⁻¹ grano					
	M.S. Rastrojo	M.S. Grano	Total R + G		N	P	K	Ca	Mg	S
C. Ejidal, Cotaxtla	10521	4828	15349	0.32	25.7	5.9	19.9	4.5	3.1	1.8
Espinal, M.F.A.	13629	6368	19997	0.32	25.1	4.3	29.0	2.5	2.2	1.2
Cotaxtla	8332	6375	14707	0.44	26.8	5.9	33.5	2.1	1.9	1.4
Dos Lomas, Cotaxtla	11212	5056	16268	0.31	31.3	8.3	43.2	3.2	3.2	1.4
Remolino, Tlalixcoyan	5340	3711	9051	0.41	27.8	5.1	19.7	6.3	2.1	1.3
Media	9807	5268	15074	0.36	27.3	5.9	29.1	3.7	2.5	1.4
Mínimo	5340	3711	9051	0.31	25.1	4.3	19.7	2.1	1.9	1.2
Máximo	13629	6375	19997	0.44	31.3	8.3	43.2	6.3	3.2	1.8
Desviación estd.	3131	1129	3942	0.06	2.44	1.49	9.89	1.7	0.6	0.23

Tomando en cuenta los datos del cuadro 2, se puede indicar que el orden de extracción de nutrientes en maíz es de la siguiente manera: 29.1 K > 27.3 N > 5.9 P > 3.7 Ca > 2.5 Mg > 1.4 S.

Caña de azúcar

Los rendimientos de tallos frescos variaron de 34 186 a 184 976, con una media de 98 045 ton ha⁻¹, observándose que hay localidades por debajo de la media nacional de 72.6 ton ha⁻¹ (SIAP, 2006); el índice de cosecha en base a peso fresco de hojas y tallos tuvo un valor promedio de 0.87. En el cuadro 3 se muestran los datos obtenidos en cuanto a las extracciones unitarias calculadas; por cada

tonelada de caña producida se requirió en promedio 1.43 kg de nitrógeno, 0.30 kg de P, 1.80 kg de K, 0.39 kg de Ca, 0.19 kg de Mg y 0.18 kg de S, todos estos valores se encuentran dentro del rango reportado en la literatura (Malavolta y col. 1997; Chávez, 1999); en cuanto a los micronutrientes B, Fe, Cu, Zn y Mn también están dentro del rango reportado. El orden unitario de extracción de nutrientes en kg ton⁻¹ de tallos frescos es: 1.80 K > 1.43 N > 0.39 Ca > 0.30 P > 0.19 Mg > 0.8 S; para el caso de los micronutrientes en gramos ton⁻¹ de tallos frescos, el orden es el siguiente: 26.05 Fe > 10.93 Mn > 4.25 Zn > 3.93 Cu > 1.82 B.

Cuadro 3. Rendimiento de tallos y hojas frescas e Índice de cosecha en caña de azúcar.

Localidad	Peso en kg			Índice de cosecha
	Hojas frescas.	Tallos frescos	Peso total Biomasa	
1. Mozomboa, Actopan, Veracruz	12 018	93 263	105 281	0.89
2. Zempoala, Ursulo G. Veracruz	22 780	176 789	199 569	0.88
3. El Porvenir, Paso de O. Veracruz	14 142	109 746	123 888	0.89
4. La Conquista, Paso de Ovejas, Ver.	12 872	99 900	112 772	0.89
5. La Mata, Paso de Ovejas, Veracruz	8 526	66 158	74 684	0.89
6. Salmoral, Paso de Ovejas, Veracruz	23 836	184 976	208 812	0.89
7. Vicente Camalote, Acatlán, Oaxaca	9 950	77 221	87 171	0.89
8. Cañamazal I, Acatlán, Oaxaca	8 846	68 647	77 493	0.89
9. Cañamazal II, Acatlán, Oaxaca	8 504	34 186	42 690	0.80
10. Acatlán I, Oaxaca	20 032	80 540	100 572	0.80
11. Acatlán II, Oaxaca	21 656	87 067	108 723	0.80
Media	14 833	98 045	112 878	0.87
Mínimo	8 504	34 186	42 690	0.80
Máximo	23 836	184 976	208 812	0.89
Desviación estándar	6 079	45 542	50 363	0.042

Cuadro 4. Extracciones unitarias de macro y micronutrientes en caña de azúcar.

Localidad	Kg ton ⁻¹ de tallos frescos						g ton ⁻¹ de tallos frescos				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Zn	Mn
1. Mozomboa	0,75	0.22	1.36	0.42	0.16	0.20	4.50	13.19	4.07	4.18	5.04
2. Zempoala	1,36	0.32	1.80	0.37	0.19	0.18	1.13	53.17	2.09	3.34	7.46
3. El Porvenir	1,55	0.25	1.52	0.30	0.17	0.21	2.97	20.41	1.82	3	5.83
4. La Conquista	1,07	0.53	2.09	0.21	0.15	0.21	2.73	20.08	2.7	4.3	11.5
5. La Mata	2,29	0.35	3.44	0.29	0.19	0.14	2.10	25.6	4.69	4.23	4.69
6. Salmoral	1,14	0.33	1.45	0.44	0.12	0.21	1.18	12.65	3.68	3.46	3.73
7. Vicente C.	1,44	0.32	1.24	0.37	0.21	0.23	1.32	24.95	3.63	2.85	8.42
8. Cañamazal	1,29	0.16	1.58	0.22	0.07	0.07	0.50	15.56	4.37	3.64	24.61
9. Cañamazal	1,76	0.34	2.12	0.60	0.26	0.23	2.22	38.09	5.85	6.14	16.09
10. Acatlán I	1,49	0.21	2.03	0.59	0.26	0.11	1.20	26.82	5.34	6.33	21.6
11. Acatlán II	1,56	0.29	1.15	0.53	0.30	0.15	0.15	36.06	4.94	5.28	11.26

Media	1,43	0.30	1.80	0.39	0.19	0.18	1.82	26.05	3.93	4.25	10.93
Mínimo	0,75	0.16	1.15	0.21	0.07	0.07	0.15	12.65	1.82	2.85	3.73
Máximo	2,29	0.53	3.44	0.60	0.30	0.23	4.50	53.17	5.85	6.33	24.6
Desviación Estándar	0,38	0.09	0.61	0.13	0.06	0.05	1.19	11.70	1.24	1.14	6.73

CONCLUSIONES

Frijol negro mostro tasa unitarias de extracción de 41.5 kg de N ton⁻¹ de grano, 6 de P y 40 de K, con un orden en la tasa unitaria de extracción: 41.5 N > 40.0 K > 14.8 Ca > 6 P > 5.3 Mg > 0.75 S > 0.06 B. **2.** El cultivo de maíz mostro tasas unitarias de extracción de 27.3 kg de N t⁻¹ de grano, 5.9 de P y 29.1 de K, con un orden en la tasa unitaria de extracción: 29.1 K > 27.3 N > 5.9 P > 3.7 Ca > 2.5 Mg > 1.4 S. **3.** El cultivo de caña de azúcar mostro tasas unitarias de extracción de 1.43 kg de N t⁻¹ de tallos frescos, 0.30 de P y 1.80 de K, El orden unitario de extracción de nutrientes en kg ton⁻¹ de tallos frescos es: 1.80 K > 1.43 N > 0.39 Ca > 0.30 P > 0.19 Mg > 0.8 S; para el caso de los micronutrientes en gramos ton⁻¹ de tallos frescos, el orden es el siguiente: 26.05 Fe > 10.93 Mn > 4.25 Zn > 3.93 Cu > 1.82 B.

LITERATURA CITADA

- Agro-4037. 2001. Fertilidad de suelos y abonos. Recomendación de dosis de aplicación de nutrimentos. http://academic.uprm.edu/dsotomayor/agro4037/handouts/4037_Handouts_V.pdf. Consultado el 20 de mayo de 2013.
- Bouzo, C. A., Astegiano, E. D. y Favaro, J.C. 2003. Procedimiento para predecir la necesidad de abonos en cultivos hortícolas. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 2 (1-2) 2003. 1-13 p.
- Castellanos, J. Z. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Folleto Técnico No. 1. INIFAP; CEB; SAGARPA. 44 p.
- García-Serrano, J. P., Lucena M. J. J., Ruano C. S. y Nogales G. M. 2010. Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España. Parte I. Gobierno de España. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. 120 p.
- INIFAP. 1995. Guía para la asistencia técnica agrícola en el área de influencia del Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz. México. 139 p.
- Rodríguez. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 291pp.
- SIAP-SAGARPA. 2005. Situación actual y perspectivas de la producción de frijol en México.