

Respuesta de la caña de azúcar al abonamiento nitrogenado en un campo regado con "agua de cachaza"*

—————SERGIO VALDIVIA V.***, HERNAN TELLO A.***

ABSTRACT

In a field irrigated with filter cake water situated in the Peruvian northern coast, at Chicama valley, a nitrogenous fertilization experiment was carried out. Filter cake water is an effluent of sugar mill and of alcohol factory.

Sugarcane cultivar 'H32-8560' at its 4th cutting was studied. Applied N rates were: 0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg N/ha. Results indicated that there is no response either of cane or sugar to nitrogen fertilization in fields irrigated with filter cake water. There is moreover a small tendency to decrease cane yield with N fertilization. These results are contrary to the ones obtained in fields irrigated with other waters where there is always response to high N rates applications.

Besides, it was found that fertilization does not affect sucrose (determined by polarimetry, here called pol), fibre, humidity, brix (refractometric index) and purity. There was just a significant increase of reducing sugars with the increment of N rates.

Introducción

EN la Cooperativa Agraria de Producción (CAP) Casa Grande, ubicada en la costa norte del Perú (Valle del río Chicama), se usa el "agua de cachaza" para el riego de la caña de azúcar, dicha agua tiene un área de influencia de alrededor de 3 500 ha

Además, el agua de cachaza propiamente dicha (desagüe de la fábrica de azúcar) se mezcla con agua de vinaza (desagüe de la fábrica de alcohol) y con el desagüe de la población. Como resultado de esta mezcla, se forma lo que es conocido como "agua de cachaza", la cual tiene alta concentración de N, P, K y otros elementos nutritivos, lo cual incide en los mayores rendimientos y menor calidad obtenidos en los campos regados con estas aguas. Actualmente, estos campos son abonados con fertilizantes nitrogenados con cantidades similares a las empleadas en campos regados con

aguas normales (sin agua de cachaza), donde siempre se encuentra respuesta a las altas dosis de N. Esta práctica de abonar los campos regados con "agua de cachaza", se justificaría si se supone que estos suelos tienen alta concentración de materia orgánica, relativamente pobre en nitrógeno, y que además reciben con los riegos una pequeña cantidad adicional (bagacillo), lo que produciría una intensiva actividad microbiana que podría competir, por el nitrógeno disponible, con las raíces de la caña, la que quedaría momentáneamente afectada. Sin embargo, los resultados obtenidos (20, 21, 17, 18) nos demuestran que esta competencia no se presenta y por lo tanto existiría un equilibrio, de modo que la cantidad de N que se mineraliza sería suficiente para abastecer a la planta y a la vida microbiana del suelo. Las referencias internacionales sobre el uso del agua de cachaza son escasas y únicamente se ha podido encontrar que en Queensland se aplicaba al campo melazas diluidas con agua de cachaza e irrigación (9). Sin embargo, hay abundante bibliografía sobre el uso de la cachaza (sólida) como abono, en Sud-Africa (4, 5, 1), en Puerto Rico (12, 11, 15, 1), en Jamaica (8), en Guyana (3), en Colombia (14), en Cuba (2) y en Trinidad (13).

* Recibido para publicación 4 de julio 1979.

** Jefe de la Sección Química de Suelos del Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA). Apartado 22. Casa Grande. Trujillo. Perú.

*** Director del ICIA. Apartado 22. Casa Grande. Trujillo. Perú.

Los objetivos del presente estudio fueron conocer si las aplicaciones ascendentes de nitrógeno tienen algún efecto favorable en el rendimiento de caña y de azúcar, en campos regados con "agua de cachaza", y conocer bajo las mismas condiciones, su efecto en la calidad de la caña.

Materiales y métodos

El experimento estuvo ubicado en el campo Palmillo III (CAP Casa Grande), plantado con el cultivar de caña 'H32-8560' de 4º corte, (período vegetativo del 20-VIII-72 al 6-IX-73)

Los suelos estudiados son de origen aluvial; de acuerdo a la 7ª aproximación reúnen las características de un Entisol. En el Cuadro 1 se presentan las características físicas y químicas del suelo de una parcela representativa, pudiéndose apreciar que los suelos no tienen problemas de salinidad, son de textura media, calcáreos, están bien provistos de materia orgánica y de NPK y tienen una alta capacidad total de cambio.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados promedio del análisis químico del "agua de cachaza", aplicada al campo entre setiembre de 1972 y octubre de 1973.

Se empleó el diseño balanceado en bloques incompletos con 5 repeticiones (parcelas de 2 520 m²) con las siguientes dosis de nitrógeno: 0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg N/ha. La fuente usada fue la urea aplicándose manualmente el 40 por ciento antes del primer riego (10-IX-72) y el 60 por ciento a los 3 meses de edad de la caña.

Fueron aplicados 12 riegos con un volumen total aproximado de 20 000 m³/ha cosecha. El campo permaneció sin agua durante 6 meses (agosto) antes del corte. Momentos antes de la cosecha (después de la quema), fueron tomadas de cada parcela, 4 muestras de caña, realizándose el análisis de calidad (sacarosa determinada como polarización o pol, fibra, índice refractométrico o brix, azúcares reductores y humedad) en 2 muestras compuestas representativas de cada parcela. Las muestras fueron preparadas por el método de desintegración húmeda.

Cuadro 1.—Análisis químico y físico de suelos de una parcela representativa.

Capa profundidad cm	% Saturación	pH pasta	CEc* mS/cm	Análisis mecánico Dimensiones de fracciones en mm			Clasificación Textural U S D A.
				2,000-0,050	0,050-0,002	<0,002	
0-30	51,7	7,7	1,18	32,0	48,3	19,7	Franco
30-60	52,3	7,8	1,10	28,6	47,2	24,2	Franco
60-90	55,1	7,8	1,16	21,6	49,6	28,8	Franco arcilloso

Capa Profundidad cm	CaCO ₃ %	Materia Orgánica %	Carbono total %	Nitrógeno total %	Relación C/N	Nutrientes disponibles		
						N** kg/ha	P† ppm	K†† mg/100 g
0-30	4,0	3,91	2,27	0,140	16,24	65	55,6	55,2
30-60	4,3	2,74	1,59	0,132	11,9	64	29,6	55,2
60-90	5,7	1,69	0,98	0,090	10,8	47	6,7	36,0

Cationes intercambiables en meq/100 g				Cationes meq/100 g	Cationes intercambiables en % de la suma			
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
13,6	3,58	1,31	0,31	18,80	72	19	6,9	1,6
14,1	4,23	1,33	0,33	19,99	71	21	6,6	1,6
13,8	4,20	0,87	0,34	19,21	72	22	4,5	1,7

* Conductividad eléctrica del extracto de saturación

** Nitrógeno disponible estimado

† Método de Olsen

†† Extraído con acetato de amonio

Cuadro 2.—Composición química del "agua de cachaza" aplicada al campo en experimentación.

Características	$\bar{X} \pm s$ (n = 17)	Valor máximo	Valor mínimo
C.E mS/cm	1,37 \pm 0,46	2,53	0,88
pH	7,3 \pm 0,8	8,0	5,3
N total mg/l	14,5 \pm 12,7	36,4	3,1
Ca ²⁺	136,6 \pm 32,1	215,0	96,5
Mg ²⁺	37,8 \pm 12,7	62,5	23,5
K ⁺	134,4 \pm 95,4	370,0	55,5
Na ⁺	46,2 \pm 13,1	72,0	26,5
Fe ²⁺	3,0 \pm 2,9	10,0	0,1
NH ₄ ⁺	2,4 \pm 1,2	4,7	0,7
NO ₃ ⁻	5,1 \pm 4,3	17,4	0,0
PO ₄ ³⁻	12,7 \pm 15,0	48,8	0,6
Cl ⁻	82,0 \pm 48,6	202,1	35,5
CO ₃ ²⁻	0,0	0,0	0,0
HCO ₃ ⁻	465,6 \pm 103,7	646,7	308,1
SO ₄ ²⁻	220,7 \pm 134,5	473,1	30,0

Los resultados fueron procesados usando los diseños completamente al azar y balanceado en bloques incompletos, descartándose este último debido a que su eficiencia de diseño fue 0,8 con relación al primero.

Resultados y discusión

Efecto del nitrógeno en el rendimiento de caña

Según el análisis de varianza, se encontró que el nitrógeno no tuvo efecto significativo en la producción de caña. Sin embargo, el análisis de regresión determinó que hubo una relación inversa significativa entre el N aplicado y el rendimiento de caña ($r = -0,34^*$), habiéndose encontrado la siguiente ecuación de regresión:

$$\bar{Y}_c = 165,968 - 0,06975X \quad [1]$$

Donde:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_c &= \text{Rendimiento de caña, t/ha} \\ X &= \text{Dosis aplicada de N, kg/ha} \end{aligned}$$

En la Fig 1 puede apreciarse que el más alto rendimiento de caña ha sido obtenido en las parcelas que no recibieron abonamiento nitrogenado (urea). Estas parcelas han tenido un rendimiento 15 por ciento superior al rendimiento promedio de todas las parcelas

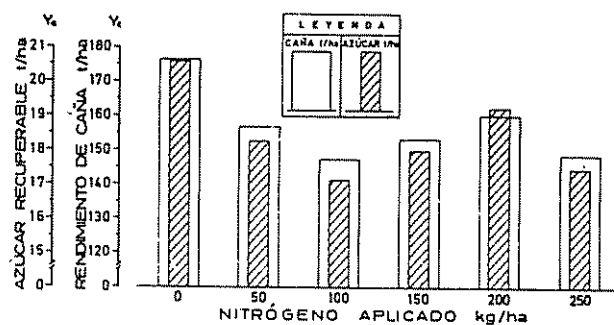


Fig 1.—Influencia de las dosis crecientes de nitrógeno en el rendimiento de caña (Y_c) y de azúcar recuperable (Y_a) en un campo regado con agua de cachaza.

que fueron abonadas con las distintas dosis estudiadas. Puede observarse igualmente que hay una tendencia del rendimiento a bajar, al aumentar las dosis de N aplicado. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Locsin, citado por Alexander (1), quien mostró claramente que fue dañino usar fertilizantes químicos en adición a las aplicaciones elevadas de cachaza (50 a 100 t/ha). Además, Samuels y Landrau, citados por Alexander (1), encontraron en tres suelos de Puerto Rico, que la aplicación de cachaza junto con fertilizantes NPK, produjo un incremento muy ligero, en rendimiento de caña comparado con el uso de únicamente fertilizantes inorgánicos. Igualmente, Davies y Vlitos (3) encontraron en Puerto Rico que la aplicación de cachaza no produjo un incremento apreciable de rendimiento cuando se usó en combinación con fertilizantes inorgánicos comerciales. Estas referencias nos indican que la caña responde a las aplicaciones de cachaza (sólida) o a las aplicaciones de bonos inorgánicos, pero no a la suma de ambos, deduciéndose que no son complementarios. Similares resultados se han obtenido en los experimentos sobre abonamiento de la caña de azúcar en campos regados con "agua de cachaza", llevados a cabo en el Perú, donde no se ha encontrado respuesta al abono nitrogenado comercial (20, 17, 18). La falta de respuesta al abonamiento nitrogenado en estos campos es lógica si tenemos en cuenta: 1º) que los suelos son ricos en nitrógeno total, siendo además la relación C/N bastante favorable (Cuadro 1), lo que permite una adecuada mineralización del N orgánico, y abastecer a la planta con N disponible. 2º) el "agua de cachaza" usada para el riego del experimento es una fuente permanente de N, incorporando en promedio (considerando los 20.000 m³/ha-cosecha de agua aplicada) 290 kg de N total, de los cuales 60 kg están directamente disponibles a las plantas y el resto podría ser de fácil mineralización debido a la favorable relación C/N del suelo. La cantidad de N aplicado por el agua de cachaza fue mucho menor al incorporado en otro experimento llevado a cabo en la CAP Cartavio (21), debido a que el agua de cachaza del presente, ha sido mezclada con aguas normales (principalmente en época de avenida), las cuales han diluido su concentración de elementos nutritivos.

Efecto del nitrógeno en el rendimiento de azúcar recuperable

No se encontró efecto del abonamiento nitrogenado en la producción de azúcar recuperable. Iguales resultados han sido encontrados en todos los experimentos bajo condiciones de riego con "agua de cachaza" (20, 17, 18). Sin embargo, como es ampliamente conocido, bajo condiciones de riego con agua de río o de pozos hay respuesta positiva del rendimiento de azúcar a las altas aplicaciones de abono nitrogenado.

En la Fig. 1 se puede observar que el tratamiento que no fue abonado dio el mayor rendimiento, aunque el mismo, según el análisis de varianza, no superó estadísticamente a ninguno de los tratamientos con las diferentes dosis de N aplicado. Además, las pequeñas diferencias de rendimiento que se observan en el gráfico no han sido lo suficientemente grandes como para encontrar una correlación inversa como en el caso del rendimiento de caña.

Los motivos por los cuales no se encontró respuesta al abono comercial aplicado, ya han sido discutidos en el párrafo anterior cuando se trató el rendimiento de caña. En forma general, se pudo apreciar que bajo las presentes condiciones, el por ciento de azúcares reductores es notablemente alto e igualmente la pureza es mucho menor si se comparan con los resultados obtenidos en campos regados con agua de río o de pozo (22, 23). A continuación pasamos a discutir cada una de las características de calidad, por separado.

Efecto del nitrógeno en la calidad de la caña

Porcentaje de sacarosa en caña. El análisis de varianza demostró que no hubo diferencias significativas en el por ciento de sacarosa determinada por polarimetría, conocida como pol, producidas por el abonamiento nitrogenado. Igualmente, el coeficiente de correlación no fue significativo. En la Fig. 2A se puede observar que el por ciento de pol prácticamente se mantuvo constante para las distintas dosis de N aplicadas. Resultados similares han sido encontrados en otros trabajos, tanto para condiciones de riego con "agua de cachaza" (20, 17, 18), como en campos regados con aguas normales (6, 7, 10, 16, 19, 22, 23).

Porcentaje de fibra en caña. Según el análisis de varianza, no hubo diferencias significativas en el por ciento de fibra para las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas. De igual modo, el coeficiente de correlación no fue significativo. En la Fig. 2B se aprecia que hay una ligera disminución del por ciento de fibra conforme aumenta el N aplicado. Generalmente, esta falta de respuesta ha sido encontrada, en campos regados con agua de cachaza (20, 17, 18).

Humedad de la caña. No se encontraron diferencias en el por ciento de humedad según las dosis de N, tanto para el análisis de varianza como para el coeficiente de correlación (Fig. 2C). Esto concuerda con los resultados encontrados en campos regados con "agua de cachaza" (20, 17, 18), donde hasta el pre-

sente, no se ha encontrado respuesta del rendimiento al abonamiento nitrogenado. Sin embargo en campos regados con agua de río o de pozos, donde por lo general hay respuesta del rendimiento a las altas aplicaciones de abonos nitrogenados, se encuentra un aumento del por ciento de humedad al aumentar la dosis de N aplicado (22, 23).

Porcentaje de azúcares reductores en caña. El análisis de varianza para el por ciento de azúcares reductores según las aplicaciones de nitrógeno dio diferencias estadísticas significativas ($F = 2,46^*$). Igualmente, el coeficiente de correlación fue altamente significativo ($r = 0,46^{**}$), habiéndose encontrado la siguiente ecuación de regresión:

$$\bar{Y}_r = 0,8524 + 0,0008614X \quad [2]$$

Donde:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_r &= \text{Por ciento de azúcares reductores} \\ X &= \text{Dosis aplicada de N, kg/ha} \end{aligned}$$

Como puede observarse en la Fig. 2D, los reductores aumentan al aumentar el N aplicado. Bajo condiciones de riego con "agua de cachaza", se han encontrado tendencias similares no significativas en el campo Viudas (17). En los campos Cartavio 3 y Montejo no hubo tendencia ni variación significativa (20, 18), coincidiendo este último caso con lo encontrado en campos regados con agua de río o de pozo (19, 22, 23).

Tenemos que tener en cuenta que el aumento de los reductores, trae dificultades en la cristalización del azúcar lo cual se traduce es una disminución de la recuperación de la misma. Este efecto negativo, se suma a la tendencia desfavorable del rendimiento de azúcar con el N aplicado, lo cual hace aún menos justificado el empleo de dicho abono en estos campos.

Porcentaje de brix en jugo absoluto. El análisis de varianza para el por ciento de sólidos solubles determinado con el refractómetro, conocido propiamente como brix, mostró que no hubo diferencias significativas con las aplicaciones nitrogenadas. De igual manera, el coeficiente de correlación no fue significativo. En la Fig. 2E se puede apreciar una ligera tendencia a aumentar el brix con el aumento de la dosis de N. Esta falta de relación entre el brix y el N, concuerda con lo encontrado en otros experimentos bajo las mismas condiciones (20, 17, 18).

Porcentaje de pureza en jugo absoluto. En la Fig. 2F se puede observar que la pureza no mostró una tendencia definida con el aumento de las dosis de N. Tampoco se mostraron diferencias significativas en el análisis de varianza realizado. Igualmente, no se encontró significación para el análisis de regresión, lo cual concuerda con otros resultados obtenidos en campos regados con "agua de cachaza" (20, 17, 18). Es interesante mencionar que los resultados muestran que a mayor cantidad de reductores, menor pureza y viceversa.

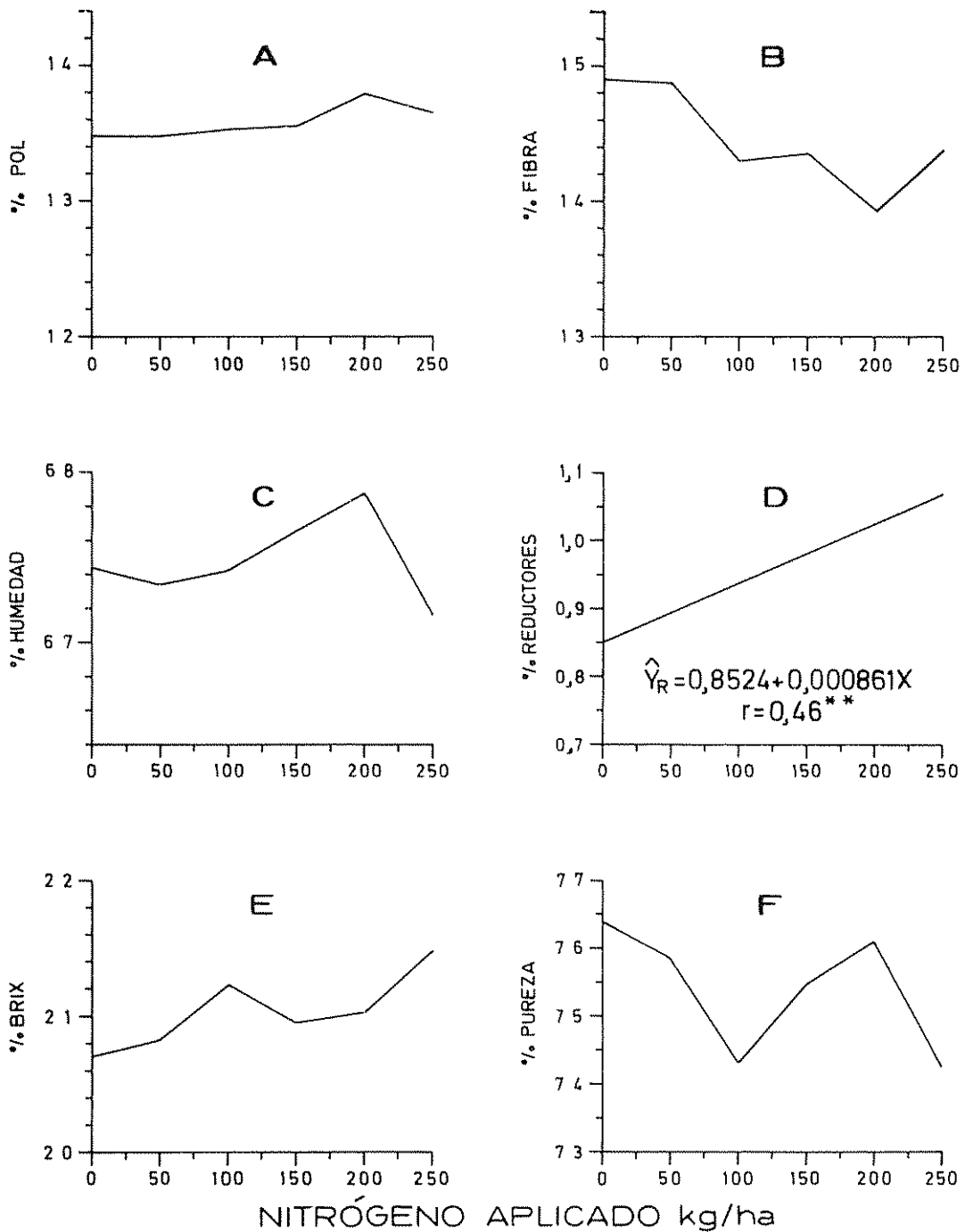


Fig 2.—Efecto de las dosis crecientes de nitrógeno en el % de pol (A), % de fibra (B), % de humedad (C), % de reductores (D), % de brix (E) y % de pureza (F)

Conclusiones

1. El "agua de cachaza" es una fuente de nutrimentos para la caña y los suelos que han venido regándose con estas aguas están bien provistos de elementos nutritivos, principalmente, N, P y K
2. Las distintas dosis de abono nitrogenado aplicadas no tuvieron ningún efecto en la producción de caña, apreciándose más bien un ligero descenso, debido a que los suelos fueron ricos en nitrógeno y a que hubo un aporte de N con el agua de riego, lo cual fue suficiente para satisfacer las necesidades de la caña de azúcar de dicho elemento
3. La producción de azúcar recuperable no sufrió variación con las distintas dosis de nitrógeno aplicado; por lo tanto, los campos regados con "agua de cachaza" no requieren del abonamiento nitrogenado comúnmente usado en el valle de Chicama
4. Bajo las condiciones del presente experimento, los reductores son mucho más altos y la pureza mucho más baja en comparación con los valores obtenidos en campos regados con agua de río o de pozo.
5. Las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo no tuvieron influencia en los por cientos de pol en caña de fibra, de humedad, de brix y de pureza
6. Hubo un aumento significativo del por ciento de azúcares reductores al aumentar las dosis de nitrógeno aplicado.

Resumen

En el valle del río Chicama, costa norte del Perú, fue conducido un experimento de abonamiento nitrogenado en un campo regado con "agua de cachaza", la cual es agua de desagüe de las fábricas de azúcar y alcohol.

El cultivar estudiado fue 'H32-8560' en su 4º corte. Los niveles de nitrógeno aplicados fueron: 0, 50, 100, 150, 200, y 250 kg N/ha. Los resultados demostraron que en campos regados con agua de cachaza, no hay respuesta de la caña ni del azúcar al abonamiento de caña, cuando se emplea dicho abono. Esto es contrario a lo encontrado en campos regados con otras fuentes, donde siempre hay respuesta a las altas dosis de nitrógeno.

Igualmente, se encontró que la sacarosa (determinada como polarización o pol), la fibra, la humedad, el índice refractométrico o brix y la pureza no variaron como consecuencia de las distintas dosis de abono aplicadas. Únicamente hubo un aumento significativo de azúcares reductores al aumentar las dosis de nitrógeno empleadas.

Literatura citada

- 1 ALEXANDER, K E F Filter cake Reprinted from the South African Sugar Journal 56 (2): Review Paper N° 6. 1972.
- 2 ALOMA, J, PEREZ, H y CUELLAR, I Advances in sugar-cane fertilization in Cuba Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 15: 608-617 1974
- 3 DAVIES, W y VLIJOS, A Fertilization of sugarcane Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 13:68-83 1968.
- 4 DODDS, H H Report on agricultural practice in the South-african Sugar Industry Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 4 (Bulletin 120), 1932 8 p
- 5 DU TOIT, J Sugarcane nutrition in South Africa Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists 8: 40-44 1953
- 6 HUSZ, G Influencia de dosis de nitrógeno aplicado sobre el azúcar recuperable en la Hda Casa Grande. Estación de Investigaciones Agrícolas Casa Grande, Trujillo, Perú Informe N° 4, 1969 4 p
- 7 ———. Efecto de NPK y sus interacciones sobre el contenido de sacarosa en caña de primer corte. Saccharum 1(1): 12-26. 1973.
- 8 INNES, R An introduction to the sugarcane agriculture of Jamaica Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists. 8: 328-358. 1953
- 9 KERR, H Molasses as a fertilizer. Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists. 4 (Bulletin 56), 1932 2 p
- 10 MACCHIAVELLO R., J. Estudio de la aplicación de N, P, y K y del diagnóstico foliar en caña de azúcar. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú, 1968. 158 p
- 11 Mc CONNIE, R C., OBEN, M y de CELIS, L. Notes on the sugar industry of Puerto Rico. Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 4 (Bulletin 86). 1932. 62 p.
- 12 OBEN, M. The cultivation of sugar cane in the South Side of Island of Puerto Rico. Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologist (Bulletin 86). 1932: 62 p.
- 13 PRASAD, M The effect of filter press mud on the availability of macro and micronutrients Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 15: 568-575
- 14 RAMOS, G Sugar cane of the Cauca Valley of Colombia. Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 8: 240:247 1953
- 15 SAMUELS, G. y CAPO, B. A survey of the agronomic practices in growing sugarcane in Puerto Rico in 1952. Proceedings of the International Society of Sugar-Cane Technologists 8: 240-247. 1953
- 16 TELLO A., H. y SALDARRIAGA A., S. Respuesta del cultivar de caña H32-8560 a la aplicación de dosis ascendentes de nitrógeno. Saccharum 2 (2): 30-54 1974
- 17 TELLO A., H. y VALDIVIA V., S. Influencia del riego con agua de cachaza en la respuesta de la caña de azúcar al abonamiento nitrogenado. 1980. Por publicarse
- 18 VALDIVIA V., S. Efecto del abonamiento nitrogenado en la producción y calidad de la caña de azúcar irrigada con agua de cachaza. 1980. Por publicarse

19. VALDIVIA V., S. y TELLO A., H. Efecto del abonamiento NP en el rendimiento y calidad de la caña de azúcar. *Saccharum* 2 (2): 55-69. 1974.
20. VALDIVIA V., S., TELLO A. H., y PONGO H., V. Respuesta de la caña de azúcar al riego con agua de cachaza y a la fertilización con NPK. *Saccharum* 3 (1): 26-43. 1975.
21. VALDIVIA V., S., PONGO H., V. y TELLO A., H. Influencia del abonamiento NPK y el aporte de nutrientes por el agua de "cachaza" en el rendimiento de azúcar. *Tecnología GEPLACEA*, Boletín 4, 1977. 12 p.
22. VALDIVIA V., S., TELLO A., H. y PINNA C., J. Efecto de la aplicación tardía del nitrógeno en el cultivar de caña H32-8560: II. Influencia de las dosis crecientes, en el rendimiento, calidad y nutrientes, así como en su variación con la edad. *Saccharum* 6 (2): 146-177. 1978.
23. VALDIVIA V., S., PINNA C., J. y TELLO A., H. Efecto de la aplicación tardía del nitrógeno en el cultivar de caña H32-8560: III. Acción de la misma, con relación a la aplicación temprana, en la calidad y nutrientes en la planta 1979. Por publicarse.

Notas y Comentarios

Avances en el uso del azúcar como materia prima química

Dos fábricas que convierten el azúcar en materiales sintéticos, normalmente obtenidos del petróleo, comenzarán a funcionar a comienzos de 1980 en Knowsley, cerca de Liverpool, Inglaterra. Construidas por la firma azucarera Tate and Lyle, las fábricas producirán unas 10 mil toneladas métricas anuales de productos químicos (*New Scientist* 23 August 1979, p. 596). Su producción será utilizada en la manufactura de una amplia gama de productos, incluso cosméticos, polvos detergentes, aditivos para alimentos y para perforación de pozos para la industria petrolífera.

Las dos plantas son el resultado de un programa de investigación y desarrollo de 20 millones de libras esterlinas (unos 44 millones de dólares al cambio reciente) que Tate and Lyle ha llevado a cabo en los últimos diez años. (Cf. *Turrialba* 29:173). El objetivo de la compañía es encontrar nuevos mercados para los enormes excedentes de azúcar que el mundo produce en el momento actual. La Comunidad Europea tiene ahora una "montaña de azúcar" de unos tres millones de toneladas métricas, la mayor parte de la cual tiene que descargarse a precios reducidos en el mercado mundial. Tate and Lyle cree que las técnicas para elaborar materiales sintéticos basados en el azúcar se volverán cada vez más atractivas conforme se eleven los precios del petróleo.

Eventualmente, Tate and Lyle espera poder producir plásticos de azúcar. Pero con la tecnología actual, esto será económico solamente si el costo del petróleo, la materia prima ortodoxa para fabricar plásticos, duplica su precio actual hasta unos 45 dólares el barril (42 galones USA = 169 litros). Por el momento, en consecuencia, la compañía se contenta haciendo otros materiales sintéticos.

Hay dos rutas básicas para hacer materiales sintéticos del azúcar. La primera, fermentar la sacarosa a alcohol, y producir después etileno usando la química convencional. El etileno es una importante materia prima del cual se hacen muchos materiales sintéticos. Los brasileños han dado el ejemplo de hacer alcohol del azúcar, el que usan como aditivo para la gasolina en los automóviles. No es difícil hacer productos químicos de esta manera, pero es caro.

La segunda ruta, que comprende el agregar otras moléculas a la sacarosa para hacer materiales, es un nuevo campo de la química. Pero ofrece la perspectiva de hacer sustancias útiles baratas. Según el Dr. Kenneth Parker, gerente general del grupo de investigaciones sobre carbohidratos de Tate and Lyle, esta ruta eventualmente haría posible producir a bajo costo plásticos del azúcar. Pero Parker no proporciona detalles del trabajo de la compañía sobre este punto debido a la competencia con otras firmas. Tate and Lyle tiene 170 personas en sus laboratorios de Reading trabajando en maneras de hacer plásticos a partir del azúcar, que pudiesen ser factibles económicamente a plazo corto.

Tate and Lyle hará dos tipos de productos químicos en sus plantas de Knowsley, mediante ambos métodos de fermentación y de "adición molecular". La compañía usará tecnología de fermentación relativamente bien probada para hacer una variedad de polisacáridos que actúan como agentes espesantes y como emulsificadores y que son agregados, por ejemplo, a pinturas y hasta a aderezos para ensaladas (como reemplazo de la yema de huevo en la mayonesa). La misma tecnología produce una gama industrial llamada "Xanthan", usada para limpiar los pozos y traer el petróleo a la superficie.

El segundo tipo de productos químicos será producido agregando nuevos materiales a la fórmula de la sacarosa. La sacarosa se mezcla con grasa, por ejemplo sebo, y se calienta con un catalizador para producir ésteres de sacarosa que se usan como "surfactantes", esto es, materiales que alteran el comportamiento de la superficie de otras sustancias con las que se mezclan. Tales materiales se agregan a los detergentes en polvo para mejorar sus cualidades. También son útiles en las industrias de alimentos y cosméticos. Otra posible aplicación es agregar los ésteres al plástico de los discos de gramófono: los ésteres de sacarosa son altamente conductores y se sostiene que liberan la carga para hacer a los discos libres de electricidad estática.

Ingeniería genética en cereales

Investigadores de la Estación Experimental de Rothamsted, en Inglaterra, han comenzado a tratar de hacer crecer cereales a partir de células aisladas cultivadas en una placa de laboratorio en vez de semillas. Si tienen éxito, el trabajo podría abrir la puerta a métodos más rápidos de mejoramiento, y hasta la ingeniería genética de nuevas plantas (*The Economist*, September 15th, 1979 p. 116).

Para el primer paso, al menos, hay precedentes (Cf. *Turrialba* 25: 127). En América del Sur, los cultivadores de claveles y orquídeas, así como en Florida para orquídeas (Cf. *Turrialba* 18:6), están obteniendo "plántulas" de placas de cultivo. El punto a su favor: más plantas producidas más rápido y con mayor seguridad que con semillas y, de esta manera, ingresos mayores en el mercadeo de lujo. El truco ha sido elaborado también por un equipo de la Universidad de Nottingham, en Inglaterra. Si esto es posible con flores, por qué no con cereales, que son cultivos alimenticios de gran importancia.

Hasta ahora, nadie ha encontrado el medio apropiado (esto es, la combinación de nutrimentos y de hormonas vegetales) para persuadir a las células de cereales a brotar hasta plantas en los frascos de laboratorio. Pero con suficiente tiempo y paciencia (y una suma de dinero no muy grande) los investigadores de Rothamsted podrían ser capaces de encontrar la fórmula mágica.

Si lo logran, un beneficio extra, al igual que con las flores de lujo, sería simplemente la capacidad de conseguir que un gran número de plántulas crezcan más rápido. Inajes de trigo resistentes a una enfermedad, por ejemplo, podrían ser

seleccionados haciendo crecer un grupo de células de trigo en un medio de cultivo infectado con la enfermedad. Las células sobrevivientes serían obviamente resistentes y lo mismo (se espera) lo serían las plantas regeneradas a partir de ellas.

Pero el Agricultural Research Council no está proporcionando los fondos sólo para eso. El premio verdadero sería la oportunidad de que estos métodos originen variedades totalmente nuevas: aquellas, digamos, que combinen las características de altos rendimientos de una planta con las características de resistencia a una enfermedad que posea otra planta.

La idea sería adoptar las técnicas ya en uso por microbiólogos para modificar genéticamente las bacterias, y que ya han merecido un premio Nobel (Cf. *Turrialba* 28:282). Estas técnicas podrían permitir a los mejoradores de cultivos tratar combinaciones de genes que ahora son imposibles. Tomemos, por ejemplo, el problema planteado por un mal desagradable, aptamente llamado en inglés "take-all" (mal del pie del trigo, *Opbiobolus graminis*), que pudre las raíces del trigo. No existe ninguna variedad resistente a esto, y los métodos químicos de combate cuando el campo ya está infectado son demasiado caros. Por otra parte, ciertas variedades de cebada son resistentes. Si uno pudiera de alguna manera incorporar la resistencia genética de la cebada al trigo, sería un gran éxito.

El problema es que las técnicas tradicionales de cruzamiento no pueden efectuarse entre el trigo y la cebada por incompatibilidad genética. Para lograr tal cruce se tiene que utilizar las técnicas de la ingeniería genética. Pero esto hace surgir toda clase de nuevos problemas.

Primero, uno tiene que identificar y purificar el gen relevante (esto es, el DNA que codifica para resistencia al mal del pie). Segundo, uno tiene que encontrar una forma de incorporar ese gen dentro del material genético de la nueva variedad. Esto involucra introducir el DNA de la cebada dentro de aquel del trigo de tal manera que el trigo acepte el DNA extraño como si fuera propio. Finalmente, uno tiene que encontrar la manera de separar las células que han incorporado la nueva característica de aquellas que no lo han hecho. La lección de la investigación sobre la ingeniería genética en bacterias es que, en las circunstancias más favorables, el proceso sigue siendo algo que salga lo que saliere. Muchas células serán inútiles.

En las bacterias este problema ha sido resuelto incorporando no uno, sino dos nuevos genes: uno el gen que se desea, el otro un "marcador". En las plantas, por ejemplo, se podría incorporar un gen extra que les dé una resistencia a metales pesados. Las células que crecieron en un medio de cultivo contaminado con el metal pesado serían aquellas que habían aceptado el nuevo material genético; aquellas que no lo hicieron, morirán.

Todo esto suena como una lista formidable de problemas. Claro que lo es. Pero se ha hecho ya un progreso promisorio. Un grupo en Rothamsted ha conseguido purificar un gen vegetal específico. De igual manera, se ha encontrado una manera de incorporar genes extraños a otras especies. En este caso, fue un DNA que codificaba a un microorganismo llamado *Agrobacterium*. Aunque esto en sí no es útil, muestra sin embargo que el método funciona.

Nuevo libro sobre enfermedades de la papa

W. J. Hooker, especialista en botánica y fitopatología y A. J. M. Smucker, especialista en suelos de cultivos, ambos de la Universidad del Estado de Michigan, en East Lansing, viajaron a Lima, Perú, en febrero de 1979. El Dr. Hooker permaneció allí hasta mediados de agosto para completar los arreglos para la traducción al castellano del "Compendio de Enfermedades de la Papa" y para completar la edición en inglés. Esta obra aparecerá en ediciones en inglés y castellano, en un esfuerzo conjunto de la universidad del Estado de Michigan, la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) y el gobierno peruano.

Plantas protegidas sin plaguicidas

Los insectos se vuelven resistentes a los plaguicidas, así que continúa la búsqueda de cultivos que son resistentes a las plagas. Tres artículos recientes en el *Journal of Economic Entomology* traen buenas noticias para los cultivadores de papa, alfalfa y tomate.

El primer artículo no da cuenta de algo nuevo, sino es una confirmación de trabajos iniciados en Inglaterra por Richard Gibson (Cf. *Turrialba* 22: 9 y 28: 7). El mismo Gibson y Ward Tingey, de la Universidad de Cornell, en New York, están estudiando las papas silvestres. Algunas de estas especies, como *Solanum berthaultii*, se protegen de los ataques de áfidos con unos pelos epidérmicos que tienen cuatro cabezas lobulares. Estas cabezas se rompen fácilmente y liberan un fluido pegajoso que rápidamente se seca y oscurece. Los áfidos que caminan sobre las hojas se pegan en estas sustancias y se mueren, sin llegar a hacer daños significativos. Gibson y Tingey encontraron que a la cigarrita verde (*Empoasca fabae*), otra plaga sería, no sólo se le pegan las patas sino que se le tapan las tráqueas con la sustancia gomosa (Cf. *Circular del CIP*, marzo 1978).

El *S. berthaultii* tiene un contenido bajo en tóxicos foliares y se cruza con relativa facilidad con la papa cultivada. Así parecen promisorios las perspectivas de papas inmunes a algunas plagas (*Journal of Economic Entomology*, Vol. 71, p. 856).

Wendell Morell, de la Universidad de Georgia, encontró que una hormiga cuyas picaduras son muy molestas, y conocida como la hormiga roja de fuego (*Solenopsis invicta*) es un predador eficaz del gorgojo de la alfalfa (*Hypera invicta*) lo que ofrece algún consuelo por las molestias que causa esta hormiga (*Ibid.* p. 867). La alfalfa puede sufrir una fuerte defoliación y aún muerte por el ataque del gorgojo. Morell tomó macollas de alfalfa infestadas con gorgojos a un invernadero junto con parte de un nido de hormigas. Para mantener vivas a las hormigas, las alimentó con grillos. Pero una vez que encontraron a los gorgojos, las hormigas destruyeron el 99 por ciento de ellos. Las plantas del invernadero que no tuvieron hormigas murieron en unas dos semanas.

El parasitismo también puede resolver algunos de los problemas del cultivo del tomate de los Estados Unidos. Tres plagas lo hacen no comercial; estas son el gusano del fruto del tomate (*Heliothis zea*); el medidor del repollo (*Trichoplusia ni*) y varias orugas (*Manduca* spp.), todos lepidópteros. Sin embargo, una pequeña avispa Chalcididae (*Trichogramma pretiosum*) pone sus huevos dentro de los huevos de los lepidópteros y los destruye. E. R. Oatman y G. R. Platner, de la Universidad de California, midieron la puesta de huevos de las plagas para descubrir cuál era el mes de mayor actividad y al mismo tiempo liberaron 200 a 300 mil avispas para que atacaran los huevos de las plagas. Las avispas atacaron hasta el 85 por ciento de los huevos de *Manduca* (*Ibid.* p. 896). Y hubo resultados similares con *Heliothis* y con *Trichoplusia*, con una correspondiente reducción en el daño a los frutos.

Publicaciones

Información Express. El Centro de Información y Documentación Agropecuaria (CIDA) del Ministerio de Agricultura de Cuba ha iniciado en 1977 la publicación de *Información Express*, la que está dividida en series tales como *Riego y Drenaje*; *Mecanización de la Agricultura*; *Protección de Plantas, Tabaco*; *Viandas, Hortalizas y Granos*; *Economía y Organización de la Agricultura, Suelos y Agroquímica*. Se trata de condensaciones de artículos de revistas de ciencias agrícolas, la mayor parte de las revistas rusas de compendios; otras de las revistas mismas. Entre estas vemos que se resumen artículos de *Turrialba*. La dirección es CIDA, Gaveta Postal 41-49, La Habana.