

## FACTOR DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL DE NITROGENO EN PAPA

V.K. Dua, P.M. Govindakrishnan, S.S. Lal, y S.M.P. Khurana

La papa ha emergido como uno de los cultivos alimenticios más importantes en India. Desde su independencia, este país ha incrementado casi 5 veces el área sembrada y aproximadamente 16 veces la producción global de papas. El incremento en la producción no se debe sólo al incremento en el área, sino también a la productividad, la cual se ha incrementado de un promedio de 6.6 t ha<sup>-1</sup> durante 1949-1950 a 19.8 t ha<sup>-1</sup> durante 2001-2002. Este incremento se ha conseguido gracias al uso de niveles más altos de insumos y de cultivares más eficientes de alto rendimiento. Sin embargo, a medida que los insumos se incrementan, generalmente se presenta una disminución en la eficiencia de uso de los mismos. Si esta tendencia no se contrarresta con el empleo de genotipos mejorados y con mejor manejo de nutrientes, es probable que se presenten problemas de contaminación y que también se reduzcan los retornos de la inversión. Por lo tanto, existe la necesidad de revisar periódicamente las eficiencias del uso de insumos en diferentes cultivos.

El nitrógeno (N) es el nutriente más importante en la producción de papa. Una baja eficiencia de uso de N promueve la lixiviación, volatilización, etc. de este nutriente. Para determinar la eficiencia de los nutrientes aplicados, Cassman et al. (1996) introdujeron el término Factor de Productividad Parcial (FPP). La ventaja de la utilización de este índice es que cuantifica el beneficio económico total de cualquier factor/nutriente en particular, en relación a la utilización de todos los recursos del sistema, incluyendo los nutrientes nativos del suelo y los nutrientes aplicados con los insumos. Por lo tanto, se pueden usar los cambios en FPP de N a través de los años para determinar la sostenibilidad del sistema de producción de papa.

Los datos de rendimiento de papa bajo diferentes niveles de N se obtuvieron de 107 artículos publicados que reportan experimentos ejecutados entre los años 1968 y 2000. Debido a que los diferentes investigadores utilizaron distintas dosis de N, éstas se clasificaron en 6 rangos: 20 a 60, 61 a 100, 101 a 140, 141 a 180, 181 a 220 y más de 220 kg de N ha<sup>-1</sup>, además del testigo (cero N). El FPP y la Eficiencia Agronómica (EA) se calcularon de la siguiente manera:

FPP =  $R_f/N_a$  – expresado en kg producción por kg de N aplicado.

EA =  $(R_f - R_t)/N_a$  – expresado en kg producción por kg de N aplicado.



En donde “R<sub>f</sub>” representa el rendimiento de un lote fertilizado con N, “R<sub>t</sub>” representa el rendimiento del lote testigo y “N<sub>a</sub>” representa la cantidad de N aplicado en kg ha<sup>-1</sup>. El FPP se calculó también por separado para las últimas tres décadas (1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000) y para diferentes cultivares.

El promedio total de rendimiento de tubérculos mostró un incremento con el aumento del nivel de N hasta 220 kg de N ha<sup>-1</sup> durante el periodo 1968-2000 (**Tabla 1**). No se observaron incrementos en el rendimiento más allá de los 220 kg de N ha<sup>-1</sup> hasta 1980. En lo que concierne a la respuesta temporal de rendimiento, durante la década de 1970 se observó respuesta al N aplicado hasta los 180 kg de N ha<sup>-1</sup> (**Tabla 1**), mientras que en la década de 1980 la respuesta llegó hasta 220 kg de N ha<sup>-1</sup> y en la de 1990 la respuesta superó los 220 kg de N ha<sup>-1</sup>.

El análisis reveló que a medida que se incrementaba la dosis de N aplicada se redujo el FPP (**Tabla 1**). En general, para todo el período (1968-2000) el FPP fue de 421 kg de tubérculos kg<sup>-1</sup> de N cuando se lo aplica en el rango de 20 a 60 kg de N ha<sup>-1</sup>, el FPP se redujo a 130 kg de tubérculos kg<sup>-1</sup> de N cuando se aplicaron dosis que excedieron los 220 kg de N ha<sup>-1</sup>. Similar tendencia se observó en las diferentes décadas. Esta tendencia refleja la ley del rendimiento decreciente – a medida que se aumenta la dosis de N aplicado, la respuesta al N disminuye. Esto también se confirma al calcular la EA, parámetro que describe la respuesta por unidad de N aplicado (**Tabla 2**). La EA mostró que la conversión de N aplicado en rendimiento fue mayor en los niveles más bajos de aplicación de N (20 a 60 kg ha<sup>-1</sup>).

\* Tomado de: Dua, V.K., P.M. Govindakrishnan, S.S. Lal, and S.M.P. Khurana. 2007. Partial Factor Productivity of Nitrogen in Potato. *Better Crops With Plant Food* 91(4):26-27.

**Tabla 1. Rendimiento de la papa (t ha<sup>-1</sup>) y factor de productividad parcial (FPP) de N (kg de tubérculos kg<sup>-1</sup> de N aplicado) para la papa en India.**

Período	Promedio	----- Rango de los niveles de N, kg ha <sup>-1</sup> -----					
		20-60	61-100	101-140	141-180	181-220	>220
1971-1980	FPP	428	277	211	158	134	111
	Rendimiento de tubérculos	22.1	22.6	25.4	26.5	26.8	27.0
	No. de estudios	21	19	25	22	1	4
1981-1990	FPP	399	253	206	177	154	114
	Rendimiento de tubérculos	22.0	23.7	24.8	28.6	30.8	28.3
	No. de estudios	61	43	38	62	16	20
1991-2000	FPP	409	329	235	188	155	148
	Rendimiento de tubérculos	22.0	28.0	29.4	30.7	31.8	35.0
	No. de estudios	19	23	18	31	3	19
1968-2000	FPP	421	282	220	178	156	130
	Rendimiento de tubérculos	22.9	25.0	26.8	29.1	31.3	31.4
	No. de estudios	109	88	86	120	21	44

**Tabla 2. Eficiencia agronómica (kg de tubérculos kg<sup>-1</sup> de N aplicado) de N en papa bajo diferentes niveles de este nutriente.**

Rango de los niveles de N kg ha <sup>-1</sup>		Eficiencia agronómica
20-60	Promedio	135
	No. de estudios	78
61-100	Promedio	102
	No. de estudios	58
101-140	Promedio	93
	No. de estudios	52
141-180	Promedio	75
	No. de estudios	78
181-220	Promedio	71
	No. de estudios	15
>220	Promedio	48
	No. de estudios	29

El examen detallado de los valores absolutos del FPP mostró que éste fue mayor durante la década de 1990 en comparación con la de 1970 y 1980 en todos los niveles de aplicación de N, a excepción de la categoría más baja (20 a 60 kg de N ha<sup>-1</sup>) (**Tabla 1**). Los niveles de rendimiento también mostraron incrementos a través del tiempo a cualquier nivel de N, lo que implica que el cultivo demandó menos N durante la década de 1980 y aún menos durante la de 1990 para mantener el mismo nivel de rendimiento que el obtenido en la década de 1970. Esto ha sido posible gracias a la introducción de cultivares de alto rendimiento que son más eficientes en el uso de N como Kufri Badshah y Kufri Bahar durante la década de 1980 y Kufri Anand, Kufri Ashoka y Kufri Sutlej en la década de 1990 (Anonymous, 2001).

El análisis de la composición varietal en los experimentos conducidos durante las diferentes décadas mostraron que en los primeros años de la década de 1970 el cultivar precoz Kufri Chandramukhi y el cultivar Kufri Jyoti de madurez intermedia fueron evaluados en 67% de los experimentos, mientras que durante la década de 1980 y 1990 estos dos cultivares fueron evaluados en 62 y 42% de los experimentos, respectivamente. Estos dos cultivares tienen un menor potencial de rendimiento y un menor FPP (**Tabla 3**) que los otros cultivares importantes de papa evaluados en los experimentos. Estos otros cultivares tienen madurez intermedia (Kufri Jawahar y Kufri Bahar) o tardía (Kufri Badshah y Kufri Sindhuri) y niveles de rendimientos y FPP más altos en comparación con los cultivares Kufri Chandramukhi y Kufri Jyoti. La proporción de estos cultivares de alto rendimiento y de madurez intermedia y tardía en los experimentos se incrementó de 23% durante la década de 1980 a 42% en la de 1990. Por esta razón, el FPP tiende a incrementarse con el tiempo a niveles similares de N, condición que es un reflejo del comportamiento varietal.

La comparación del FPP de diferentes cultivares mostró grandes diferencias (**Tabla 3**). Sin embargo, el FPP de todos los cultivares mostró una tendencia a disminuir con el incremento de los niveles de N. En cuanto a las diferencias entre los cultivares, el Kufri Ashoka tuvo el FPP más alto (487) en el rango de 20 a 60 kg de N ha<sup>-1</sup>, mientras que el Kufri Jyoti tuvo el menor FPP (392) a este nivel. A pesar de que el FPP disminuyó con el incremento en el nivel de N aplicado, la tasa de reducción varía con el cultivar.

Bajo las condiciones de India, la dosis óptima económica de N está generalmente en el rango de 181 a

**Tabla 3. Factor de productividad parcial de N (kg de tubérculos kg<sup>-1</sup> de N aplicado) y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) de algunos cultivares de papas populares en India.**

Cultivar	Promedio	----- Rango de los niveles de N, kg ha <sup>-1</sup> -----					
		20-60	61-100	101-140	141-180	181-220	>220
K. Chandra.	FPP	414	261	207	165	142	112
	Rendimiento de tubérculos	21.7	23.3	25.2	26.8	28.4	27.6
	No. de estudios	39	32	27	42	9	15
K. Jyoti	FPP	392	257	220	173	140	107
	Rendimiento de tubérculos	21.5	23.1	26.4	29.1	27.9	26.1
	No. de estudios	26	15	22	24	4	5
K. Sindhuri	FPP	451	254	230	185	195	135
	Rendimiento de tubérculos	26.9	23.3	27.7	30.8	39.0	31.6
	No. de estudios	10	11	12	11	2	4
K. Bahar	FPP	417	374	296	281	197	157
	Rendimiento de tubérculos	23.1	31.0	28.1	30.1	39.3	35.7
	No. de estudios	8	7	5	12	1	4
K. Ashoka	FPP	487	303	248	202	199	166
	Rendimiento de tubérculos	21.2	27.5	31.9	32.9	39.8	39.3
	No. de estudios	2	3	2	3	1	2
K. Badshah	FPP	444	387	229	207	202	152
	Rendimiento de tubérculos	26.7	31.4	27.5	33.6	40.4	35.6
	No. de estudios	5	5	4	9	1	6
K. Jawahar	FPP	428	372	233	176	-	140
	Rendimiento de tubérculos	22.3	33.5	29.4	31.7	-	35.0
	No. de estudios	3	1	3	3	-	3

220 kg de N ha<sup>-1</sup>, y con esta dosis el cultivar Kufri Badshah tuvo el FPP más alto (202). Los cultivares Kufri Sindhuri, Kufri Jawahar y Kufri Ashoka no están muy atrás de este nivel, mientras que los cultivares Kufri Chandramukhi y Kufri Jyoti tuvieron un FPP muy bajo (142 y 140, respectivamente). Aún a niveles de N mayores a 220 kg ha<sup>-1</sup>, los cultivares Kufri Badshah, Kufri Sindhuri, Kufri Jawahar y Kufri Ashoka tuvieron un FPP más alto que los cultivares Kufri Chandramukhi y Kufri Jyoti en el rango de 181 a 220 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Govindakrishnan et al. (1999) reportaron diferencias en la respuesta a N entre los cultivares. Estos investigadores encontraron que el cultivar Kufri Ashoka requiere de solo un tercio de la dosis de N aplicada al cultivar Kufri Chandramukhi para obtener el mismo nivel del rendimiento. Trehan (2004) también reportó que los cultivares Kufri Jawahar, Kufri Pukharaj, Kufri Sindhuri, Kufri Bahar y Kufri Sutlej tienen mejor eficiencia de uso de N que el Kufri Jyoti.

Con el transcurso de los años, los mejoradores de papa han desarrollado cultivares de alto rendimiento para poder explotar por completo los recursos climáticos incrementando a su vez la eficiencia de uso de N de estos nuevos cultivares. En consecuencia, la amplia adopción de estos cultivares por los agricultores

resultará en una mayor eficiencia en el uso de N.

Este estudio relevó que los cultivares de papa de alto rendimiento liberados regularmente en India son más eficientes en el uso de N que los cultivares viejos. En consecuencia, el objetivo de alcanzar más y más del rendimiento potencial no afectaría negativamente la eficiencia en el uso de N. Este estudio también resalta la utilidad del concepto del FPP para evaluar las implicaciones del desarrollo tecnológico en cualquier cultivo.

*Los Drs. Dua, Govindakrishnan y Lal son agrónomos especialistas en papa y el Dr. Khurana fue el anterior Director del Instituto Central de Investigación de Papa en Shimla, Himachal Pradesh, India.*

### Bibliografía

- Anonymous, 2001. Annual Report 2000-2001, Central Potato Research Institute, Shimla, India.
- Cassman, K.G., et al. 1996. Field Crops Res. 47:1-12.
- Govindakrishnan, P.M., et al, 1999. Indian. J. Agril. Sci. 69:350-354.
- Trehan, S.P. 2004. Annual Report 2003-2004, Central Potato Research Institute, Shimla, India. ❖