

NATURALEZA DE LA FERTILIZACION Y CALIDAD DE HORTALIZAS

E. v. Wistinghausen (1) y M. Richter (2)

Recibido: 7/10/82

Aceptado: 20/4/83

RESUMEN

Se estudió la influencia de tipo y dosis de fertilizante sobre distintos componentes y el comportamiento durante el almacenaje de *Spinaca oleracea* y *Phaseolus vulgaris* var. nana en un ensayo a campo. Mientras las diferencias debidas a distintas dosis no fueron importantes, en espinaca la fertilización en forma de nitrato amónico-cálcico, superfosfato y cloruro de potasio determinó rendimientos significativamente superiores de proteína bruta, proteína neta, aminoácidos solubles y nitrato, mayor actividad de peroxidasa y menores contenidos de materia seca, azúcares totales y polisacáridos que la fertilización con compost de estiércol vacuno tratado con los preparados biológico-dinámicos. Durante el almacenamiento de la espinaca en distintas condiciones las pérdidas por descomposición, la descomposición de vitamina C y la generación de nitritos fueron sensiblemente superiores en los tratamientos con abonos minerales que en los tratamientos con compost. En el caso de los porotos, que se cultivaron después de la espinaca sin fertilización adicional, las diferencias fueron menores; pero subsistía un comportamiento semejante al de la espinaca en algunos aspectos de los ensayos de almacenaje. Se detectaron diferencias en los suelos del ensayo, debidas a los distintos tratamientos.

FERTILIZER TYPE AND THE QUALITY OF VEGETABLES

SUMMARY

The influence of type and rate of fertilization on the composition and behaviour during storage of *Spinaca oleracea* and *Phaseolus vulgaris* were studied in a field experiment. Differences due to different fertilization rates were not important. Fertilization with calcium-ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride caused higher yields, higher contents of crude protein, net protein, soluble aminoacids and nitrate, a higher peroxidase activity and lower contents of dry matter, total saccharides and polysaccharides than a comparable fertilization with composted cow manure. During storage of the spinach under different conditions the losses due to decomposition, the decomposition rate of vitamin C and the formation rate of nitrite were higher in the treatments with mineral fertilizer than in the treatments with compost. For the french beans, grown after the spinach without further fertilization, the differences were less marked, but the behaviour during storage resembled somewhat the case of the spinach. Differences in soil composition were detected among the plots with different fertilizer treatments after the experiment.

INTRODUCCION

Durante muchas décadas a partir de la obra clásica de Liebig, los mayores esfuerzos en el desarrollo de la producción agropecuaria fueron dedicados al incremento de los rendi-

mientos. Con el auge de enfoques y criterios ecológicos en los últimos años, recobraron interés otros aspectos de la producción, entre ellos el de la calidad de los productos.

En este trabajo se aportan datos y se ensayan elementos de juicio sobre la relación entre cantidad y naturaleza de la fertiliza-

-
- (1) Investigador del Instituto de Investigaciones biológico-dinámicas (Institut für biologisch-dynamische Forschung).
 - (2) Investigador del CONICET, Buenos Aires, Argentina.

ción y aspectos cualitativos de la producción, sobre la base de un ensayo a campo.

Parte de los análisis de laboratorio fueron realizados en el Instituto de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Giessen, República Federal de Alemania; los resultados se hallan publicados en la tesis doctoral de S. M. Elsaidy, 1982, circunstancia que es señalada donde corresponde.

MATERIALES Y METODOS

Sitio del ensayo

Predio del Instituto de Investigaciones biológico-dinámicas (Institut für biologisch-dynamische Forschung), Darmstadt.

Suelo

Parabraunerde sobre arena aluvial.

Cultivos

Espinaca, cultivar Matador, fertilizada según se detalla en el Cuadro 1. Siembra: 19 de marzo de 1981, densidad 6 g/m². Cosecha: 25 de mayo de 1981. Cultivo antecesor: cebollas con igual fertilización que las espinacas, seguido por un cultivo intercalar de centeno-vicia villosa, sin fertilización, incorporado como abono verde. A continuación porotos, cultivar Pfälzer Juni, sin fertilización. Siembra: 6 de julio de 1981, densidad 10 g/m². Cosecha (vainas verdes): 14 y 28 de setiembre de 1981.

Diseño del ensayo

En el Cuadro 1 se pueden observar nue-

ve variantes de fertilización con dos repeticiones, en parcelas de 2,5 x 3 m (2,4 x 2,6 m neto), dispuestas en bloques al azar.

CUADRO 1: Variante de fertilización.

Variante	Compost T/ha	NPK mineral kg/ha a.	Preparados biol.-din. b.
1	0	0	no
2	0	80/26/ 83	no
3	0	120/39/133	no
4	0	150/52/166	no
5	32	0	si
6	48	0	si
7	64	0	si
8	15	40/13/ 42	no
9	24	60/20/ 66	no

a. Como elemento.

b. Incluye los preparados para el compost (502 a 507), para el suelo (500) y para el cultivo (501).

El estiércol vacuno, proveniente de un establecimiento convencional, fue compostizado en pilas durante 6 meses en la estación fría 1980-1981. El compost utilizado para las variantes 5 a 7 fue tratado con los preparados biológico-dinámicos 502 a 507 * y las parcelas correspondientes con los preparados 500 y 501 **. En el Cuadro 2 se detallan algunos valores promedio de la composición de este material y del correspondiente a las variantes 8 y 9.

CUADRO 2: Composición promedio del compost.

	Preparado	Sin preparados
MS %	24,9	21,6
N % m.f.	0,39	0,37
P % m.f.	0,11	0,10
K % m.f.	0,32	0,30
Mg % m.f.	0,09	0,08
NH ₄ ⁺ mg % g m.s.	54	256
NO ₃ mg % g m.s.	vestigios	-

* Se trata de preparaciones obtenidas de los siguientes vegetales: 502: *Achillea millefolium*; 503: *Matricaria chamomilla*; 504: *Urtica dioica*; 505: *Quercus robur*; 506: *Taraxacum officinale*; 507: *Vale-riana officinalis*. Las cantidades agregadas al compost son del orden de pocas partes por millón.

** 500: Preparación sobre la base de estiércol vacuno; se aplica en agua al suelo. 501: Preparación sobre la base de cuarzo finamente molido; se aplica en agua sobre los vegetales, en distintos estados del ciclo según los casos.

En el momento de la aplicación, el proceso de compostización no había llegado a su fin aún, pero se hallaba algo más avanzado en las pilas tratadas con los preparados 502 a 508, que en las pilas sin dicho tratamiento.

Análisis de laboratorio

Suelos

pH: Medición potenciométrica en una suspensión suelo: agua 1: 2,5 en peso. C orgánico total y C extractable en NaOH (lábil): Richter y v. Wistinghausen (1981). N total: Richter (1980). P, K y Mg extractables (en lactato de amonio): Egnér *et al.* (1960).

Material vegetal

Los métodos empleados se hallan descritos y/o citados por v. Wistinghausen, salvo los correspondientes a los recuentos de gérmenes bacterianos, actividad de peroxidasa, contenido de vitamina C, nitritos y nitratos, que se hallan descritos y/o citados en Elsaidy (1982).

Las condiciones de almacenaje de material vegetal fueron:

- En ausencia de aire: 400 a 500 g de material fresco por variante sellados al vacío en bolsitas de polietileno de 50 micrones de espesor, a 12°C. El tiempo de almacenaje se detalla en cada caso.
- En presencia de aire: 100 a 1.000 g de material fresco en frascos de vidrio de boca ancha, de 1 1/2 litro con tapa de vidrio no hermética, que permite el intercambio gaseoso pero mantiene la humedad relativa en el interior del envase cerca del 100 por ciento. El tiempo y la temperatura de almacenaje se detallan en cada caso.

Análisis estadístico

Control de la homogeneidad de la varianza mediante la prueba de F. Determinación de la probabilidad de diferencia nula

entre promedios de tratamientos mediante la prueba de t. En caso de varianza inhomogénea en dos grupos desiguales, aplicación de la distribución de t' según Cochran (Snedecor, 1956); en caso de varianza inhomogénea en grupos de igual número de valores, uso de t para n-1 en lugar de 2 (n-1).

RESULTADOS

Las diferencias debidas a distintas dosis de fertilizantes no fueron, en general, significativas; por lo tanto, se presentan los resultados de cada variante directamente como promedio de las repeticiones y se reduce el tratamiento estadístico a la comparación de los distintos tipos de fertilización (tratamientos).

Rendimientos

El cultivo de espinaca sufrió por la acción de ratones y topos (pérdidas entre 12 y 24 por ciento), por lo cual fue necesario estimar el porcentaje de plantas perdidas en cada variante. Los rendimientos corregidos se detallan en el Cuadro 3.

Composición de los productos

En los Cuadros 4 y 5 se resumen los resultados de los análisis de espinacas y poros frescos, respectivamente.

Ensayos de almacenamiento

1. Espinaca

El Cuadro 6 resume la evolución del contenido de NO₂⁻, vitamina C, número de gérmenes bacterianos y número de gérmenes nitrificadores durante el almacenaje en ausencia de aire (Elsaidy, 1982).

Los resultados del Cuadro 7 corresponden a un almacenaje en presencia de aire, de 100 g de material fresco durante 16 días a 12°C (Elsaidy, 1982).

CUADRO 3: Rendimientos de espinaca y porotos (T/ha).

Variante		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Espinaca	a	23,4	41,0	43,7	45,4	28,6	28,2	28,1	26,0	30,3
	b	30,7	54,0	49,4	55,2	35,0	35,0	35,6	31,6	36,0
	c	3,05	4,20	3,69	4,08	3,13	3,23	3,36	2,84	2,79
Porotos	d	12,5	13,1	12,9	13,8	13,6	13,8	14,6	12,8	12,6
	e	4,03	4,44	5,14	5,84	6,11	5,42	4,72	6,12	6,25
	d+e	16,5	17,5	18,1	18,6	19,7	19,2	19,3	18,8	18,9

a = Materia fresca, bruto.

b = Materia fresca, corregida por pérdida de plantas.

c = Materia seca, corregida por pérdida de plantas.

d = Materia fresca, cosecha 14 de setiembre de 1981.

e = Materia fresca, cosecha 28 de setiembre de 1981.

CUADRO 4: Propiedades de la espinaca fresca.
Contenidos referidos a materia seca.

Variantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Materia seca %	9,9	7,8	7,5	7,4	8,9	9,2	9,4	8,9	7,8
Proteína bruta %	18,6	23,2	24,4	26,1	18,1	19,5	17,4	19,9	20,7
Proteína neta %	12,5	16,0	14,8	16,7	13,3	12,6	13,2	14,4	15,2
Aminoác. libres mgN %g	335	417	441	458	236	288	318	292	290
Azúcares tot. % (a)	17,9	12,1	15,6	11,3	16,8	18,6	16,9	15,4	16,9
Monosacáridos (b)	74,5	100	95,5	97,9	79,0	76,1	72,5	85,1	82,1
Nitrato mg %g (d)	52	600	398	430	64	165	54	108	200
Peroxidasa (c-d)	29,5	42,3	41,1	35,3	30,2	33,9	26,7	27,1	33,5

CUADRO 5: Propiedades de los porotos frescos, cosecha 14 /9/1981.
Contenidos referidos a materia seca.

Variantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Materia seca %	8,0	8,4	8,3	8,2	8,2	8,0	7,6	8,2	7,9
Proteína bruta %	27,7	26,9	25,5	25,1	27,2	22,3	29,1	24,6	22,6
Proteína neta %	9,9	11,9	9,2	11,0	12,0	10,7	9,4	9,1	10,2
Amonoác. libres mgN %g	1150	1084	1199	1078	1114	1092	1162	1110	1120
Azúcares tot. % (a)	22,2	20,3	22,2	22,4	19,6	24,1	22,9	24,0	24,5
Nitrato mg %g (d)	301	362	342	382	298	334	202	168	200
No bacterias 10 ⁶ /g (d)	23,8	9,4	1037	108	8,5	12,6	12,8	22,2	14,0

a) Como glucosa.

b) En % referido a azúcares totales.

c) mMol guayacol/g.min.

d) Elsaidy (1982).

CUADRO 6: Evolución del contenido de NO₂, vitamina C, número de gérmenes bacterianos y número de gérmenes nitratoadores en espinaca durante el almacenaje a 12°C y en ausencia de aire (Elsaidy, 1982).

Componente	Días	Variantes								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO ₂ mg % g	0	1,3	2,3	1,6	1,9	1,4	1,4	1,6	1,6	1,4
	5	1,3	10,4	8,9	7,0	1,9	1,7	1,6	3,4	9,7
Vit. C. mg % g	0	262	231	229	216	247	268	262	275	268
	5	142	65,8	86,9	54,1	152	170	180	149	124
	9	121	28,2	39,7	27,9	121	161	170	101	32,6
Nº bacterias 10 ⁶ /g	0	87,6	306	138	101	109	40,9	27,6	97,6	105
	9	13.590	43.160	19.680	7.420	2.610	370	1.600	7.130	11.070
Nº bacterias nitritadoras 10 ⁶ /g	9	25,5	59,5	53,1	53,0	28,8	28,6	50,4	28,4	31,5

CUADRO 7: Almacenaje de espinaca, 16 días a 12°C en presencia de aire - Calificación organoléptica y segregación de líquido (Elsaidy, 1982).

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Calificación (a)	3,5	4,0	4,0	4,5	3,5	1,5	2,5	4,5	5,0
Segregación de líquido (b)	18,1	10,7	21,3	20,9	20,2	0,0	0,0	6,1	16,0

(a) 1 = Estado mejor, 5 = Estado peor.

(b) ml de líquido / 100 g material fresco.

2. Porotos

El Cuadro 8 corresponde a un ensayo con porotos en presencia de aire: 1 kg de material fresco durante 20 días a 18°C.

Con material de la primera cosecha de porotos se realizaron las siguientes determinaciones: número de gérmenes bacterianos, número de gérmenes fúngicos, generación de CO₂, contenido de NO₃, desarrollo fúngico

CUADRO 8: Pérdida de peso y putrefacción de porotos durante el almacenaje, 20 días a 18°C con acceso de aire.

Variantes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pérdida de Peso %	cosecha	14,9.	5,2	5,7	5,8	5,3	5,0	6,1	4,9	6,0	4,8
	cosecha	28,9.	6,8	8,8	7,2	9,0	7,8	5,8	6,5	9,2	7,5
Putrefacción %	cosecha	28,9.	52,2	70,5	63,0	83,8	64,2	54,2	38,2	48,8	55,6
	cosecha	28,8.	41,0	20,7	29,8	7,2	28,0	40,0	55,3	42,0	36,9

(*Ulocladium consortiale*), y en ensayos de almacenaje: pérdida de peso, segregación de líquido y generación de NO₂. Ninguna de estas características presentó diferencias significativas entre variantes (Elsaidy, 1982).

Significancia de diferencias debidas a tipo de fertilización

En el Cuadro 9 se resumen las probabilidades (%) de la hipótesis nula para las diferencias de las características estudiadas en este trabajo, debidas a distintos tipos de fertilización. Las distintas dosis de cada tipo de fertilización se consideran repeticiones del tratamiento respectivo. Sólo se consignan

aquellas determinaciones para las cuales al menos uno de los pares comparados contraría la hipótesis nula.

Análisis de suelos

El Cuadro 10 resume los resultados de tres muestreos de suelo, realizados antes de la siembra de la espinaca, después de la cosecha de la espinaca y después de la primera cosecha de porotos, respectivamente.

En el Cuadro 11 se resumen las diferencias significativas entre componentes de parcelas tratadas con distintos tipos de fertilizantes. Las distintas dosis se consideran repeticiones del respectivo fertilizante.

CUADRO 9: Probabilidad de la hipótesis de diferencia nula entre promedios de tratamientos de cada tipo de fertilizante, en %

Cultivo	Determinación	Cuadro	Pares		
			M-B	M-C	B-C
Espinaca	Rendimiento materia fresca	3	1	1	-
Espinaca	Rendimiento materia seca	3	5	5	1
Porotos	Rend. m.f. 1a. cosecha	3	-	-	5
Porotos	Rend. m.f. 1a. + 2a. cosecha	3	5	-	5
Espinaca	Materia seca %	4	1	-	-
Espinaca	Proteína bruta	4	1	-	5
Espinaca	Proteína neta	4	1	-	5
Espinaca	Aminácidos libres	4	1	-	5
Espinaca	Azúcares totales	4	5	-	-
Espinaca	Monosacáridos, % de total	4	0,1	1	5
Espinaca	Nitratos	4	1	5	-
Espinaca	Peroxidasa	4	5	-	-
Porotos	Nitratos	5	-	1	-
Espinaca	Nitrato 5 días	6	1	-	-
Espinaca	Vitamina C 0 días	6	5	1	-
Espinaca	Vitamina C 5 días	6	1	5	-
Espinaca	Vitamina C 9 días	6	1	-	-
Espinaca	No de bacterias 9 días	6	-	1	-
Espinaca	Nº bacterias nitrificadoras 9 días	6	-	1	-
Espinaca	Calificación almacenaje	7	5	-	5

M = Abono mineral, variantes 2, 3, 4.

B = Compost biológico-dinámico, variantes 5, 6, 7.

C = Combinación abono mineral - compost convencional, variantes 8, 9.

CUADRO 10: Análisis de suelo de las parcelas del ensayo.

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestreo 14.3.81									
pH	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
C orgánico %	1,96	2,03	1,91	1,88	1,97	1,97	2,22	2,22	2,22
N total %	0,151	0,156	0,146	0,148	0,156	0,155	0,158	0,158	0,158
P ₂ O ₅ extr. mg %g	49	52	46	48	52	49	56	56	56
K ₂ O extr. mg %g	19	20	22	20	22	20	23	23	23
Mg extr. mg %g	10	12	10	10	10	11	11	11	11
Muestreo 1.6.81									
pH	6,4	6,6	6,6	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
C %	1,88	2,05	1,88	2,03	2,03	2,05	2,05	1,81	1,74
N %	0,139	0,152	0,139	0,152	0,147	0,152	0,162	0,141	0,126
P ₂ O ₅ mg %g	42	51	44	50	52	50	50	38	36
K ₂ O mg %g	16	19	20	25	24	24	24	18	19
Mg mg %g	9	10	10	10	11	12	12	9	9
COH en % de C	22,2	20,0	21,2	20,7	21,8	21,5	21,6	23,2	22,9
Muestreo 16.9.81									
pH	6,4	6,4	6,3	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4	6,3
C %	1,78	1,78	1,81	1,80	1,94	1,95	2,07	1,73	1,53
N %	0,133	0,126	0,140	0,146	0,144	0,143	0,155	0,129	0,113
P ₂ O ₅ mg %g	39	45	45	46	47	46	48	34	34
K ₂ O mg %g	14	14	19	21	18	18	21	13	14
Mg mg %g	9	9	8	9	10	10	11	8	8

COH = Carbono extractable en NaOH.

CUADRO 11: Efecto de la fertilización sobre los suelos del ensayo. Probabilidad de la hipótesis nula para diferencias entre promedios, en por ciento. Datos de Cuadro 11.

Determinación	Pares		
	M-B	M-C	B-C
Muestreo 1.6.			
C	-	5	1
P	-	-	1
Mg	5	0,1	1
COH/C	5	1	1
Muestreo 16.9.			
C	5	-	-
P	-	0,1	0,1
K	-	-	5
Mg	5	-	1

DISCUSION

Rendimientos

1. Espinaca

Los rendimientos de espinaca (Cuadro 3) muestran claramente una respuesta a la fertilización. Curiosamente, no se dieron diferencias debidas a distintas dosis. Por ahora, la única hipótesis establecida acerca de esta circunstancia es una falta genética de flexibilidad del cultivar de espinaca empleado, para responder a incrementos en el nivel de nutrientes en el suelo con mayores rendimientos, en las circunstancias del ensayo. De ser así, las menores dosis de fertilizante de cada tipo corresponderían ya a secciones casi horizontales de la curva de rendimien-

tos. Cabe suponer que el suministro de nutrientes por el suelo mismo haya sido relativamente importante, debido a que óptimas condiciones de humedad durante los cultivos (lluvias casi 100 por ciento superiores al promedio anual de 500 mm) debieron haber determinado una movilización superior a la normal. El suelo se halla en un elevado nivel de fertilidad y actividad biológica, teniendo en cuenta su carácter arenoso. ¿Cómo se explica, entonces, la diferencia de rendimiento entre M* y B*? Puede haber, nuevamente, una causa genética. Pero además, elevadas concentraciones de nitrógeno como NH_4^+ y NO_3^- en el suelo, determinan que la planta permanezca relativamente más tiempo en las etapas iniciales de su fase vegetativa (desde el punto de vista fisiológico) (Klett, 1968; Koepf *et al.*, 1976; Wistinghausen, 1979), en las que la generación de tejidos en el ámbito foliar presenta la mayor intensidad. Esta circunstancia engarza con los resultados del análisis de los componentes del material vegetal, que se discuten más adelante, y consti-

tuye una de las razones de peso para no desligar el aspecto cualitativo de la producción del cuantitativo.

Las diferencias entre tratamientos son bastante mayores para materia fresca (T: C: B: M = 100: 110: 114: 172) que para materia seca (T: C: B: M = 100: 92: 106: 131).

La fracción del compost aplicado que se mineraliza en el curso de un experimento varía según los casos. Sin embargo, a los efectos de comparar dosis de distintos tipos de fertilizante, se ha dado en asumir una mineralización del 50 por ciento del N del material aplicado, en el primer año (Abele, 1981). Aplicando esta aproximación a este caso, y haciéndola extensiva al P; y suponiendo una disponibilidad total del K del compost, la provisión de N, P y K asimilables debida a la fertilización, sería la indicada en el Cuadro 12.

Aún suponiendo que sólo un 30 por ciento del N orgánico aplicado se mineralizara, las variantes 7 y 9 presentarían un aporte de N por fertilización semejante al de la variante 2.

CUADRO 12: Provisión de nutrientes principales debida a la fertilización en kg/ha como elemento.

Elemento	N			P			K		
	m	c	m+c	m	c	m+c	m	c	m+c
Variante									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	80	0	80	26	0	26	83	0	83
3	120	0	120	39	0	39	133	0	133
4	150	0	150	52	0	52	166	0	166
5	0	63	63	0	18	18	0	85	85
6	0	94	94	0	27	27	0	128	128
7	0	125	125	0	35	35	0	170	170
8	40	28	68	13	18	31	42	37	79
9	60	45	109	20	12	32	66	60	126

m = contribución en forma mineral.

c = contribución en forma de compost, suponiendo 50% de mineralización del N y P orgánico, y 100% de disponibilidad del K.

* M = variantes 2, 3, 4 (abono mineral), B = variantes 5, 6, 7 (compost biológico-dinámico); C = variantes 8, 9 (abono mineral + compost convencional); T = variante 1 (testigo sin fertilización).

2. Porotos

Los rendimientos de materia fresca de porotos son bastante uniformes: T: M: C: B= 100: 110: 114: 118. Los rendimientos de las leguminosas suelen reflejar más intensamente aspectos biológicos de la fertilidad del suelo, que la provisión actual de nutrientes, siempre que no existan deficiencias marcadas de algunos de ellos (P, Ca, etc.). La secuencia $T < M < C < B$ está de acuerdo con esta circunstancia, y lo reducido de las diferencias con el buen estado de fertilidad del suelo. Eventualmente, el leve incremento de M frente a T se deba a los residuos orgánicos de la cosecha anterior, antes que a una influencia directa de la fertilización. No se determinó el contenido de materia seca de la segunda cosecha de porotos.

Composición de los productos frescos

1. Espinacas

Los datos del Cuadro 4 configuran un Cuadro bien típico, reflejo de la distinta disponibilidad momentánea de N en los distintos tipos de fertilización. Para todas las diferencias observadas existen antecedentes (Klett, 1968; Koepf, *et al.*, 1976; Samaras, 1977; Schuphan, 1961; Wistinghausen, 1979).

El Cuadro 13 presenta los datos del Cua-

dro 4 transformados para una mejor visualización de las diferencias.

Los tejidos fisiológicamente jóvenes (inmaduros) presentan mayores contenidos de agua, proteína bruta, proteína neta y nitrógeno soluble (nitratos y aminoácidos), mayor actividad de las enzimas de la cadena oxidativa, menor contenido de azúcares totales y un menor grado de polimerización de los azúcares totales, en comparación con sus similares más maduros; y esta es justamente la diferencia entre los productos de los tratamientos con nitrógeno amoniacal-nítrico y orgánico, respectivamente.

En el caso de la espinaca el contenido de nitratos es particularmente importante. Un producto como el de las parcelas M no puede ser industrializado sin un tratamiento previo con vapor, pero éste, además de arrastrar los nitratos, arrastra y destruye parcialmente a otros componentes por igual (sales, vitaminas), reduciendo aún más el valor como alimento.

Merece ser señalado especialmente que cantidades de compost tan elevadas de como las de la variante 7 (64 T/ha) no produjeron acumulaciones excesivas de nitrato en el producto.

El grado de madurez fisiológica de un producto no sólo es un criterio de calidad integral importante desde el punto de vista del consumidor. Hay buenas evidencias (Krauss, 1969; Martinec y Felkova, 1969; Yarwood,

TABLA 13: Influencia de la fertilización sobre los componentes de la espinaca.

Relaciones	T:	B:	C:	M
Materia seca	100	92,6	84,3	76,4
Proteína bruta	100	98,6	109,1	132,1
Proteína neta	100	104,3	118,5	126,7
Aminoácidos libres	100	83,8	86,9	130,9
Azúcares totales	100	97,4	90,2	72,6
Monosacáridos, % de azúcares totales	100	101,8	122,2	131,3
Nitrato (Elsaidy, 1982)	100	181	296	915
Actividad peroxidasa	100	102,6	102,7	134,1

Provisión de NH_4^+ y NO_3^- mineral: $T = B < C < M$
 Provisión de materia orgánica con la fertilización: $T = M < C < B$

1973) de un aumento de la susceptibilidad de los tejidos vegetales frente a agentes fitopatógenos debido a incrementos en la concentración de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular en dichos tejidos.

2. Porotos

La primera cosecha no presenta variaciones importantes en la composición (Cuadro 5); las razones podrían ser semejantes a las que eventualmente determinaron rendimientos similares para las distintas fertilizaciones.

Comportamiento durante el almacenaje

Espinaca y porotos (vainas verdes) no se almacenan habitualmente en estado fresco, más allá de las demoras en el consumo determinadas por la distribución y comercialización. Los ensayos de almacenaje deben ser vistos, por lo tanto, en función de este último aspecto y sobre todo como un recurso más para evaluar calidad.

1. Espinaca

El Cuadro 6 evidencia nuevamente claras diferencias de calidad de la espinaca en función de la fertilización, sobre todo en la comparación **M-B**: todas las diferencias señalan la superioridad de **B**, y con excepción del contenido de nitritos antes del almacenaje y de los recuentos de bacterias, todas las diferencias son significativas en el par señalado (Cuadro 9). El contenido de NO_2^- de **T** antes y después del almacenaje es aún inferior al de **B**, de acuerdo con su bajo contenido de NO_3^- inicial (Cuadro 4). Consecuentemente, el número de gérmenes nitrificadores es más bajo en **T** que en todos los tratamientos restantes. En cambio el remanente del contenido de vitamina C al cabo de 9 días es menor en **T** (46 por ciento del valor inicial) que en **B** (58% del valor inicial, en promedio); y el aumento del número de gérmenes bacterianos por almacenaje es mayor en **T** (factor 155) que en **B** (factor 30 promedio). Sin embargo, en el tipo de tratamiento estadístico

elegido, las diferencias que incluyen a **T** no son significativas por falta de repeticiones (ver comienzo de la sección Resultados).

Las características de **C** son intermedias entre las de **M** y **B** en cuanto a la evolución de NO_2^- , destrucción de vit. C y proliferación de gérmenes bacterianos y similar a **B** en cuanto a número de gérmenes nitrificadores.

El Cuadro 7 es un ejemplo de los resultados que se obtienen con ensayos de almacenaje muy sencillos. La gama de variación de las características organolépticas es amplia: los colores varían entre verde pálido y pardo oscuro, pasando por matices amarillentos; la estructura de las hojas se ve más o menos intacta en las variantes mejores hasta llegar a una masa semisólida homogénea en las peores; el olor varía entre el típico de las hojas frescas, aunque algo atenuado, en las variantes mejores, y un intenso olor a cloaca en las peores. La reproductibilidad de estos resultados es buena. En el caso de los datos aquí presentados, la significancia de las diferencias se ha visto reducida, después de todo, debido a la influencia de las dosis, no contemplada en el tratamiento estadístico común dado a todos los resultados.

2. Porotos

Los resultados del Cuadro 8 corresponden a un ensayo semejante al del Cuadro 7, pero consignando pérdida de peso y putrefacción. La primera cosecha no presenta diferencias importantes, pero en la segunda se manifiesta nuevamente el tipo de fertilización y también las distintas dosis de fertilizantes. Con respecto a la significancia de las diferencias vale lo dicho al final del apartado anterior para la espinaca. Por ahora no se está en condiciones de explicar por qué la segunda cosecha de vainas verdes refleja diferencias de la fertilización y la primera no, en las condiciones establecidas.

Análisis de suelos

En general no es fácil verificar diferencias de importancia entre las parcelas de suelo so-

metidas a distintos tratamientos en un ensayo de pocos meses. Sin embargo, por tratarse de un suelo arenoso (5% de arcilla), que durante el período del ensayo ha tenido un metabolismo relativamente intenso y tratamientos considerablemente diferentes, se insinúan diferencias (Cuadro 10) cuya significancia se resume en el Cuadro 11. Como en el caso de los productos vegetales, los resultados justifican ignorar diferencias de dosis. Estas se tratan como repeticiones de un mismo tipo de fertilización. Sin embargo, las razones que propusimos para explicar la no manifestación de distintas dosis en los productos vegetales, no se aplican al caso de los suelos. Para intentar una explicación en este último caso, sería necesario poder discriminar entre la proporción con que contribuye al dato analítico el suelo mismo y el fertilizante, como además conocer los efectos que produce el agregado de distintos tipos de materiales al metabolismo del suelo mismo (efectos de activación o "priming"). Ello no es posible en el caso de este ensayo.

Por el contrario, una solución de las incógnitas planteadas podría eventualmente contribuir a esclarecer la falta de respuesta de los cultivos a diferentes dosis (véase comienzo de la sección Discusión). Las diferencias de N presentan variaciones grandes en cada tratamiento y no son significativas. P y K presentan diferencias significativas solamente en los pares que incluyen a C, cuyos valores son los más bajos y similares a los del testigo. También en cuanto a los restantes datos: C orgánico, Mg y COH, el tratamiento C se parece al testigo. No intentamos explicar la semejanza entre C y T en el contexto de este trabajo. El par M-B presenta diferencias significativas de los contenidos de carbono, Mg y COH, todas a favor de B. Las diferencias de C orgánico y COH son comprensibles de acuerdo con los tratamientos. Si a la diferencia de C orgánico de 0,19 por ciento referido a suelo entre B y M en el último muestreo se le resta la diferencia de 0,11 por ciento ya presente en el primer muestreo (y debida, al menos en parte, a la fertilización orgánica en B), resulta una diferencia adicio-

nal de 0,08 por ciento, equivalente a 4,8 T/ha. de materia seca en los primeros 20 cm de suelo. Esta diferencia solo es explicable por un efecto de activación de la mineralización de la materia orgánica ("Priming") por parte del fertilizante mineral (Kononova *et al.*, 1972), efecto no siempre tenido en cuenta en la interpretación de ensayos de fertilización. (Efectos de esta naturaleza también obrarían en el caso de las variantes C). Las diferencias de COH entre M y B son muy pequeñas pero significativas, gracias a la muy reducida dispersión de los datos, concordando con experiencias anteriores (Richter y v. Wistinghausen, 1981). Las significativas diferencias halladas en los contenidos de Mg no son un caso aislado: a igualdad de demás condiciones, suelos bajo manejo biológico-dinámico tienden a presentar contenidos de Mg superiores a los de sus similares bajo manejo convencional (v. Wistinghausen, n.p.).

CONCLUSIONES

La naturaleza del fertilizante repercute en las propiedades de las hortalizas fertilizadas. En términos generales, las variantes fertilizadas con compost son fisiológicamente más maduras en el momento de la cosecha, que las fertilizadas con una mezcla de nitratos amónico-cálcico, superfosfato y cloruro de potasio, a niveles comparables de nitrógeno disponible a lo largo del ciclo del vegetal. Esta diferencia es tanto más marcada cuanto más elevadas son las dosis de N en ambas variantes.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Abele, U., 1981. Comunicación personal.
- 2) Egnér, H., H. Riehm und W. R. Domingo, 1960. Citado en E. Schlichting und H. P. Blume, Bodenkundliches Praktikum. Verlag Paul Parey, Hamburgo y Berlín, 1966, págs. 87-90.
- 3) Elsaidy, S. M., 1982. Das Nachernteverhalten von Gemüse, insbesondere Spinat unter Berücksichtigung der Nitritanreicherung in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen und von der Düngung. Dissertation Giessen.
- 4) Klett, M., 1968. Untersuchungen über Licht- und Schattenqualität in Relation zum Anbau

- und Test von Kieselpräparaten zur Qualitätshebung. Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt.
- 5) Koepf, H. H., B. D. Pettersson and W. Schumann, 1976. *Bio-Dynamic Agriculture*. The Anthroposophic Press, Spring Valley, New York.
 - 6) Koepf, H. H., B. D. Pettersson and W. Schumann, 1976. *Bio-Dynamic Agriculture*. The Anthroposophic Press, Spring Valley, New York, págs. 360-386.
 - 7) Kononova, M. M., y Y. N. Mishustin and E. A. Shtina, 1972. Microorganisms and the transformation of soil organic matter. Research, results and tasks. *Soviet Soil Science*, 4 (2): 202-212.
 - 8) Krauss, A., 1969. Einfluss der Ernährung der Pflanzen mit Mineralstoffen auf den Befall mit parasitären Krankheiten und Schädlingen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 124: 129-147.
 - 9) Martinec, T. und M. Felkova, 1959. Einfluss verschiedener Dünger auf die antibakterielle Aktivität des Hanfes *Cannabis sativa*. *Pharmazie* 14: 276-279.
 - 10) Richter, M., 1980. Mejoras en la determinación de amonio por destilación. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 1 (2): 1-9.
 - 11) Richter, M. und E. v. Wistinghausen, 1981. Unterscheidbarkeit von Humusfraktionen in Böden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 144 (4): 395-406.
 - 12) Samaras, F., 1980. Die epiphytische Mikroflora in Beziehung zu einigen biochemischen Merkmalen und zu einigen Kriterien der Verderbnisanfälligkeit ausgewählter Nutzpflanzen, insbesondere Getreide. Dissertation Gießen.
 - 13) Samaras, I., 1977. Nachernteverhalten unterschiedlich gedüngter Gemüsesorten mit besonderer Berücksichtigung physiologischer und mikrobiologischer Parameter. Dissertation Giessen.
 - 14) Schuphan, W., 1961. Zur Qualität der Nutzpflanzen. BLV-Verlagsgesellschaft, München.
 - 15) Snedecor, G. W., 1956. *Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola y biológica*. Traducción de la 5a. edición en inglés, Compañía Editorial Continental, México, 1966, pág. 128.
 - 16) v. Wistinghausen, E. Archivo de análisis de suelos del Institut für biologisch-dynamische Forschung, datos no publicados.
 - 17) v. Wistinghausen, E., 1979. Was ist Qualität? Versuche zur Qualitätsprüfung im Feldgemüsebau. Verlag Lebendige Erde, Darmstadt.
 - 18) Yarwood, C., 1973. Some principles of plant pathology II. *Phytopathology*, 63: 1324-1325.