

Producción de materia seca y de tubérculos de papa (cv. Huinkul MAG) en respuesta a la fertilización nitrogenada en Balcarce (Argentina).

JA Saluzzo, HE Echeverría, F Andrade, M Huarte y G García Jurado.

Unidad Integrada EEA INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias UNMDP.
CC 276, 7620 Balcarce, Argentina.

Recibido: 22 de Noviembre de 1993. Aceptado: 8 de Agosto de 1994

RESUMEN

Se estudió el efecto de distintas dosis de nitrógeno (N) y momentos de aplicación sobre la producción de materia seca (MS) total y de tubérculos en condiciones de riego en Balcarce (LS:37°45'; LO:58°18').

Se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados, con cuatro repeticiones y siete tratamientos: un testigo sin nitrógeno y seis combinaciones que resultaron de dos momentos de aplicación (plantación e inicio de la formación de tubérculos) y tres niveles de N (25, 50 y 100 kg/ha). Se determinó la acumulación de MS y N en hojas, tallos y tubérculos en cuatro momentos del cultivo. Simultáneamente, se determinó la radiación fotosintéticamente activa interceptada y el Índice de área foliar.

El rendimiento de tubérculos fue máximo (16 tn/ha) con 50 kg/ha aplicados al inicio de la formación de los tubérculos. La acumulación de N en la parte aérea y la removilización del mismo a los tubérculos se produjo con anterioridad a la de MS. El incremento del suministro de N favoreció el aprovechamiento de la radiación a través del mayor desarrollo foliar y una mayor eficiencia con que la radiación interceptada fue convertida en MS. La partición de MS a los tubérculos resultó ligeramente disminuída por la aplicación de N. La aplicación de N al inicio de la tuberización produjo mayor concentración de nitratos en el suelo desde mediados del ciclo, lo cual retrasó la movilización del N desde la parte aérea hacia los tubérculos. La fertilización nitrogenada del cv. Huinkul podría efectuarse entre la plantación y el inicio de la formación de tubérculos con dosis que permitan alcanzar adecuados niveles de N mineral en el suelo durante el crecimiento de los tubérculos y que no disminuyan significativamente la partición de MS a los mismos.

Palabras claves: *Solanum tuberosum* L., fertilización nitrogenada, eficiencia de conversión, intercepción de radiación, distribución de materia seca.

The effect of N fertilization on dry matter and tuber production in potatoes (cv. Huinkul MAG) in Balcarce, Argentina.

SUMMARY

The objective of this work was to study the effect of different nitrogen (N) fertilization rates and time of application on total intercepted radiation and on total and tuber dry matter production.

The experiment was set up in a randomized complete block design with four replicates. The treatments were a control and a factorial combination of three levels of nitrogen (25, 50 and 100 kg/ha) and two moments of application (planting and tubers initiation). Dry matter (DM) and N accumulated in leaves, stems and tubers were evaluated during crop growth. Intercepted radiation and leaf area index were also measured along the growing season.

Tuber yield was maximal (16 tn/ha) with 50 kgN/ha applied at the beginning of tuber formation. N fertilization increased radiation interception and conversion efficiency. DM partition to tubers was slightly reduced by this treatment. N applied at tuber initiation increased nitrate concentration in the soil during the second half of the growing season. This delayed aboveground N remobilization to tubers. N fertilizer should be applied between planting and tuber initiation with a dosis that allows to reach adequate levels of mineral N in the soil during tuber development without significantly diminishing DM partition to tubers.

Keys words: *Solanum tuberosum L.*, nitrogen fertilization, conversion efficiency, intercepted radiation, partition.

INTRODUCCION

El rendimiento promedio del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en Balcarce se ha incrementado en los últimos años como consecuencia del control de plagas y enfermedades, de la utilización de semilla de mayor sanidad, del uso de cultivares mejorados y de la aplicación de riego y fertilizantes (Rodríguez Quijano, 1989). Con referencia a estos últimos es generalizado el uso de fósforo en cantidades superiores a las requeridas por el cultivo (Berardo *et al* 1976), ya que no produce efectos secundarios (Echeverría *et al*, 1992) excepto la elevación del nivel de fósforo extractable del suelo (Echeverría y Ferrari 1993). Un panorama diferente ocurre en torno al nitrógeno (N) puesto que tanto su deficiencia como su exceso son perjudiciales para el logro

de elevados rendimientos.

La acumulación de N en el cultivo incrementa la producción de materia seca (MS) foliar, el índice de área foliar (IAF) y la duración de la misma (DAF), pero puede disminuir la tasa de crecimiento inicial de los tubérculos (Dyson y Watson 1971, Millard y Marshall 1986, Oparka *et al* 1987). La duración del área foliar afecta la intercepción de la luz, y su vez, la cantidad de radiación interceptada está vinculada positivamente con la producción de MS total y de tubérculos (Allen 1980, Khurana y McLaren 1982). Tal vinculación se expresa por la eficiencia de conversión de la radiación solar interceptada en MS.

Si bien la producción de MS total es importante, el objetivo del cultivo es la produc-

ción de tubérculos. En condiciones de clima templado existe una relación directa entre estas dos variables. Esta se mantiene independientemente de la variedad, fecha y densidad de plantación hasta el momento en que el peso seco del follaje disminuye con la senescencia y los incrementos en el peso seco de los tubérculos explican los incrementos del peso seco total (Allen y Scott, 1980). Sin embargo, altas dosis de N pueden modificar la relación favoreciendo el crecimiento de las hojas y los tallos mas que el de los tubérculos.

Cantos (1988) estudió, para el área de Balcarce, el efecto de la fecha de plantación sobre el rendimiento del cultivar tardío Huinkul en condiciones hídricas y nutricionales no limitantes a través de los componentes ecofisiológicos del rendimiento, v.g. eficiencia con que se intercepta la radiación incidente; eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca y partición de la materia seca a los tubérculos. Para ello se utilizó tres fechas de plantación; los menores rendimientos se produjeron con las fechas de plantación temprana y tardía, debido principalmente a las mayores limitaciones en la eficiencia de conversión y de intercepción de radiación, respectivamente. Además, dicha experiencia señaló la necesidad de definir otras pautas de manejo que permitan alcanzar los rendimientos mas cercanos a los potenciales para esta región.

En condiciones de producción extensiva, la fertilización nitrogenada es una variable de manejo importante en la determinación del IAF, duración del área foliar (DAF) y por lo tanto del rendimiento final. El presente trabajo tiene por objetivos determinar el efecto de las dosis y los momentos de aplicación del N sobre la absorción del N y la producción de MS y de tubérculos en el cultivar Huinkul MAG para las condiciones del sudeste de la provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se condujo en el partido de Balcarce de la provincia de Buenos Aires. Se utilizó el cultivar Huinkul MAG que fue sembrado el 28-X-88 en un suelo Argiudol típico, franco, illítico, térmico, con 5,6 % de M.O., pH 5,7 y más de un metro de profundidad efectiva.

La preparación del suelo y labores culturales se hicieron de acuerdo a las modalidades de la zona. En el momento de la plantación se agregaron 120 kg de superfosfato triple de calcio (0-46-0) y heptacloro (84%) a razón de 11 l/ha. La semilla de papa de categoría certificada se mantuvo en cámara a 2°C hasta 20 días previo a la plantación.

La semilla cortada se trató con una mezcla de sulfato de estreptomina, benomyl y captam. La distancia entre surcos fue de 0,70 m con una densidad de 57.000 tubérculos/ha.

Los tratamientos realizados correspondieron a cuatro niveles de fertilización nitrogenada (0, 25, 50 y 100 kg/ha de N) y dos momentos de aplicación: plantación e inicio de la formación de los tubérculos (12-XII-88). El ensayo se realizó en un diseño en bloques completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de cuatro surcos de 12m de longitud. Se utilizó úrea (46-0-0) como fuente nitrogenada aplicada manualmente e incorporada con un escardillo.

Las características climáticas del ciclo en estudio se presentan en la Figura 1. El suelo se mantuvo con un contenido de agua superior al 50 % del agua útil o sea entre los potenciales de -0,04 y -0,06 MPa, para lo cual se efectuaron riegos por aspersión periódicamente.

La emergencia del cultivo se produjo el 18-11-88. Se realizaron cuatro muestreos de material vegetal a los 20, 63, 97 y 120 días después de emergencia (dde), cosechando al

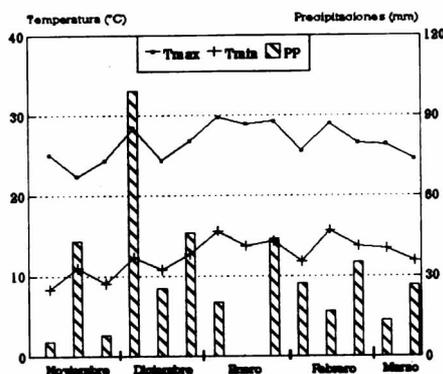


Figura 1: Promedios decádicos de las temperaturas (máxima y mínima) y las precipitaciones durante el ciclo de cultivo 1988/89.

Rainfall and mean maximum and minimum temperature (10-day periods) for the 1988/89 growing season.

azar 1,5 m lineal en los dos surcos centrales. En el último muestreo la longitud fue de 2 m. En cada cosecha se separó la muestra en tres fracciones: hojas, tallos y tubérculos. La determinación del contenido de MS para los dos primeros se hizo secando las muestras en una estufa a 60° C con circulación forzada del aire hasta peso constante. En tanto que para la fracción de tubérculos se emplearon alcuotas de cada muestra, las que luego de trozadas fueron llevadas a una estufa a 8° C hasta peso constante. Previo a la determinación de MS las hojas de dos plantas por parcela se utilizaron para estimar el índice de área foliar mediante el empleo de un medidor AAC-400 Hayashi Denkoh. Una fracción de cada una de las muestras fue molida y utilizada para la determinación de N reducido por el método de Kjeldhal (Nelson y Sommers 1973).

La interceptación de la radiación fotosintéticamente activa se midió sobre la mitad de cada parcela no sometida a cosecha periódica, con una barra Li-Cor 191 SB. Se hicieron 24 lecturas por tratamiento entre las 10,30 h y

14,00 h. El porcentaje de interceptación se determinó según la fórmula $(1-A/A_0)(100)$, siendo A el valor de la radiación que llega al suelo y A₀ el registrado por encima del cultivo. La radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo se calculó diariamente como el producto de la radiación incidente (MJ/m²) y la fracción interceptada. El cociente entre la MS producida y la radiación interceptada en un período dado se definió como la eficiencia de conversión de la radiación interceptada a biomasa (g/MJ). Esta se calculó sólo hasta los 97 dde debido a la senescencia del cultivo.

La eficiencia de removilización de reservas de la parte aérea se calculó como el cociente entre la diferencia en MS de por la parte aérea entre dos muestreos (n1 y n2) y la MS del primero, es decir $((n1-n2)/n1)$.

Se realizó el análisis de la varianza para cada uno de los muestreos y variables en estudio con un nivel de significancia entre medias del 5% para la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

.Producción de materia seca.

La producción de MS acumulada en la parte aérea del cultivo de papa presentó diferencias significativas en respuesta a la fertilización nitrogenada recién a partir de los 63 días después de la emergencia -dde- (Tabla 1). En dicho momento los tratamientos con las mayores dosis de N alcanzaron los porcentajes más altos de interceptación de la radiación, independientemente del momento de aplicación de N (Figura 2).

A los 97 dde la MS de la parte aérea aumentó ante el agregado de N. Entre los 63 y 97 dde, se produjo en el testigo una alta movilización de reservas de la parte aérea (eficiencia de removilización -ER=-0,23) comparado con los tratamientos de 100 kg de

Tabla 1: Acumulación de materia seca total, en la parte aérea y en el tubérculo en función del tiempo y para las distintas dosis de N aplicadas a la plantación (P) ó inicio de la formación de tubérculos (IT).

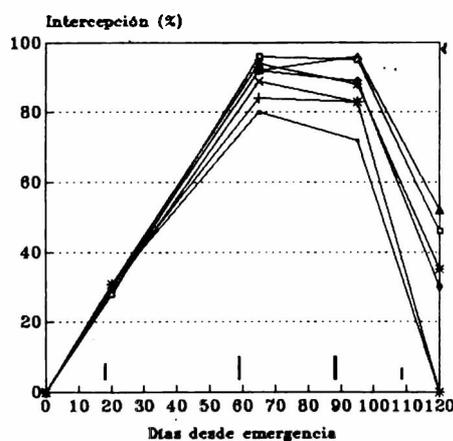
Total, canopy and tuber dry matter accumulation in potato crop as a function of time and for several rates of N applied at planting (P) or tuber initiation (IT).

TRATA MIENTOS	MOMENTO	DOSIS (Kg/ha)	PARTE AREA												TUBERCULO				TOTAL			
			DIAS DESDE EMERGENCIA																			
			20	63	97	120	20	63	97	120	20	63	97	120	20	63	97	120				
			(Kg/ha)																			
1	-	0	648	2244	1727	1246	64	5835	9594	12777	712	8079	11324	14023								
2	P	25	645	2471	1819	1182	64	4495	9166	12397	709	6966	10975	13578								
3	P	50	792	3220	2334	1870	79	5349	10179	15340	870	8570	12516	17209								
4	P	100	776	3544	3007	2713	79	5399	12990	15543	855	8940	15998	18248								
5	IT	25	648	2752	1802	1171	64	5995	8320	14143	712	8547	10121	15314								
6	IT	50	648	3012	2546	2037	64	6080	12653	16352	712	9092	15440	18388								
7	IT	100	648	3371	3347	3013	64	5633	13528	15789	712	9004	16876	18801								
(*)DMS:			ns	ns	928	755	ns	ns	2612	3430	ns	ns	3047	3186								

(*)Diferencia significativa (P<0,05)

N aplicado a plantación (ER=0,15) y a inicio de la formación de tubérculos (ER=0,01). Los bajos valores de MS del testigo se reflejaron en menores valores de IAF (1,7) y de intercepción de la radiación (Figura 2). En cambio, los tratamientos con 100 kg de N lograron un IAF igual ó mayor que 3, lo que posibilitó porcentajes de intercepción cercanos al 95% (Figura 2).

Los cambios producidos en este período (63-97 dde) por el agregado de N incrementaron no sólo la radiación interceptada, sino también la eficiencia con que ésta fue transformada en MS (Figura 3). La eficiencia de conversión de la radiación interceptada hasta los 97 dde fue de 2,0 g/MJ para el testigo, siendo de 2,4 y 2,6 g/MJ para los tratamientos con 100 kg N aplicados a la siembra y al inicio de la formación de tubérculos, respectivamente. Estos resultados son similares a los encontrados por Millard y Marshall (1986), quienes consideraron que la diferencia encontrada habría sido consecuencia de las más lentas tasas de absorción de N del testigo desde los 40 dde. Esta hipótesis es difícil de probar para este ensayo en el que se utilizó

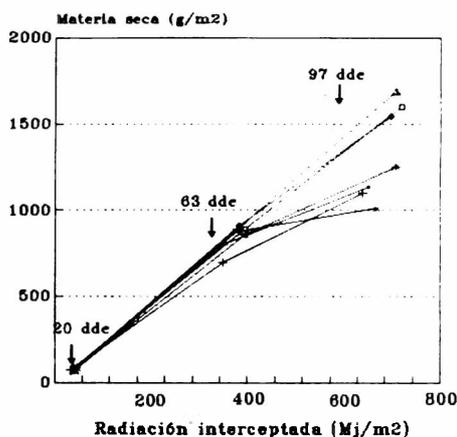


Momento	Dosis kg/ha
→ 0	0
+ P	25
* P	50
- P	100
* IT	25
+ IT	50
* IT	100

Figura 2: Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa durante el ciclo de papa en respuesta a la fertilización nitrogenada. Las barras indican las diferencias mínimas significativas (P<0,05).

Intercepted radiation as a function of time (expressed as days after emergence) and rate of N fertilization. Vertical bars represent the least significant difference (P<0,05).

una variedad de mayor longitud de ciclo en un único año de experimentación. Sin embargo, a los 63 dde el testigo presentó menor contenido de N total acumulado respecto de los trata-



Momento	Dosis kg/ha
→ 0	0
+ P	25
* P	50
→ P	100
* IT	25
+ IT	50
→ IT	100

Figura 3: Eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca durante el ciclo de cultivo de papa en respuesta a la fertilización nitrogenada. Cada punto representa la media de cuatro repeticiones.

Dry matter conversion efficiency for different rates of N application. Values are the mean of four replicates.

mientos correspondientes a las dosis de 100 kg.

En la etapa final del ciclo del cultivo, entre los 97 y 120 dde, la movilización de reservas de la parte aérea continuó siendo mayor para el tratamiento testigo (ER=0,23) que para la de ambos tratamientos con 100 kg (ER=0,10). Como consecuencia de ello, al finalizar dicho período se observó que los tratamientos con el agregado de N presentaban mayores contenidos de MS acumulada en la parte aérea (Tabla 1) y una mayor intercepción de la radiación (Figura 2), respuesta coincidente

con lo observado por Millard y Marshall (1986).

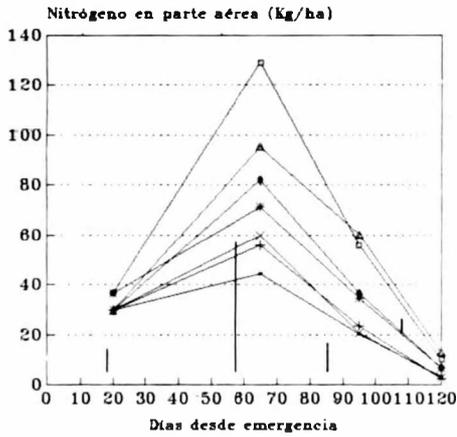
.Absorción de Nitrógeno.

El contenido de N acumulado en la parte aérea no fue distinto entre los tratamientos a los 20 dde. Los máximos contenidos y las mayores diferencias se presentaron a los 63 dde, lo cual estuvo relacionado con las dosis de N aplicadas (Figura 4). Las mayores diferencias obtenidas con el agregado de N han sido registradas con anterioridad por otros autores (Dyson y Watson 1971, Millard y Marshall 1986). A partir de dicho muestreo y hasta la madurez (120 dde), los contenidos de N en la parte aérea disminuyeron en un valor similar a los que aumentaron en los tubérculos (Figura 5). Estos se constituyeron en los destinos dominantes del N desde su formación (aproximadamente 24 dde), en coincidencia a lo expresado por Moorby (1968). Una vez iniciada la formación de tubérculos, los contenidos en la parte aérea de la planta aumentaron en la medida en que la absorción superó la tasa de acumulación de N en tubérculos, para luego iniciar la etapa de removilización de la parte aérea. En general, esta etapa comenzaría aproximadamente a los 63 dde (Figura 4).

Los tratamientos correspondientes a la dosis de 100 kgN/ha presentaron alta acumulación de N y MS en la parte aérea y mantuvieron altos valores durante la etapa de removilización. La relación entre el contenido de N en la parte aérea y el total absorbido por la planta a los 63 dde fue de 0,54 en el testigo y de 0,68 y 0,62 en los tratamientos con 100 kg aplicados a la plantación e inicio de la formación de los tubérculos, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Millard y Marshall (1986) con las dosis de 0 y 250 kgN/ha.

.Nitrógeno disponible en el suelo.

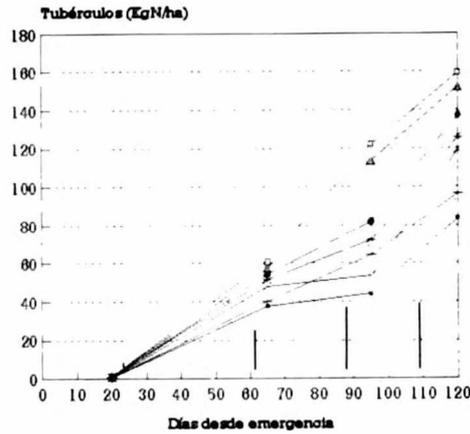
La disponibilidad de formas minerales



Momento	Dosis kg/ha
→ 0	0
+ P	25
+ P	50
+ P	100
+ IT	25
+ IT	50
+ IT	100

Figura 4: Acumulación del nitrógeno en la parte aérea de la planta de papa en respuesta a la fertilización nitrogenada. Las barras indican las diferencias mínimas significativas ($P < 0,05$).

Nitrogen accumulation in above ground parts in response to nitrogen fertilization. Vertical bars represent the least significant difference ($P < 0,05$).



Momento	Dosis kg/ha
→ 0	0
+ P	25
+ P	50
+ P	100
+ IT	25
+ IT	50
+ IT	100

Figura 5: Acumulación de nitrógeno en los tubérculos en respuesta a la fertilización nitrogenada. Las barras indican las diferencias mínimas significativas ($P < 0,05$).

Nitrogen accumulation in potato tubers in response to nitrogen fertilization. Vertical bars represent the least significant difference ($P < 0,05$).

de N en el suelo en el momento de la siembra fue de aproximadamente 50 kg/ha, la que disminuyó levemente a los 20 dde en todos los tratamientos, excepto en los fertilizados a la plantación que aumentaron en función de la dosis de N (Tabla 2). El alto valor de disponibilidad inicial explica la falta de incremento en la MS acumulada en los primeros estadios en los tratamientos de abonado.

Posteriormente, a los 63 dde, los contenidos de N mineral disminuyeron notablemente en todos los tratamientos salvo en uno. Dichas disminuciones fueron más acentuadas en los tratamientos en los que se abonó en el momento de la siembra y coincidirían con el periodo de mayor incremento de N y MS en la parte aérea. Sólo el tratamiento con 100

kg/ha aplicado al iniciarse la formación de los tubérculos difirió notablemente del resto (Tabla 2) y sería el único que manifestó una disponibilidad de N lo suficientemente elevada como para continuar satisfaciendo las demandas de la parte aérea y los tubérculos.

A partir de los 63 dde se determinó un contenido de N mineral en el suelo de aproximadamente 21 kg/ha (10,4 mg/kg) en todos los tratamientos, excepto en el de mayor dosis aplicada al inicio de la formación de tubérculos. Considerando la aguda deficiencia de N manifestada por el testigo al final del ciclo, este valor podría interpretarse como el umbral de disponibilidad de N en el suelo para el cultivo de la papa. Este umbral es similar al obtenido por Westermann y Kleinkopf (1985)

Tabla 2: Acumulación de N nitrato hasta 0,4m de profundidad en función del tiempo y para distintas dosis de N aplicadas a la plantación (P) ó inicio de la formación de los tubérculos (IT)

N nitrate content up to 0,4m depth as a function of time and for several rates of N applied at planting (P) or tuber initiation (IT).

Trata mientos	Momento	Dosis (Kg/ha)	N-nitratos (Kg/ha)			
			Días desde emergencia	0	20	63
1	-	0	50	48	12	17
2	P	25	54	53	21	19
3	P	50	55	85	21	25
4	P	100	57	123	22	22
5	IT	25	50	48	20	21
6	IT	50	50	48	28	21
7	IT	100	50	48	77	21
(*) DMS:			1,4	9,8	8,7	2,4

(*) Diferencia mínima significativa (P<0,05).

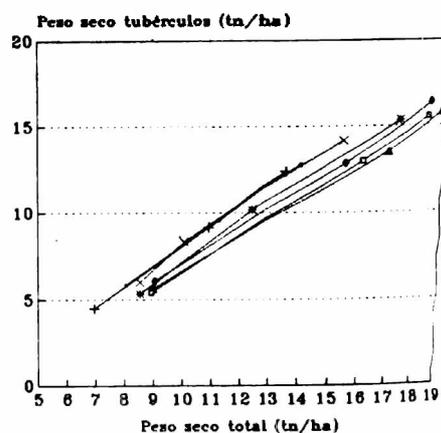
para la variedad Russet Burbank.

La determinación de la concentración de nitratos en el suelo al inicio de la formación de tubérculos (24 dde) sería un indicador de la disponibilidad de N para todo el ciclo del cultivo. Además, podría ser utilizado como una guía para efectuar recomendaciones de fertilización, lo que debería ser confirmado en futuras experiencias.

Rendimiento de tubérculos.

La fertilización nitrogenada afectó favorablemente la acumulación de N en los tubérculos en la segunda mitad del ciclo del cultivo (Figura 5) y el rendimiento de los mismos (Tabla 1). No obstante, el peso seco de los tubérculos representó el 91, 91, 89 y 84 % de la MS total en la cosecha para los tratamientos testigo, 25, 50 y 100 kg/ha de N, promedios de los dos momentos respectivamente (Figura 6). Este efecto negativo en el índice de cosecha ante dosis crecientes de N, se debería al mayor crecimiento de la parte aérea y a las menores tasas de movilización de MS desde

los vástagos (Tabla 1), lo que concuerda con lo observado por otros autores (Oparka et al 1987). Con bajas dosis de N, la demanda de nutrientes por parte de los tubérculos acelera la senescencia provocando la movilización anticipada del N.



Momento	Dosis kg/ha
→ 0	0
+ P	25
* P	50
→ P	100
→ IT	25
+ IT	50
* IT	100

Figura 6: Relación entre la producción de tubérculos y la materia seca total durante la estación de crecimiento en respuesta a la fertilización nitrogenada. Cada punto representa la media de cuatro repeticiones.

Relationship between tuber and dry matter production along the growing cycle for different rates of N fertilization. Values are the mean of four replicates.

El momento de aplicación de N no modificó la respuesta del cultivo en la producción de MS total y de tubérculos, en coincidencia con lo ya anticipado por otros trabajos (MacLean 1984, Vosset al/1974). Sin embargo, se observó una tendencia a mayores rendimientos en las dosis media y baja aplicadas al momento de iniciarse la formación de tubérculos, lo que probablemente resulte como consecuencia de la mejor partición insinuada en la Figura 6.

CONCLUSIONES

La dosis de N de 50 kg/ha aplicada al inicio de la formación de tubérculos fue la que produjo el máximo rendimiento.

La aplicación de N favoreció un mayor desarrollo y duración del área foliar que permitió incrementar la intercepción de radiación y

mantener una mayor eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. Sin embargo, estos efectos positivos del N fueron parcialmente contrarrestados al disminuir la partición de materia seca a los tubérculos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen EJ and RK Scott** (1980) An analysis of growth of potato crop. *J Agric Sci Camb* 94:583-606.
- Berardo A, J Duarte, H Echeverría, C Maneiro y E Tuñon** (1978) Evaluación de algunos factores que inciden sobre los rendimientos del cultivo de papa y diagnóstico de su fertilización. VIII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.
- Cantos de Rula, S** (1988) Rendimiento potencial del cultivo de papa en Balcarce. Causas que limitan la productividad real. Tesis Ms.Sc., Fac. Cs. Agr. UN Mar del Plata, p.51.
- Dyson PW and DJ Watson** (1971) An Analysis of effects of nutrient supply on the growth of potato crops. *Ann Appl Biol* 69:47-63.
- Echeverría HE, R Bergonzi y J Ferrari** (1992) Carbono y nitrógeno de la biomasa microbial de suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 10/11:36-41.
- Echeverría HE y J Ferrari** (1993) Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* No 112. EEA INTA Balcarce 18p.
- Harris PM** (1978) Mineral nutrition. En: *The potato crop* Ed Harris PM Chapman and Hall New York 196-243.
- Khurana SC and JS McLaren** (1982) The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. *Potato Res* 25:329-342.
- MacLean AA** (1984) Time of application of nitrogen fertilizer for potato in Atlantic Canada. *Am Potato Jour* 61:23-29.
- Millard P and B Marshall** (1986) Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. *J Agric Sci Camb* 107:421-429.
- Moorby J** (1968) The influence of carbohydrate and mineral nutrient supply on the growth of potato tubers. *Ann Botany* 32:57-68.
- Nelson DW and LE Sommers** (1973) Determination of total nitrogen in plant material. *Agron J* 65:109-112.
- Oparka KJ, HV Davies and DKL Prior** (1987) The influence of applied nitrogen on export and partitioning of current assimilate by field-grown potato plant. *Ann Botany* 59:311-323.
- Voss RE, RS Ayers, KB Tyler and DM Grimes** (1974) Effect of time and rate of nitrogen fertilization on yield and quality of White rose potatoes and on loss of nitrogen below the root zone. *Am Potato J* 51:303.
- Westermann DT and GE Kleinkopf** (1985) Nitrogen requirements of potatoes. *Agric J* 77:816-821.