SELECCIÓN DE PROGENITORES, ESTIMADOS DE REPETIBILIDAD Y CORRELACIONES EN TOMATE (Lycopersiconesculentum Mill) EN CONDICIONES DE ORGANOPÓNICO

C.Moya, Marta Alvarez, J. Bonassy, M. Varela y María E. Mesa

ABSTRACT. In winter, 1992-1993 and 1993-1994, 35 tomato varieties derived from different origins were seeded for selecting parents and estimating repeatability coefficients, phenotypical correlations and path coefficients for organoponic conditions. Moneymaker, Ontario 7620, Línea 16 and Patriot UF were chosen as the best parents through I-Distance method. High repeatability coefficients were recorded on main stem height and locule number per fruit; fruit number per plant and fruit height got moderate coefficient values, whereas low values for yield. Fruit number per plant and its secondary components correlated positively with yield; however, fruit diameter and locule number correlated negatively with yield. Fruit number per plant and fruit weight showed the highest direct effects on yield.

Key words: statistics, tomato, progeny, selection, *Lycopersicon esculentum*, organoponic crop

RESUMEN. Durante las campañas de invierno 1992-1993 y 1993-1994, se sembraron 35 variedades de tomate de diferente procedencia, con el objetivo de seleccionar progenitores y al mismo tiempo estimar los coeficientes de repetibilidad, las correlaciones fenotípicas y los coeficientes de sendero para las condiciones de organopónico. Las variedades Moneymaker, Ontario 7620, Línea 16 y Patriot UF resultaron seleccionadas como mejores progenitores por el método de I-Distancia. Los caracteres altura del tallo principal y número de lóculos por fruto presentaron coeficientes de repetibilidad altos, el número de frutos por planta y la altura del fruto alcanzaron valores moderados de dichos coeficientes, mientras que estos resultaron bajos para el rendimiento. El número de frutos por planta y sus componentes secundarios correlacionaron positivamente con el rendimiento; lo contrario sucedió con el diámetro del fruto y el número de lóculos. Los caracteres número de frutos por planta y peso de los frutos tuvieron los mayores efectos directos sobre el rendimiento.

Palabras clave: estadística, tomate, progenie, selección, *Lycopersicon esculentum*, cultivo organopónico

INTRODUCCIÓN

La selección de progenitores para un programa de mejoramiento genético, resulta una fase de obligada laboriosidad para los mejoradores de plantas, dada su influencia determinante en los resultados finales del programa (Panduranga Rao *et al.*, 1985, citados por Le-minh-Hong, 1992). Una variedad para ser seleccionada como progenitor debe reunir un grupo de características deseables, las que pueden ser trasmitidas a futuras generaciones y fijadas con facilidad en nuevas líneas seleccionadas (Peeters y Williams, 1984).

La posibilidad de encontrar buenos progenitores crece con el número de variedades a explorar (Cuartero y Nuez, 1982), lo que ha obligado en los últimos años a incrementar el uso de los análisis multivariados, discriminantes u otros que permitan comparar un mayor número de genotipos (Gladys Linares, Liliana Acosta y Vivian Sistach, 1988).

El cultivo del tomate en condiciones de organopónico, introduce una gran variación en la interacción de la raíz con el medio que la rodea, lo que obliga a los productores a buscar nuevas variedades adecuadas a dichas condiciones (Villarreal, 1982 y MINFAR, 1993). El auge alcanzado con este sistema de cultivo en Cuba, cuyo número de instalaciones rebasaba los miles en diciembre de 1993, con un área mayor de 400 ha. (Rodríguez, 1994, comunicación personal), hace necesario que se tenga presente en los nuevos programas de mejoramiento.

Por tal motivo, se desarrollaron experimentos tendientes a lograr los siguientes objetivos:

- seleccionar los progenitores para los nuevos programas de mejoramiento genético,
- establecer criterios de selección adecuados a las condiciones de organopónico, sobre la base de los estimados de repetibilidad y correlaciones.

Dr. C. Moya, Investigador Auxiliar y Dra. Marta Alvarez, Investigador Titular del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal; M. Varela, investigador del Departamento de Matemática Aplicada y María E. Mesa, Especialista del Departamento de Información Científico-Tecnica, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas; J. Bonassy, Diplomante de la Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Gaveta Postal No. 18-19, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el organopónico de las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado a 23° de latitud norte y 82°12" de longitud oeste, a 138 m sobre el nivel del mar (Academia de Ciencias de Cuba,1970) en el municipio San José de las Lajas, provincia La Habana, en las campañas de invierno de 1992-1993 y 1993-1994; las condiciones climáticas en las que se desarrollaron los experimentos aparecen en la Tabla I.

bilidad y por tal motivo determinan más en la discriminación de las variedades. Se estimaron las correlaciones fenotípicas y se realizó el análisis de coeficientes de sendero, según Dewey y Lu (1959) y se consideró el rendimiento como variable dependiente.

Los valores de correlación se emplearon en el cálculo de la I-Distancia y los caracteres fueron ordenados según los valores de correlación de estos con el rendimiento, considerado el carácter más importante.

Tabla I. Comportamiento de las condiciones climáticas durante el desarrollo de los experimentos (medias mensuales)

Años	1992-1993					1993-1994				
Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad relativa del aire (%)	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad relativa del aire (%)
	Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media		
Noviembre	29.0	20.3	23.9	71.8	84	28.2	19.5	23.4	43.6	84
Diciembre	27.0	15.4	20.8	13.4	80	26.4	15.6	20.6	39.9	82
Enero	27.5	17.2	21.7	181.5	82	25.9	17.0	20.9	56.0	82
Febrero	26.0	13.8	19.6	24.3	81	28.1	17.7	22.2	80.7	84

El organopónico está construido por canaletas de asbesto cemento, utilizando una mezcla de capa vegetal procedente de un suelo Ferralítico rojo compactado (Hernández *et al.*, 1975) y materia orgánica como sustrato en una proporción de 3:1, equipado con un sistema de riego Microjet.

La siembra se realizó de forma directa el 3 de noviembre de 1992 y 16 de noviembre de 1993, en un diseño completamente aleatorizado, con cinco repeticiones por tratamiento a una distancia de 0.25 m entre plantas y 0.60 m entre hileras. Se evaluaron un total de 32 variedades y tres testigos de orígenes y usos diferentes (Tabla II), las cuales poseen resistencia a más de un patógeno del tomate (FAO, 1991 y Baldy, 1990, comunicación personal).

Las labores culturales y fitosanitarias se efectuaron de acuerdo con el Manual de organopónicos populares (MINFAR, 1993). En las variedades indeterminadas se realizaron labores de deshoje, amarre y deshije, según el Instructivo técnico para el cultivo en hidropónico (MINAGRI,1981).

Se evaluaron cinco plantas de cada variedad, excepto en las variedades indeterminadas, al segundo año, donde se tomaron diez plantas por variedad para facilitar el cálculo de la repetibilidad, el cual se realizó a partir del análisis de varianza de clasificación simple, según Becker (1967).

Los caracteres evaluados fueron: rendimiento por planta (gramos), número de frutos por planta, peso medio de los frutos (gramos), altura y diámetro del fruto (cm), número de racimos por planta, número de frutos por racimo y días hasta la primera cosecha. Las mediciones de los caracteres número de lóculos por fruto, altura de la planta (cm) y días hasta la floración se basaron sobre la media de los tratamientos, excepto en la campaña 1993-1994, donde se midieron a nivel de plantas individuales.

A los 11 caracteres en los dos años de prueba se les estimaron los coeficientes de variación, con el objetivo de seleccionar los que más contribuyen a la varia-

Tabla II. Relación de variedades evaluadas, origen, tipo de crecimiento y uso

No.	Variedad	Origen	Tipo de crecimiento	Uso
1	Rutger	EUA	I	Consumo fresco
2	Floradel	EUA	I	Consumo fresco
3	CC-2781	Cuba	I	Consumo fresco
4	Ontario-7620	Canadá	I	Consumo fresco
5	Moneymaker	EUA	I	Consumo fresco
6	INCA-D-33	Cuba	I	Consumo fresco
7	INIFAT-196	Cuba	I	Consumo fresco
8	Manalucie	EUA	I	Consumo fresco
9	Floradade	EUA	I*	Consumo fresco
10	Basket vee	EUA	D	Consumo fresco
11	HC-143-82	Cuba	D	Industria
12	HC-38-80	Cuba	D	Consumo fresco
13	INIFAT-197	Cuba	D	Consumo fresco
14	INIFAT-28	Cuba	D	Consumo fresco
15	Patriot UF	Rusia	D	Consumo fresco
16	INIFAT-97	Cuba	D	Consumo fresco
17	INIFAT-93	Cuba	D	Consumo fresco
18	Línea 7a	Cuba	D	Consumo fresco
19	HC95-86	Cuba	D	Consumo fresco
20	Fakel	Rusia	D	Industria
21	Marmande	EUA	D	Industria
22	I-14	Cuba	D	Industria
23	Saint Pierre	EUA	D	Industria
24	Ronita	Italia	D	Industria
25	Hessoline	Italia	D	Industria
26	Río grande	EUA	D	Industria
27	Arco seed	EUA	D	Industria
28	Rossol	Italia	D	Industria
29	Rimone	Francia	D	Industria
30	Petrogró	EUA	D	Industria
31	HC-78-80	Cuba	D	Industria
32	Europel	EUA	D	Industria
33	C-28	EUA	D	Consumo fresco
34	Línea-16	Cuba	D	Consumo fresco
35	Línea-61	Cuba	D	Industria

I- Indeterminada
D- Determinada
I*- Semi determinada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las variedades según el ordenamiento realizado por el método de I-Distancia; como se puede observar, la No. 5 (Moneymaker) alcanzó un valor superior a 6.5, lo que la define como la variedad que reúne mejores características; se destacaron también la No.4 (Ontario-7620), la 34 (Línea 16), con valores superiores a 5.5 y la No. 15 (Patriot UF) que mostró un valor total de 5.0. Resulta de interés resaltar el hecho de que variedades comerciales como la Floradel de amplio uso en hidropónico (Moya *et al.*, 1988), Manalucie, variedad ampliamente utilizada en cultivos tutorados con alta tecnología de producción (MINAGRI, 1991) y Campbell-28, que es la variedad comercial más utilizada en suelo (MINAGRI, 1986), quedaran en lugares muy inferiores a las primeramente mencionadas, con valores inferiores a 3.0, lo que sin duda demuestra la posibilidad de obtener líneas superiores a los testigos, para su uso en condiciones de organopónico.

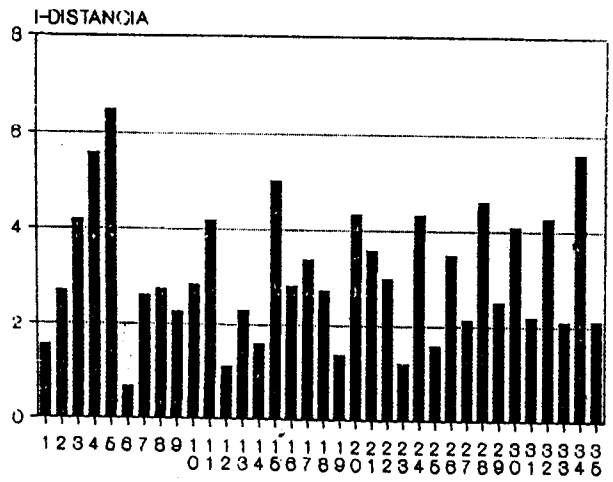

Figura 1. Resultados del análisis de I-Distancia

Entre las variedades seleccionadas, dos son de crecimiento indeterminado, dos proceden de la América del Norte, una de Rusia y una de Cuba, lo que permite predecir la existencia de suficiente variabilidad genética entre ellas.

En los análisis de repetibilidad (Tabla III), observamos que los coeficientes resultaron altos para el número de lóculos por fruto y la altura del tallo principal; intermedios para el número de frutos por planta, la altura del fruto, el peso y diámetro del fruto, el número de racimos por planta, número de frutos por racimo y los días hasta la floración así como hasta la primera cosecha. Dicho coeficiente solo resultó bajo para el rendimiento, lo que indica que este carácter está muy influido por el ambiente.

Estos resultados coinciden con los de otros autores, quienes han informado coeficientes de heredabilidad bajos para el rendimiento (Nuria Díaz, 1986) y el número de frutos por planta (Marta Alvarez, 1984), pero se contradicen con los valores encontrados por esta autora en el peso promedio del fruto, la altura de este, el número de racimos por planta y el número de frutos por racimo , lo que nos indica la necesidad de establecer criterios de selección diferenciados para la selección de variedades a utilizar en dichas condiciones. Los coeficientes de correlación encontrados (Tabla IV) resultaron significativos y positivos para el rendimiento por planta, con el número de frutos por planta, número de frutos por racimo y número de racimos por planta, y negativos con el diámetro del fruto y número de lóculos por fruto; igualmente el número de frutos por planta correlacionó positivamente con el número de frutos por racimo y el número de racimos por planta, pero de forma negativa con el número de lóculos por fruto, el diámetro y el peso de estos. Estos resultados coinciden con Olimpia Gómez (1987), en lo referente a los componentes principales, quien halló correlaciones altas y positivas entre el número de frutos por planta y el rendimiento; altas y negativas entre el peso de los frutos y el número de frutos por planta. Los resultados referentes a los componentes secundarios del peso de los frutos se contradicen con Moya (1987), quien encontró correlación positiva entre el rendimiento por planta y la altura del fruto; también se contradicen estos resultados con Gladys Verde (1987), quien encontró correlación positiva de la altura del fruto con el rendimiento.

Tabla III. Coeficientes de repetibilidad

Caracteres	Valores
Rendimiento	0.1154 ± 0.0807
Número de frutos/planta	0.5512 ± 0.1197
Peso/fruto	0.4567 ± 0.1243
Altura del fruto	0.5353 ± 0.1210
Diámetro del fruto	0.4099 ± 0.1238
Número de lóculos/fruto	0.7054 ± 0.0971
Número de racimos/planta	0.4145 ± 0.1240
Número de frutos/racimo	0.4751 ± 0.1240
Días a floración	0.3479 ± 0.0997
Días a primera cosecha	0.4032 ± 0.1129
Altura del tallo	0.6919 ± 0.0997

Al analizar la descomposición de los coeficientes de correlación total en sus efectos directos e indirectos a través del coeficiente de sendero (Tabla V), encontramos que el número de frutos por planta y el peso de estos fueron los caracteres que mayor efecto directo presentaron sobre el peso por planta. Similares resultados fueron hallados por Marta Alvarez *et al.* (1993), aunque predominó el número de frutos por planta. Ambos deben ser utilizados para la selección indirecta del rendimiento, ya que de no tenerse en cuenta en los nuevos genotipos seleccionados, predominarían los de frutos pequeños.

Los caracteres número de frutos por racimo y número de racimos por planta, que presentaron correlaciones altamente significativas con el peso por planta, tuvieron un efecto directo bajo y su influencia es realmente indirecta, a través del número de frutos por planta. Resulta de interés señalar que el número de lóculos por fruto y el diámetro de estos, que presentaron correlaciones negativas con el rendimiento, tienen ambos efectos directos e indirectos y positivos, a través del peso de los frutos, sobre dicho carácter; aunque su efecto indirecto mayor pero negativo es a través del número de frutos por planta, los demás caracteres estudiados mostraron poca influencia sobre el rendimiento.

Tabla IV. Coeficiente de correlación fenotípica

Caracteres	Número frutos/ planta	Peso/ fruto	Número fruto/ racimo	Número racimo/ planta	Número lóculos/ fruto	Altura/ fruto	Diámetro/ fruto	Altura planta	Días hasta floración	Días hasta primera cosecha
Rendimiento/ planta	0.6955**	-0.2028	0.5303**	0.4622**	-0.3414*	-0.0295	-0.3302*	0.2255	0.1791	-0.2283
Número frutos/planta	-	-0.7035**	0.4985**	0.7252	-0.7237**	-0.1526	-0.7394**	-0.0659	-0.0124	-0.2071
Peso/fruto		-	-0.1820	-0.6785**	0.6815**	0.2281	0.7625**	0.4738**	0.1200	0.3373*
Número frutos/racimo			-	0.2312	-0.2150	-0.2197	-0.2970	0.3347*	-0.1254	-0.4323**
Número racimo/planta				-	-0.6781**	-0.3633*	-0.6640**	-0.2105	0.1872	-0.0871
Número lóculos/fruto					-	0.1074	0.7051**	0.2946	-0.1166	-0.0147
Altura fruto						-	0.0526	0.1744	-0.1037	0.1012
Diámetro fruto							-	0.1767	0.1119	0.1729
Altura planta								-	0.2257	0.1181
Días hasta floración									-	0.2180

* Significativo al 0.01
** Significativo al 0.05

Tabla V. Coeficiente de sendero y efecto indirecto de diferentes caracteres en el rendimiento del tomate. Sus correlaciones con el rendimiento

Caracteres	Número frutos/ planta	Peso/ fruto	Número frutos/ racimo	Número racimo/ planta	Número lóculos/ fruto	Altura/ fruto	Diámetro/ fruto	Altura/ planta	Días hasta floración	Días hasta primera cosecha	Correlación rendimiento/ planta
Número frutos/planta	**1.0600**	-0.3161	0.0496	0.1627	-0.1084	-0.0263	-0.1944	0.0051	-0.0029	0.0362	0.6955**
Peso/fruto	-0.7457	**0.4494**	-0.0291	-0.1522	0.1021	0.0393	0.2005	-0.0366	0.0284	-0.0590	-0.2028
Número frutos/racimo	0.5285	-0.0818	**0.1597**	0.0519	-0.0322	-0.0378	-0.0781	-0.0258	-0.0297	0.0756	0.5303**
Número racimos/planta	0.7688	-0.3049	0.0369	**0.2244**	-0.1016	-0.0625	0.1746	0.0162	0.0443	0.0152	0.4622**
Número lóculos/fruto	0.7672	0.3063	-0.0343	-0.1521	**0.1498**	0.0185	0.1854	-0.0227	-0.0276	0.0026	-0.3414*
Altura/fruto	-0.1617	0.1025	-0.0351	-0.0815	0.0161	**0.1721**	0.0138	-0.0135	-0.0245	-0.0177	-0.0295
Diámetro/fruto	-0.7837	0.3427	-0.0474	-0.1490	0.1056	0.0091	**0.2630**	-0.0136	-0.0265	-0.0302	-0.3302*
Altura/planta	-0.0699	0.2129	0.0535	-0.0472	0.0441	0.0300	0.0465	**-0.0772**	0.0534	-0.0207	0.2255
Días hasta floración	-0.0132	0.0539	-0.0200	0.0420	-0.0175	-0.0178	-0.0294	-0.0174	**0.2366**	-0.0381	0.1791
Días hasta primera cosecha	-0.2195	0.1516	-0.0695	-0.0095	0.0022	-0.0174	0.0455	-0.0091	0.0516	**-0.1749**	-0.2282

Efecto residual 0.4287

Teniendo en cuenta lo discutido anteriormente, las variedades Moneymaker, Ontario 7620, Línea-16 y Patriot UF fueron seleccionadas por el método de I-Distancia como mejores progenitores; no deben descartarse las variedades Rossol (28), Fakel (20), Ronita (24), Europeel (32), CC-2781 (3), HC-143/82 (11) y Petrogró (30), que alcanzaron valores superiores a 4.0.

Los estimados de repetibilidad, correlaciones y coeficientes de sendero aconsejan el uso del número de frutos por planta en la selección indirecta para rendimiento, aunque no se debe descuidar el peso de los frutos, si tenemos en cuenta que posee correlación negativa con el número de frutos y tiene efecto directo aunque bajo sobre el peso por planta; asimismo, deben tenerse en cuenta las correlaciones negativas entre el número de frutos por planta y los caracteres relacionados con el peso de estos, si queremos seleccionar variedades de frutos grandes, las cuales son más codiciadas en los sistemas de cultivo de tomate intensivos, al elaborarse el programa de cruzamiento.

Resulta recomendable incluir los progenitores seleccionados en un diseño genético-estadístico más complejo, que permita extraer mayor información genética y hacer estimados aún más precisos en las referidas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

Academia de Ciencias de Cuba. Atlas Nacional de Cuba.- La Habana: ACC; AC de URSS, 1970.-132 p.

Alvarez, Marta. Estimados de heredabilidad del rendimiento y sus principales componentes en híbridos de tomate, sembrados fuera de época. Cultivos Tropicales (La Habana)6(3):647-660, 1984.

Alvarez, Marta /et al./. Selección de líneas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en condiciones tropicales. I. Selección de caracteres. Cultivos Tropicales (La Habana)14(1):67-70, 1993.

Becker, W. A. Manual of Procedures on Quantitative Genetics.-2 ed.-- Washington : Ed. Pullman, 1967.-- 130 p.

Cuartero, J. y F. Nuez. Precocidad en tomate para consumo fresco. Anales de Edafología y Agrobiología (Madrid)41(7-8):1439-1458, 1982.

Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico para el cultivo hidropónico.- La Habana:CIDA, 1981.-46 p.

Cuba. MINAGRI . Hortalizas. Informe final de la campaña 1985 a 1986. /MINAGRI.-La Habana:Dirección Nacional de Cultivos Varios, 1986.-50 p.

Cuba. MINAGRI. Resumen de trabajo que revisara las tecnologías de los cultivos de viandas y hortalizas en la Habana, 13 de julio de 1991. /MINAGRI.-La Habana:MINAGRI, 1991.- 41 p.

Cuba. MINFAR. Manual para organopónicos populares.- /MINFAR.- La Habana, 1993.-39 p

Dewey, D. y K. Lu. A Correlation and Path Coefficient Analysis of Components of Crested Wheatgrass Seed Production. Agronomy Journal 51(9), 1959.

Díaz, Nuria. Producción de híbridos de tomate mediante el uso de la androesterilidad. /Nuria Díaz.-Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas); INIFAT, 1986.

FAO. Características agronómicas y genotípicas de cultivares de tomate para el mercado fresco. /FAO.-Santiago de Chile:Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimentarios, 1991.-135 p.

Gómez, Olimpia. Resultados del mejoramiento del tomate por inducción, cruzamiento y parámetros genéticos. /Olimpia Gómez.- Tesis de grado. (Dr. en Ciencias Agrícolas); INCA, 1987.

Hernández, A. /et al./. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Suelos (La Habana)23:1-25, 1975.

Le-minh-Hong. Selección de progenitores para el mejoramiento genético del tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en siembras fuera de época óptima. /Le-minh-Hong.-Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas); INCA, 1992.

Linares, Gladys, Liliana Acosta y Vivian Sistach. Estadística multivariada. /Gladys Linares, Liliana Acosta, Vivan Sistach.- La Habana : Universidad de la Habana, 1986.-320 p.

Moya, C. Estudio de la variabilidad morfoagronómica en tomate (Lycopersicon esculentum Mill)y su uso en la selección de líneas adaptadas a las condiciones tropicales. /C. Moya.-Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas), INIFAT, 1987.

Moya, C. .../et al./. Evaluación de variedades de tomate en condiciones de cultivo hidropónico. INIFAT. Reporte deinvestigación. (La Habana), 1988.-11 p.

Panduranga Rao /et al./. Genetic Divergence Analysis in Sugar Cane. Genet. Agr. (Roma)39:237-248, 1985.

Peeters, J.P. y J.T. Williams. Towards Better Use of Genebanks with Special Reference to Information. IBPGR Newsletter (Roma)60:22-32, 1984.

Verde, Gladys. Comportamiento del rendimiento y caracteres morfológicos de plantas y frutos en siete variedades de tomate obtenidas en Cuba para época óptima de siembra. Análisis de algunas correlaciones fenotípicas. /Gladys Verde.-La Habana : ISCAH, 1987.-12 p.

Villarreal, R. L. Tomatoes. /R. L. Villareal.- San José : IICA, 1982.- 184 p.

Recibido: 7 de febrero de 1995
Aceptado: 3 de marzo de 1995