UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE ESPARRAGO (Asparagus officinalis L.) EN MARIN, N. L. 1988-1993.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARIA CECILIA MORALES BROMAN

MARIN, N. L. DICIEMBRE, 1993

FAUAN
5

2103

TL
SB325
.M6
1993
c.1

1080110813

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE ESPARRAGO (Asparagus officinalis L.) EN MARIN, N. L. 1988-1993.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARIA CECILIA MORALES BROMAN

MARIN, N. L. DICIEMBRE, 1993

TL
SB325
.M6
1993

BMU Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE ESPARRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN MARIN, N.L. 1988 – 1993.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARIA CECILIA MORALES BROMAN

MARIN, N.L. DICIEMBRE, 1993.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

TESIS

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE ESPARRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN MARIN, N.L. 1988 - 1993.

ELABORADA POR:

MARIA CECILIA MORALES BROMAN

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS

ING. M. Sc. FERMIN MONTES CAVAZOS
ASESOR PRINCIPAL

Ph. D. EMILIO OLIVARES SAENZ
ASESOR ESTADISTICO

ING. M. C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ
ASESOR AUXILIAR

ING.M.C.JESUS MARTINEZ DE LA C.
ASESOR AUXILIAR

DEDICATORIA

A Mis Padres

Rafael y Vivian

A Mi Hermano y Cuñada

Pedro y Jeanne

A Mis Primos

Ana Luisa y Jorge

Fabiola y Juan Carlos

A Mis Sobrinitos

Jorge Luis y Ana Maria

A Mi Amiga

Elisa C. de Santos

A Las Familias

Amézcua García

Faudoa Cueva

Haro Goméz

Con especial cariño

A Mis Tutores y Padrinos

Sres. Leonel Salazar G. y María del Socorro De León de Salazar

A Sus Hijos

Sonia y Julio

Julio y Marcelo

Sandra

Francisco y Jessica

Jessica

Cecilia

Leonel

Emelina

Al Abuelo Sr. Gaspar De León

Con gran cariño y respeto por recibirme en su hogar como un miembro más de su familia.

A Mis Compañeras y Amigas, Ingenieras

Rocio Amézcua García y Rosa Maria Marquéz Jimenez

A La Memoria del Ing. Manuel de Jesús Jimenez Marquéz

AGRADECIMIENTO

Al M. Sc. Fermín Montes Cavazos

Por su apoyo, paciencia y sus acertados consejos en la elaboración y revisión de este trabajo.

Al M.C. Maurilio Martínez Rodriguez

Por su colaboración en la asesoría y revisión de este trabajo.

Al Ph D. Emilio Olivares Saenz.

Por su colaboración en la asesoría y revisión de este trabajo.

Al M.C. Jesús Martínez de la Cerda

Por el apoyo brindado y toda su ayuda en la elaboración de este trabajo.

A los integrantes del Proyecto de Producción de Semillas y Hortalizas, a los señores Felipe Saenz R., Macario Saenz R. y Javier Muñóz H. especialmente al Técnico Agrícola Sr. Alejandro Peña Charles y a la Sra. Maria de Jesús Molina G.

Mi agradecimiento al Ing. Austreberto Martínez Graciano y al Técnico Agrícola Sr. Fermin Ramirez O. quienes en un principio aportaron su ayuda y buenos consejos.

También deseo agradecer a todos los maestros, compañeros y trabajadores, quienes de alguna u otra forma participaron en la realización de este trabajo.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
Importancia económica	2
Producción y costos	2
Valor nutricional	10
Origen y descripción botánica	13
Características de la planta	13
Propagación	25
Clasificación de variedades	32
Características para la selección	38
Condiciones ecológicas	40
Manejo y establecimiento del cultivo	45
Selección del terreno	45
Preparación del terreno	45
Fechas y métodos de siembra	46
Cuidados en la plantación establecida	52
Labores de cultivo	54
Cosecha	69
Manejo de post - cosecha	76
Almacenamiento	77

Página

III. MATERIALES Y METODOS 79

Materiales 79

Descripción y localización del terreno 80

Clima de la región 80

Suelo de la región 81

Métodos 82

Diseño del experimento 82

Hipótesis experimental 82

Variables consideradas 83

Descripción del experimento 83

Croquis del terreno 84

Desarrollo del experimento 85

IV. RESULTADOS 91

V. DISCUCION 106

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 108

VII. RESUMEN 109

VIII. BIBLIOGRAFIA 110

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Superficie sembrada y cosechada de espárrago en la República Mexicana para el año de 1990. 3

Cuadro 2. Primer año: Producción de plantas en almácigo (se requieren 2,000 m^2 para producir la planta para una hectárea). 4

Cuadro 3. Segundo año: Al año de sembrada se trasplanta la corona. 4

Cuadro 4. Tercer año: Se inicia la primer cosecha comercial. 5

Cuadro 5. Composición nutritiva del espárrago por 100 g de materia seca. 12

Cuadro 6. Herbicidas de preemergencia y postemergencia recomendados para el espárrago. 74

Cuadro 7. Clasificación de los turiones de acuerdo a las especificaciones para el Estado de Florida. 74

Cuadro 8. Períodos de cosecha del espárrago de 1990 a 1993. 92

Cuadro 9. Resultado del análisis foliar y radicular de las tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) evaluadas en Marín, N.L. 93

Cuadro 10. Resultados de los análisis bromatológicos de las tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) evaluadas en Marín, N.L. 93

Cuadro 11. Niveles de significancia observados en los análisis de varianza en la comparación de tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Marín, N.L. 95

Página

Cuadro 12. Comparación de medias para la variable rendimiento de espárrago en ton/ha, 1990. 96

Cuadro 13. Comparación de medias para la variable rendimiento de espárrago en ton/ha, 1991. 97

Cuadro 14. Comparación de medias para la variable rendimiento de espárrago en ton/ha, 1992. 98

Cuadro 15. Comparación de medias para la variable rendimiento de espárrago en ton/ha, 1993. 99

Cuadro 16. Comparación de medias para la variable diámetro de turiones clase "C" para 1990. 100

Cuadro 17. Comparación de medias para la variable diámetro de turiones clase "C" para 1991. 101

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Variaciones morfológicas de la punta en el espárrago de Argenteuil. 16

Figura 2. Rizoma. La sección sombreada, corresponde al año anterior. El rizoma se renueva cuando las raíces nuevas lo alimentan; así, el primer turión emerge. 16

Figura 3. Emergencia de los espárragos: el turión en el extremo izquierdo, aún no emerge y es totalmente blanco; al despuntar, los turiones se verdean. 16

Figura 4. Plántulas de espárrago al mes de la siembra, a los dos y a los tres meses respectivamente. 16

Figura 5. Cuchilla especial para cosechar espárragos. 76

Figura 6. Atadora de Espárragos. 77

Figura 7. Croquis del terreno donde se estableció el experimento del cultivo de espárrago en Marín, N.L. 84

Figura 8. Plantación de espárrago en Marín, Nuevo León 90

Figura 9. Trasplante de coronas de espárrago en Marín, N.L. 90

Figura 10. Turiones listos para cosechar; los que empiezan a despuntar, se cortan hasta el día siguiente. Cuando alcanzan 30 cm, ya no son comestibles. 90

Página

Figura 11. Período de corte del 31 de Enero al 19 de Febrero de 1990. 96

Figura 12. Período de corte del 18 de Febrero al 3 de Abril de 1991. 97

Figura 13. Período de corte del 24 de Febrero al 2 de Abril de 1992. 98

Figura 14. Período de corte del 17 de Febrero al 14 de Abril de 1993. 99

Figura 15. Número de turiones con diámetro clase "A" (< 1 cm), 1993. 102

Figura 16. Número de turiones con diámetro clase "B" (1 - 1.49 cm), 1993. 103

Figura 17. Número de turiones con diámetro clase "C" (1.5 - 2 cm), 1993. 104

Figura 18. Número de turiones con diámetro clase "D" (> 2 cm), 1993. 105

I. INTRODUCCION

A pesar que el espárrago es una hortaliza que se ha cultivado desde hace 2,000 años, su importancia había decaído hasta los últimos años. En un principio fue muy cotizada por diversos motivos, pero al recaudar información sobre su cultivo, se encontró que son pocos los estudios realizados de los años 30 hasta mediados de los 80. Fue hasta 1986 que el espárrago aparece en las portadas de revistas de investigación y nuevamente se incluye, de manera palpable, en las recetas de cocina en varias revistas de hogar.

Aunque el espárrago produce su primer cosecha comercial hasta el tercer año después de la siembra, parece ser que existe un mayor número de productores dispuestos a establecer este cultivo. La demanda va en aumento y las zonas de producción van a la par.

Con la introducción de nuevas variedades, se ha encontrado que el espárrago se adapta a ambientes y a tipos de suelo más diversos, pudiéndolo cultivar hoy en día, prácticamente en cualquier parte del mundo. Otra ventaja es que su período de cosecha se ha podido modificar de tal manera, que se logra la temporada de corte tradicional en primavera y según la zona se obtiene otra en verano, la cual puede prolongarse hasta otoño.

Hay conocimiento que desde 1926 se han venido realizando trabajos para propagar el espárrago; actualmente, se han obtenido métodos que permiten recuperar la inversión inicial mucho más temprano, sin tener que esperar hasta el tercer año tradicional.

El objetivo del presente trabajo es el de generar información preliminar sobre la producción de espárrago en la parte central del Estado de Nuevo León.

II. REVISION DE LITERATURA

Importancia económica

El espárrago es una hortaliza rica en nutrientes y muy sabrosa cuando se consume fresca, enlatada o congelada (40). El espárrago figura entre las hortalizas de mayor rendimiento económico. Goza de gran demanda y su reputación gastronómica está ampliamente consolidada, por lo que su cultivo es siempre interesante para el horticultor, sobre todo si existe en sus proximidades, alguna fábrica de conservas vegetales que pueda adquirirle producciones considerables (33).

El cultivo del espárrago tiene una larga historia, aunque registrada en forma muy intermitente. ¿Cómo fue desarrollado a partir de una planta silvestre para convertirse en una hortaliza de lujo?, ¿por quién? y ¿cuándo?, son preguntas que están más allá del alcance de la investigación (21). Sin embargo, las exigencias de la vida presente han contribuído en grado superlativo, a desarrollarlo en mayor escala y si antiguamente no pasaba de ser uno de tantos productos de la tierra empleado escasamente, actualmente, constituye un negocio muy lucrativo para los que lo cultivan con todas las reglas del arte (33).

Producción y costos

El espárrago es una hortaliza de exportación en México, donde se reporta que el 90% de la producción se exporta a E.U.A. y Europa, con lo cual se constituye como una hortaliza sumamente captadora de divisas (44).

De acuerdo con la SARH (1990) a nivel nacional y para el año de 1990, se obtuvo una superficie de producción de 12,000 ha bajo riego. De acuerdo con la fuente, en el Cuadro 1 se muestran datos de siembra y cosecha de espárrago en México en el año citado.

Cuadro 1. Superficie sembrada y cosechada de Espárrago en la República Mexicana para el año de 1990.

Estado	Sup. sembrada (ha)	Sup. cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)
Baja Calif. Nte.	3169	3169	3.6
Baja Calif. Sur	413	165	1.0
Coahuila	64	64	2.5
Guanajuato	3886	2864	5.2
Jalisco	70	40	6.0
Nuevo León	181	106	2.5
Sonora	3654	3564	4.6
Tamaulipas	8	8	2.5

El cultivo del espárrago presenta una situación muy diferente a las otras hortalizas. La planta es perenne con una vida útil de alrededor de 15 años: su producción comercial comienza hasta el tercer año de sembrado. En el Cuadro 2 se describen los gastos del primer año (producción de la planta en el almácigo). En el Cuadro 3 se presentan los costos al segundo año, donde se incluye el trasplante. Al tercer año se inicia la primer cosecha comercial, por lo que los diversos gastos por práctica a efectuarse se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 2. Costos de producción del cultivo del espárrago. Primer año: producción de plantas en almácigo (se requieren 2,000 m^2 para producir la planta para una ha).

Concepto	Frecuencia	Costo por 2000 m^2
Preparación de suelo	1	100,000
Semilla	1	346,500
Siembra	1	20,000
Fertilizantes *	3	100,000
Insecticidas *	2	40,000
Fungicidas *	2	30,000
Cultivos	2	25,000
Riegos	8	120,000
Deshierbes	1	60,000
Subtotal		841,000

Cuadro 3. Costos de producción del cultivo del espárrago. Segundo año: Al año de sembrada se trasplanta la corona.

Concepto	Frecuencia	Costo unitario	Costo/ha
Preparación del suelo	1	585,000	585,000
Transplante	1	360,000	360,000
Fertilizantes *	2	250,000	500,000
Insecticidas *	2	172,500	345,000
Fungicidas *	2	110,000	220,000
Herbicidas *	2	125,000	250,000
Cultivos	2	60,000	120,000
Riegos	15	75,000	1,125,000
Deshierbes	2	300,000	600,000
Subtotal			4,105,000

* Incluye aplicación y mano de obra.

Cuadro 4. Costos de producción del cultivo del espárrago. Tercer año. Se inicia la primera cosecha comercial.

Concepto	Frecuencia	Costo unitario	Costo / ha
Desvare y limpia	1	200,000	200,000
Fertilizantes *	2	250,000	500,000
Insecticidas *	2	172,500	345,000
Fungicidas *	2	610,000	1'220,000
Herbicidas *	2	110,000	220,000
Cultivos	3	60,000	180,000
Riegos	15	75,000	1,125,000
Deshierbes	1	300,000	300,000
Subtotal			3,090,000

* Incluye aplicación y mano de obra.

En México, los rendimientos fluctúan entre las 3 y 6 tons/ha; suponiendo un rendimiento de 3 ton/ha, el costo de la cosecha obtenida en 40 días de corte es de $ 2'400,000.00; el costo para su empaque es de $ 400,000.00 dando un costo total de $ 5' 890,000.00 M.N.

Considerando que el costo de los primeros dos años se divide entre los 13 a 15 años de vida productiva de la plantación, el costo por año sería de $380,460.00, lo cual tendría que agregarse a los costos actualizados de cada año. El costo total para la primer cosecha es de: $ 6' 270,460.00 M.N. El precio de equilibrio es de $ 2,090 M.N./kg.**

** Información proporcionada por el Proyecto de Producción de Semillas y Hortalizas. 1990. FAUANL. Marín, N.L.

La producción por hectárea de una esparraguera varía notablemente en relación con su edad, la naturaleza del terreno, el sistema de cultivo, etc (33).

Los rendimientos arriba de 5 tons/ha (con ganancias de $ 15'000,000 M.N./ha o más) pueden obtenerse una vez que el cultivo está establecido, mientras que los costos anuales pueden ser tan bajos como un 20% de esta ganancia. Pero los costos de establecimiento pueden ser muy elevados y puede que pasen dos años antes de obtener la primera cosecha comercial.

Zonas de producción

Tradicionalmente, el espárrago se ha producido en las zonas templadas, donde la cosecha se realiza a fines de la primavera. En la actualidad, las zonas tropicales también han llegado a ser productivas y de mucha importancia, porque la temporada de cosecha se compensa con la de las zonas frías (28).

Se producen dos tipos de espárrago: el verde y el blanco. La diferencia principal entre ambos es la etapa de desarrollo en que se encuentra el tallo (espárrago) al momento de la cosecha. El espárrago verde se cosecha cuando alcanza unos 20 cm de longitud, sobre la superficie del suelo. El espárrago blanco se cosecha en cuanto el tallo inicia su despunte en la superficie de la tierra y se cosecha muy cerca a la corona (raíz). Para que el tallo alcance 20 cm bajo la superficie se requiere aporcar la tierra necesaria. El espárrago blanco requiere suelos muy arenosos y su costo por mano de obra es muy alto.

El espárrago blanco predomina en Europa, Africa del Sur y Taiwan, mientras que el espárrago verde predomina en Estados Unidos, Canada, Nueva Zelandia, Inglaterra, Italia, Chile y México (28).

El espárrago es una planta acondicionada a soportar situaciones drásticas de clima y suelo. Hasta hace pocos años, en la parte suroeste de E.U.A., la producción de espárrago se limitaba a los valles fértiles de California. En 1981, la Universidad de Arizona asesoró varias investigaciones en este cultivo en parcelas pequeñas en el área de Yuma, Arizona; se utilizó el sistema de riego por aspersión; dado que ahí, el suelo tiene un 95% de arena, lo cual requiere que el cultivo sea practicamente manejado con hidroponia y por ello, se aplicó agua y nutrientes en cantidades precisas cada día, combinado a 4,000 horas luz por más de 360 días que dura la etapa de desarrollo. En este estudio se obtuvo la primera cosecha dos años después de la siembra en vez de esperar los tres o cuatro años tradicionales. El follaje y el rendimiento fueron superiores a las obtenidas en otras zonas productoras (27).

Dicha investigación se ubicó próxima a los ríos Colorado y Gila teniendo asegurado el abastecimiento de agua. La mano de obra provino de la frontera cercana con México. Consecuentemente, los costos de producción fueron más bajos que en las grandes zonas de producción, como los estados de Michigan y Washington.

Gracias a que los productores iniciaron los estudios en forma gradual, se pudieron hacer comparaciones de variedades descubriendo que el cultivar UC 157, desarrollado en la Universidad de California, es el que más se adaptó a las zonas desérticas. Actualmente se ha establecido el cultivo en 13 granjas en una área total de 970 ha.

El desierto recibe sólo de 5 a 8 cm de lluvia, por lo tanto, el cultivo requiere riego y fertilización. En Yuma la primavera inicia más temprano que al Norte y con ella, la cosecha que va desde mediados de Enero hasta Abril, coincidiendo con la cosecha en California. En la mayoría de las zonas productoras se cosecha de Abril a Junio, de tal forma que en Yuma, los productores introducen su producto al mercado más temprano logrando los precios más altos. Una de las competencias más fuertes durante la primavera es México (27).

Al controlar el riego y la fertilización los productores crearon un período de latencia en una parte de la plantación y con ello lograron cosechar en otoño. Los rendimientos son más bajos en esta época porque el período dura solo 45 días, pero los precios se incrementan un 25%. También por ser menos la cantidad de producto, los costos de mano de obra y empaque son menores. La mayor competencia en esta época es Chile y Nueva Zelandia, los cuales tienen la gran desventaja de los altos costos de transporte (27).

Nichols (29) considera dos aspectos importantes en la producción de espárrago: la elección del cultivar (con una referencia especial a la clonación) y los sistemas de producción en las zonas tropicales.

La elección del cultivar es crucial, dado a que el cultivo es perenne. En estudios realizados en la Universidad de Massey (Nueva Zelandia), Nichols y sus colaboradores han encontrado que los rendimientos de diferentes cultivares pueden ser tan altos como 7 ton/ha y bajar hasta 1.5 ton/ha. En el primer caso, el productor puede anticipar una operación con grandes ganancias, mientras que en el segundo caso, la bancarrota *seria inevitable*.

Existen genotipos apropiados para zonas específicas y debe tomarse en cuenta que si una variedad resulta productiva en una situación, esto no quiere decir que lo hará de igual forma en otras regiones. En Nueva Zelandia, por ejemplo, se comprobó que la variedad UC 157 se adapta mejor a los climas secos que la variedad Jersey Giant (de Nueva Jersey, E.U.A.).

Lo primero que debe hacer un productor interesado en establecer una plantación de espárrago, en una zona donde nunca se ha introducido, es realizar una prueba de adaptación de variedades. La inversión para establecer este cultivo es muy fuerte y la selección de la variedad equivocada, no se puede corregir. Tendría que arrancar toda la planta y empezar de nuevo en otro sitio, para evitar el problema de enfermedades.

En los climas templados, por lo general, se produce el espárrago a finales de la primavera y a principios del verano. En ciertas zonas templadas se puede cosechar espárragos a fines del verano y principios del otoño; se deja crecer el follaje durante la primavera y el verano y se poda días antes de la cosecha. Sin embargo, los rendimientos son inferiores a los de la primavera y existe una reducción en los diámetros de los turiones. Esto quiere decir que hay un período de seis meses en que estas zonas no pueden abastecer el mercado con producto fresco. En estos meses, los productores de las zonas tropicales tienen la oportunidad de proveer el producto, aunque la calidad en general, siempre será inferior (29).

La producción de espárrago en las zonas tropicales ha aumentado junto con su demanda a nivel mundial; sobre todo para el espárrago fresco. En años recientes, se ha introducido un sistema alternativo de producción en Taiwan, llamado "produccción con planta madre". Inicialmente las plantas se dejan desarrollar durante 9 a 12 meses y después se cosechan los tallos (espárragos) conforme emergen. El follaje viejo o seco se repone constantemente, asegurando que cada planta tenga de tres a cinco tallos con follaje.

Se debe enfatizar que la producción en el trópico se lleva a cabo en zonas húmedas, áridas o a grandes altitudes y que cada ambiente presenta diferentes problemas de producción y requieren diferentes estrategias de producción. Las zonas tropicales se consideran aquellas ubicadas entre el Trópico de Cancer (23.5º N) y el Trópico de Capricornio (23.5º S). Los trópicos tienen un rango climático muy variado, pués incluyen áreas desérticas como en el Sahara, húmedas como en Malasia, monsónicas con estaciones húmedas y secas como en la zona norte de Australia y áreas con climas casi templados dado a la altitud. Cada una de estas "zonas climáticas" pueden contribuir a la producción de espárrago fresco para cubrir la demanda mundial de los mercados (29).

Valor nutricional

La mayor parte de los tallos que se cosechan para ser procesados, se doblan hasta que se rompen; en el punto del quiebre, es donde la fibra cesa de resistir, dejando en el campo un pedacito del tallo de 2 a 3 cm y el cual tiene un alto contenido de fibra (41).

El contenido de fibra en el tallo es un factor importante en la calidad del espárrago pues afecta su comestibilidad. Basándose, en otros estudios, si la fibra, que resulta por las paredes celulares muy lignificadas en el pericicio del tallo, constituye más del 0.25% del peso fresco, entonces este tallo no se considera comestible.

Sosa-Coronel, Vest y Herner (41) realizaron un estudio donde citan la afirmación de otros autores que la velocidad y duración del crecimiento del tallo afecta su contenido de fibra. La cantidad de fibra parece aumentar al incrementar la duración del crecimiento. Un estudio preliminar demostró que el contenido de fibra en tallos de la variedad "Mary Washington" fue menor cuando se desarrolló de 21.1° a 26.6° C, que cuando se desarrolló de 10.0° a 15.5° C. La tasa de crecimiento del tallo fue más rápido en el rango más alto. Kaufmann, citado por los mismos, encontró que al aumentar la temperatura del aire, calentando el suelo o cubriéndolo con plástico, ha demostrado incrementar la tasa de crecimiento del tallo y los espárragos mantienen un bajo contenido de fibra. Por otros estudios realizados, se deduce que la lluvia también está relacionada con el contenido de fibra; conforme aumenta la lluvia durante el crecimiento del tallo, esté contiene menos fibra.

El objetivo del estudio realizado por los autores fue determinar y comparar la distribución de la fibra en los tallos de nueve cultivares de espárrago: "UC 66", "UC 72", "UC 309", "UC 711", "Mary Washington", "MSU 1", "N.J. 44x22", "N.J. 51x22" y "N.J. Improved".

El contenido de fibra se determinó a 10 cm de la punta y en cuatro secciones sucesivas de 2.5 cm cada una. Se tomaron los datos en tres fechas: mayo 10, junio 17 y junio 25.

En la cosecha del 10 de mayo no hubo diferencias en el contenido de fibra entre los cultivares en las cuatro secciones superiores, pero sí las hubo en la parte basal y en el contenido total de fibra en todo el tallo. En la cosecha del 17 de junio si hubo diferencias en las cuatro secciones superiores entre los cultivares; las dos secciones basales se clasificaron como no comestibles; lo cual sugiere que a los tallos cosechados en esta fecha se les tendrían que eliminar 5 cm de la base. A lo largo del estudio, "N.J. Improved" y "UC 711" fueron consistentes en su alto contenido de fibra; "MSU 1", "UC 72" y "Mary Washington" tuvieron los contenidos más bajos.

Cuando se cortaron al ras del suelo, todos los cultivares tenían suficiente fibra en la parte basal (2.5 cm) como para que no fuesen comestibles. Esto concuerda con otros trabajos que afirman que el contenido de fibra es alto en la parte basal de los tallos que son cortados muy cerca del suelo y en tallos más largos de 18 cm. Es la porción basal que se queda en el campo cuando no se corta el tallo, sino que se dobla y rompe. Los logros en este estudio subrayan la importancia de doblar los tallos al cosecharlos.

Los cultivares tienen diferente distribución de fibra y el promedio del contenido de ésta, no siempre es el mejor indicador de la cantidad comestible del tallo. Sin embargo, en este estudio, el cultivar con la mayor cantidad de fibra tuvo la menor cantidad comestible del tallo.

En conclusión, la evaluación de los cultivares de espárrago o la selección de materiales a utilizar en un programa de propagación debe tomar en consideración la distribución de la fibra a lo largo del tallo, en vez del contenido total o promedio de todo el tallo. Conociendo la distribución de la fibra en el tallo y las diferencias en los contenidos de fibra en los cultivares, los productores utilizarían un material de mejor calidad (41).

Cuando se termina el período de cosecha y el follaje se prolonga excesivamente, los espárragos pierden sus buenas cualidades, los tejidos se endurecen y adquieren un sabor amargo. Las causas de este hecho son diversas, principalmente se refieren a:

1. La aparición de las substancias azucaradas, que son productos intermedios entre la materia orgánica recién formada y las substancias finales que componen la planta (los tejidos).
2. La aparición de la clorofila.
3. La descomposición de la esparragina, otro producto de transición.

La esparragina es el ácido aminosuccinamídico, con fórmula química $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$. Se presenta en forma de cristales duros, incoloros e inodoros. Expuesta al calor se descompone rápidamente, se ennegrece y despide un fuerte olor a amoniaco. Se dice que el poder diurético de la planta, se debe a la combinación de esta substancia con otra desconocida, ya que otras plantas que contienen la esparragina, no son diuréticas.

Se ha distinguido la *a* - esparragina (poco estudiada) de la *b* - esparragina, muy estudiada por sus relaciones con la biología. Se reveló su presencia incluso en los brotes crecidos en la obscuridad (33). En el Cuadro 5 se presenta la composición nutritiva del espárrago.

Cuadro 5. Composición nutritiva del espárrago por 100 g. de materia fresca (25) (35).

Agua	93.75 a 94.50%	Calcio	20.00 mg
Albúmina B	1.62 a 1.79%	Fósforo	60.00 mg
Grasas	0.11 a 0.25%	Hierro	1.00 mg
Azúcares	0.37%	Potasio	179.00 mg
Extractos	2.26 a 2.33%	Vitamina B_1	0.16 mg
Fibra bruta	0.81 a 1.04%	Vitamina B_2	0.18 mg
Calorías	20.0 g	Vitamina A	200.00 mg
Carbohidratos	3.0 g	Vitamina C	0.30 mg
Proteínas	2.20 g	Niacina	1.40 mg

Origen y descripción botánica

El origen del espárrago se encuentra en los suelos arenosos de los litorales del mar Mediterráneo, tanto en los paises europeos como en los asiáticos. El hombre lo ha cultivado desde hace 2,000 años. Los griegos y los romanos apreciaron mucho esta hortaliza, sobre todo por sus poderes medicinales (44). Posteriormente, debido a invasiones y guerras, el espárrago se cultivó sólo en España hasta la Edad Media, a partir de entonces se empieza a producir en el centro de Europa. En el siglo XVIII, Holanda llega a tener producciones importantes, de las cuales provienen muchas de las variedades actuales (25).

La taxonomía general del espárrago es:

Familia: Liliaceae

Género: *Asparagus*

Especie: *officinalis*

Características de la planta

El espárrago es una planta perenne la cual se mantiene productiva de 15 a 20 años según sus cuidados (19). La planta es dioica, presentándose plantas masculinas y plantas femeninas; rara vez aparecen plantas con flores hermafroditas (44).

El producto cosechado son los tallos jóvenes, llamados turiones o espárragos (Figura 1) y se cortan un poco abajo de la línea del suelo cuando alcanzan de 20 a 25 cm de longitud (19).

Raíz. El espárrago es una planta que basa su producción en las reservas almacenadas, por lo cual posee un sistema radicular muy complejo, adecuado a tal fin (6).

Sarli, citado por Valadéz (44), reporta que el espárrago tiene tres tipos de raíces:

1. Raíces carnosas. Son aproximadamente del tamaño de un lápiz; crecen en dirección lateral y viven solo un año pero se regeneran continuamente disponiéndose en capas. Como las raíces nuevas siempre brotan algo más arriba de las anteriores, la planta sube poco a poco y puede vivir, en tanto que las referidas raíces no alcanzan la superficie del suelo. Estas raíces pueden extenderse lateralmente hasta 4 m y hasta 3 m de profundidad. Su función es de almacenar substancias de reserva (sobre todo la sucrosa) para los turiones (6).
2. Raíces fibrosas. Estas emergen de las porciones más jóvenes de las carnosas. Duran el tiempo que la planta esté activa (de 9 a 10 meses). Su función es de absorber nutrientes y agua del suelo.
3. Raíz central o Rizoma. También se le conoce como "corona" o "garra", de ella emergen los brotes que son los turiones. Crece longitudinalmente 5 cm por año aproximadamente y a los 15 años alcanza los 60 cm (44).

Si se desentierra una planta madura, se observa que su corona es un nudo voluminoso de raíces dispuestas radialmente y en capas superpuestas. La lozanía de la planta depende de la vitalidad de su corona, pues ello equivale a su fuerza de regeneración y expansión. Una corona sana se desarrolla no sólo en el sentido de su eje, sino también lateralmente formando nuevas ramificaciones que enriquecen a la planta de raíces y yemas lo que asegura una buena producción (33). En la Figura 2 se muestra lo anterior.

En el espárrago silvestre, el rizoma es generalmente superficial; en el cultivado, la profundidad varía según las características del terreno y por el producto deseado, ya sea el turión blanco o el verde (33).

Tallo. Los tallos, que son los turiones, son la parte comestible de la planta. En un principio y mientras se desarrollan bajo tierra, los turiones son blancos y poseen hojas escuamiformes muy pegadas. Lo anterior se observa en la Figura 3.

Para obtener el espárrago blanco, el rizoma se coloca a cierta profundidad retrasando el verdeamiento del brote y permitiéndole crecer de 15 a 20 cm bajo tierra, de este modo, la fotosíntesis no endurece los tejidos antes de tiempo.

Cuando el brote emerge se inicia el proceso de asimilación; las substancias nutritivas reservadas en el rizoma se movilizan bajo la influencia de la temperatura del suelo, por la presión radical, por la respiración intracelular y por otras substancias de los tejidos. A partir de esta compleja actividad, los brotes se desarrollan rápidamente y acumulan ellos mismos, los materiales necesarios para el esfuerzo inicial de la fase vegetetiva de la planta. Al despuntar el brote, entra en función la fotosíntesis. El brote toma un color verde y se desarrolla a 15, 20 cm y más sobre la superficie del suelo. El turión pierde el grosor original y se adelgaza en forma proporcionada, quedando más ancho en la parte basal (33).

Si el turión no se cosecha y se deja crecer libremente, éste pasa a ser un tallo propiamente dicho; se lignifica y se ramifica y recibe el nombre de "fronde", "fusta" o "mata" y puede sobrepasar los 2 m de altura. Los tallos ramificados presentan unas agujillas que son ramas modificadas llamadas "cladodios" (6). Lo anterior se muestra en la Figura 4.

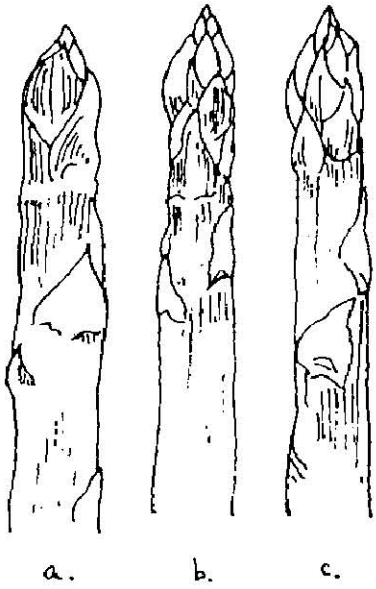


Figura 1. Variaciones morfológicas de la punta en el espárrago de Argenteuil.

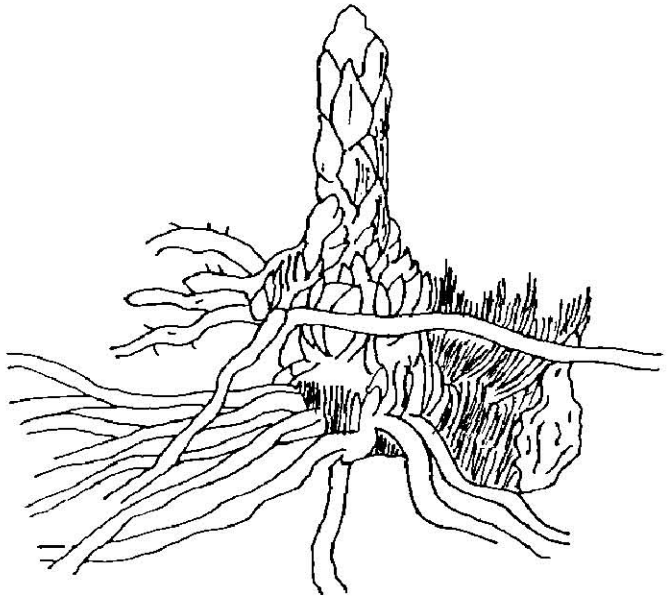


Figura 2. Rizoma. La sección sombreada corresponde al año anterior. El rizoma se renueva cuando las raíces nuevas lo alimentan; así el primer turión emerge.

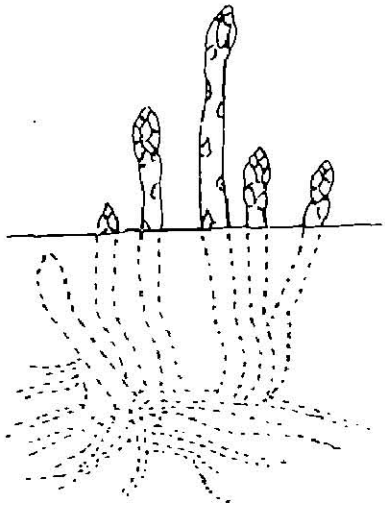


Figura 3. Emergencia de los espárragos: el turión en el extremo izquierdo, aún no emerge y es totalmente blanco; al despuntar, los turiones se verdean.

Figuras obtenidas de Rigau. (33)

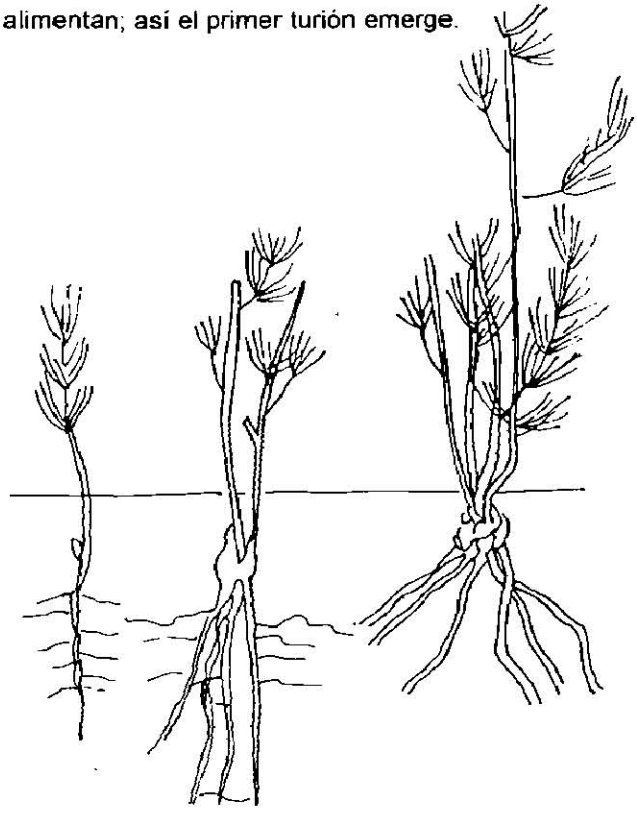


Figura 4. Plántulas de espárrago, al mes de la siembra, a los dos y a los tres meses respectivamente.

Peirce (30) realizó un estudio en la herencia de un mutante de *tallo* verde en el espárrago. Flory, citado por el autor, afirma que el espárrago es una especie dioica con muy pocos rasgos genéticos cualitativos visibles. Esta situación puede derivarse de la escasa variación natural, probablemente relacionada con el encubrimiento de los efectos por la heterocigosis y de la morfología particular de la planta y a la dificultad impuesta por la dioicidad en conducir pruebas genéticas.

En cultivares existentes, los turiones demuestran una variación de tonos púrpura en la punta y en la base y este color perdura a través del mercadeo, perdiéndose sólo al blanquear o cocer el turión.

En el estudio antes señalado se clasificaron según el color del tallo, progenies de 25 cruzas entre hermanos de entre cinco plantas estaminadas y cinco pistiladas de tallo verde. Subsecuentemente, las progenies púrpuras de las progenies de estas cruzas se cruzaron con plantas estaminadas o pistiladas y la progenie de color verde se cruzó con plantas estaminadas y pistiladas del cultivar púrpura "Viking". Las pruebas estadísticas con χ^2 apoyan el mecanismo de herencia basado sobre la interacción entre dos genes ligados. Un gen dominante "I", aparentemente inhibe la expresión del dominante "P" (*tallo* púrpura).

Para el productor, la incorporación del tallo verde en un cultivar púrpura sería difícil. Los genotipos que son homocigotos recesivos para "P" y/u homocigotes dominantes para "I" serían necesarios para asegurar la estabilidad del color. Cualquier genotipo puede obtenerse mediante una cruza entre hermanos completos y selección, pero con *ello*, el vigor de las líneas derivadas puede reducirse.

En el futuro, el desarrollo de un cultivar híbrido mediante el cultivo de anteras, quizás ofrezca el mejor sistema para incorporar este rasgo genético y otros que se aislaran a través de la cruza entre hermanos completos.

Makus y González (23) condujeron un estudio sobre la producción y calidad del espárrago blanco bajo cubiertas opacas. La producción de espárrago blanco es común en Asia y Europa; en los mercados de E.U.A. es raro y cuando se consigue, su precio es dos o tres veces más que el espárrago verde. Kromer, citado por los autores, afirma que en Alemania los plásticos transparentes se han usado principalmente, como una técnica para calentar el suelo en las producciones del espárrago verde; mientras que Munz, en otra cita, lo afirma para el espárrago blanco.

Cuando el espárrago se desarrolla bajo condiciones que permiten que el turión crezca en la oscuridad, la clorofila no se sintetiza y los turiones son blancos. Otros autores reportan que el espárrago blanco crudo, tiene igual o más fibra, menos cantidad de ácido ascórbico y proteína, pero es más alto en contenido de sólidos solubles que el espárrago verde. El espárrago blanco que se desarrolla en forma tradicional requiere que sus coronas estén cubiertas con 0.5 m de tierra. Los suelos pesados y que tienden a formar costra, no son favorables para su producción. La cosecha suele hacerse tres veces al día. Los turiones que emergen del suelo ya no se pueden vender como espárrago blanco. Dado a estos problemas entre otros, asociados a la producción del espárrago blanco, se reportó un método que utiliza cobertores plásticos en blanco y negro y se examinaron los efectos que cada cubierta tiene en la calidad del turión. Las cubiertas opacas de plástico se usaron con éxito en la producción del espárrago blanco. Las altas temperaturas bajo las cubiertas no redujeron la calidad del turión, más bien tuvieron un efecto positivo sobre los componentes del turión. Otros beneficios de las cubiertas incluyen: protección contra las heladas de corta duración (hasta -4^{o} C), mayor peso de los turiones y bajo condiciones comerciales, menos frecuencia de corte. La producción del espárrago blanco usando cubiertas opacas requiere más mano de obra que la producción del espárrago verde, pero la inversión se recupera con buenas ganancias (23).

Benson (5) estudió que el espárrago púrpura domina el mercado especializado. Antes, escoger el espárrago en el supermercado era decidir entre turiones delgados y delicados y los gruesos. Ahora, los consumidores de espárrago tienen otra opción. La Universidad de California en Davis, desarrolló, una nueva variedad morada. Este espárrago puede parecer raro tanto para su productor como para su consumidor. El autor, pionero en la producción de esta variedad, explicó en este estudio que existe una gran oportunidad para las hortalizas especializadas (no tradicionales) a nivel mundial. Esta nueva variedad cubre la demanda.

La variedad proviene de Italia y tiene doble el número de cromosomas que el espárrago verde. Duplicando los cromosomas, como en este caso, el nivel de ploidía aumenta y con ello, la posibilidad de usar niveles más altos para formar genes resistentes al hongo *Fusarium* en el espárrago que se cultiva. Lograr una resistencia es de gran ayuda en el mercado. Desafortunadamente en un principio, las cruzas originales entre las variedades diploides y la semilla del nuevo tetraploide, no sólo fallaron en producir una variedad resistente al *Fusarium*, sino también en producir semillas fértiles. La investigación continuó con las cruzas y la producción, seleccionando los turiones con el tono púrpura y demás características específicas. En cinco años se logró seleccionar la variedad especial "Viola". El nuevo producto se llevó a un mercado local y aunque su precio era mayor que el espárrago verde, se vendió en un día. La hortaliza por ser inusual atrae a ciertos consumidores. "Viola" tiene 20% más de azúcar natural que el espárrago convencional.

Así como se vé diferente la variedad "Viola" en el mercado, los productores quizás tengan que hacer ciertos cambios culturales en la plantación. Las partes de la nueva variedad son 25% veces más grandes que el espárrago diploide ordinario. Con un sistema radicular más grande, "Viola" tiene mayor capacidad de almacenar nutrientes y energía para el siguiente año. El resultado de este vigor es un mayor tamaño en los turiones y mayor rendimiento.

En California, la distancia normal de siembra entre plantas es de 30 cm. Altas densidades de población se han evitado para reducir la competencia entre plantas y preservar el tamaño del turión y el vigor de la planta. Esta nueva variedad por ser más vigorosa, permite una mayor densidad de población. Las labores culturales son similares a las labores del espárrago verde, excepto que requiere de dosis más elevadas de fertilizantes. También se ha descubierto que la variedad "Viola" no es más resistente que el espárrago verde, pero se están buscando los genes de resistencia.

Durante esta investigación en 1989, Benson (5), empezó el proceso para patentar la variedad, desde la semilla con todo y su gen tetraploide hasta los turiones; sobre todo el color del turión. Se ideó un derecho reservado para evitar que los productores guarden semilla para un uso posterior. Con esto se protege la integridad de la semilla y se mantiene el precio en el mercado que los productores esperan, al cultivar una hortaliza que no es tradicional. Esto es único pues no existe otro espárrago tetraploide con fines comerciales en los E.U.A.

La producción comercial de "Viola" se inició con 6 hectáreas en California. La primer cosecha se obtuvo en 1990.

Hojas. Una característica del género es la transformación de los brotes (tallos aún no ramificados) en órganos foliares. Sus hojas se reducen a escamas que se ven a simple vista (pueden presentarse verdes, violeta, rosadas o blancas); éstas no elaboran carbohidratos si no que las hojas que se componen de haces de cladodios, que forman el denso follaje (6) (44).

Benson (2) observó las influencias del sexo en los rasgos morfológicos foliares en el espárrago. Las plantas estaminadas producen mayor número de turiones, rendimiento y longevidad y las pistiladas producen turiones de mayor diámetro.

El autor hace referencia a los trabajos de Rick y Hanna, quienes demostraron desde 1943, que el sexo en el espárrago se hereda como un simple factor Mendeliano. Hasta 1979, Loptein también citado, determinó que el gen que controla el sexo está localizado en el cromosoma L.

En otros trabajos también citados por el mismo autor, se señala que la fotosíntesis, el almacenamiento de los carbohidratos y mucho del desarrollo morfológico observado, ocurre durante la etapa de crecimiento del follaje; las diferencias en los caracteres hortícolas asociados con el sexo, pueden extenderse hacia la morfología foliar de la planta. En 1979, se llevó a cabo un estudio para determinar si las plantas de espárrago se diferencian en la morfología foliar y si las diferencias se asocian con el sexo de las plantas. Se eligieron plantas de espárrago de tres años de la variedad "UC 157" (híbrido de cruza simple) y de la variedad "UC 172" (de polinización abierta), tomando al azar 50 plantas estaminadas y 50 pistiladas de cada una.

Este trabajo demostró que, entre los dos cultivares estudiados, existen algunas diferencias entre los sexos en varios componentes foliares. Las plantas estaminadas demostraron tener más verticilo por unidad de longitud de rama, mientras que en las plantas pistiladas se encontró que tenían mayor área foliar por cladodio y por unidad de longitud de rama.

Se sugiere que la gran variación encontrada entre los sexos y dentro de los cultivares y clones estudiados es probablemente indicativo de otros cultivares de espárrago. Además, estos rasgos foliares pueden ser aspectos importantes en la productividad de la planta (2).

Flores. Como se ha mencionado, la esparraguera es una planta dioica, por lo que posee plantas portadoras de flores masculinas y plantas portadoras de flores femeninas y en casos aislados se presentan los dos sexos en la misma planta, las llamadas hermafroditas.

Las flores se forman en grupos de dos ó tres en las axilas de las ramas; son pequeñas, aproximadamente de 4 mm y tienen forma de campana. Los pétalos de color verde-amarillento tienen segmentos lineales (44).

En un principio, las flores presentan los cuatro verticilos (cáliz, corola, androceo y gineceo), pero al cubrir sus necesidades lumínicas se produce una clara diferenciación sexual; se desarrolla solamente el androceo (flor masculina) o el gineceo (flor femenina) (6).

Las flores masculinas tienen seis estambres y un pistilo rudimentario. Las femeninas, más pequeñas, tienen un estilo corto tres estigmas, seis estambres rudimentarios y un ovario trilocular (44).

Las flores aparecen antes en las plantas masculinas, se encuentran a menos altura y producen más brotes que en las plantas femeninas. La polinización es abierta y es realizada por los insectos. Se ha comprobado que las plantas masculinas son más productivas en kilos por unidad de superficie, que las femeninas, aunque las últimas producen turiones más gruesos (6).

Fruto. El fruto es una baya que producen las flores femeninas y hermafroditas. La baya tiene un promedio de 8 mm de diámetro, es esférica, de color verde cuando es tierna y rojo cuando madura. Contiene de tres a seis semillas (37) (44).

Semilla. Las semillas son negras y angulosas. Su principal carbohidrato y material de reserva es la hemicelulosa. Su peso es tal que de 40 a 45 semillas equivalen a un gramo. La capacidad vital o germinativa es de tres a cinco años (44) (6).

Khosla y Tiessen (20) realizaron un estudio para determinar la influencia de la temperatura y el pH en la germinación de las semillas de espárrago. Se sembraron las semillas en charolas de propagación, en dos combinaciones de temperatura (a baja temperatura: 18° C en el día y 14°C en la noche; a alta temperatura: 22° C en el día y 18° C en la noche) y las charolas se regaron con una solución nutririva con siete pHs diferentes (4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 y 8.0).

Los resultados demostraron una fuerte influencia de la temperatura y el pH en la germinación. Hubo clorosis en las puntas del follaje de las plantas sometidas a las altas temperaturas y altos valores de pH, sugiriendo un problema con la absorción de fierro. Al momento de la cosecha, 72 días después de la siembra, los datos obtenidos del follaje aún demostraban una influencia muy significativa de la temperatura y el pH. La baja temperatura y el pH bajo y alto fueron perjudiciales en el crecimiento. El rango óptimo de pH fue de 5.5 a 6.5, con una mejor respuesta en la temperatura alta. En cuanto a la raíz, el pH tuvo más influencia sobre su peso que la temperatura. Estos resultados indican la importancia de un pH neutro sobre la germinación e indican que el pH puede interactuar con otros factores ambientales para alterar los resultados.

Fisiología del crecimiento, desarrollo y producción

De acuerdo a Maroto (25) el espárrago es una planta vivaz, en cuyo rizoma se producen mecanismos de formación y acumulación de reservas así como la formación de nuevos órganos. La planta vegeta siempre y cuando la temperatura esté situada por encima de 10° C y si no existen otras circunstancias restrictivas, como sequía, etc.

Las reservas formadas por su parte áerea se acumulan en forma de hidratos de carbono y proteínas en las raíces principales de consistencia carnosa. Estas reservas acumuladas juegan el papel más importante de todos los que inciden en la emisión de turiones.

Desde el punto de vista agronómico, en una plantación de espárragos se distinguen las siguientes fases:

- Fase de formación de coronas. Es el período que transcurre entre la siembra y la formación de plantas, con un rizoma suficientemente desarrollado para que pueda ser plantado con ciertas garantías. Esta fase suele durar entre uno y dos años.

- Fase improductiva. Empieza con el trasplante de las coronas obtenidas de los semilleros. Esta fase dura generalmente dos años y no se cosechan los turiones formados; se dejan desarrollar vegetativamente para que se elabore la mayor cantidad posible de substancias nutritivas, que serán almacenadas en las raíces carnosas.

-Fase productiva. Se divide en tres períodos:

a) Período de recolección. Se cosechan los turiones hasta que se dejan crecer vegetativamente. Suele coincidir con el período primaveral.

b) Período libre de vegetación. Los tallos se dejan crecer para que formen ramas y hojas. Aquí se produce la elaboración de las substancias de reserva que serán acumuladas posteriormente. La floración y fructificación transcurren asimismo en este período.

c) Período de reposo vegetativo. Es propio de las zonas templadas y ocurre en otoño e invierno. Las plantas cesan su crecimiento, se angostan los tallos y se marchita el follaje, el cual se poda (25).

Propagación

El espárrago se propaga generalmente por semillas y es común que exista gran variabilidad de rendimiento en los individuos de una variedad. Por lo tanto, las parcelas pequeñas no son recomendables para estudiar la planta (42).

En un estudio realizado por Takatori, Murashige y Stillman (42) se citan algunos trabajos realizados para encontrar otra opción en la propagación de este cultivo. Los intentos de reducir la variabilidad seleccionando coronas uniformes, no han tenido éxito. Hanna, citado por los autores afirma que el único método seguro para determinar el potencial de rendimiento es mediante registros individuales de cada planta.

Las diferencias en el comportamiento de las plantas de espárrago están dadas por su gran variabilidad genética y por consecuencia, el uso de clones evitan este problema. Hasta ahora sólo ha tenido poco éxito el segmentar coronas establecidas; sin embargo, esta práctica es muy lenta donde se requieren grandes cantidades de planta.

Los intentos para que los cortes de espárrago enraicen no han tenido éxito. Recientemente, Gorter y Andreassen y Ellison, citados por los autores, extendieron la técnica del investigador Loo y reportaron un método para enraizar cortes de un tallo de espárrago, a través de un cultivo aséptico "in vitro". Este método se limita a la producción de una planta por corte.

El estudio consistió en tres pasos principales:

1. Inducción del callo de secciones recién cortadas;
2. Iniciación de las plántulas o plantas embriónicas del callo y
3. Desarrollo de las plántulas hasta que puedan ser trasplantadas. El medio nutritivo en estos pasos contiene una composición en común de: sales, azúcar, vitaminas y agar.

Los explantes se obtuvieron de tallos de 20 cm. Se descartaron 2.5 cm del ápice y se utilizaron los siguientes 5 cm. El tejido de la corona y demás material radicular no son favorables para la propagación, ya que contienen microorganismos difíciles de eliminar.

Cuando se transfirió el callo a un segundo medio, las plántulas aparecieron antes de un mes. Los cultivos se trasladaron al invernadero y las plántulas se sembraron en la tierra previo a un proceso de aclimatación. La gran cantidad de material que se obtiene con este método es *idéntico a la planta madre* (42).

Edmond, et al., citados por Maroto (25), afirman que el sexo de las plantas de espárrago también influye en la producción de turiones. Las plantas masculinas son más productivas y más precoces pero los turiones son de menor tamaño a diferencia de las plantas femeninas.

Desde el punto de vista genético, el sexo está regido por un par de alelos, siendo dominante el gen inductor de la masculinidad. Las combinaciones posibles son:

- XX da lugar a plantas femeninas.
- XY da lugar a plantas masculinas y ocasionalmente andromonoícas.
- YY da lugar a plantas masculinas.

Benson, citado por Maroto (25), ha encontrado en las variedades del tipo UC (Universidad de California) diferencias morfológicas en el sistema aéreo atribuíbles a su propio sexo.

En otra investigación realizada por Ellison y Tiangco (13) se obtuvieron plántulas de espárrago tetraploides a partir de semillas diploides, por medio del tratamiento de colchicina. Dos características confiables para identificar plantas diploides y tetraploides son: la longitud del estoma y el ancho del cladodio.

En el estudio llevado a cabo por los autores, se tomaron conteos cromosómicos de las puntas de las raíces, de las células de polen y de los brotes apicales de los retoños.

Se encontró un efecto mínimo pero estadísticamente significativo, en la edad de las plántulas tetraploides. Sin embargo, estos efectos se pasaron por alto, debido a las grandes diferencias entre diploides y tetraploides (13).

Malnassy y Ellison (24) han recopilado información de otros investigadores que han hecho estudios para determinar los niveles de ploidía provenientes de los propágulos obtenidos de cortes de raíz y en tejidos del callo.

En este nuevo estudio, los conteos cromosómicos se hicieron en las puntas de la raíz de todas las plantas y del ápice de las yemas de los vástagos y en las células de polen de ciertas plantas. Las puntas suculentas de las raíces fueron las mejores para hacer los conteos.

Los cortes enraizados sin tejido calloso fueron diploides, pero aquellos que desarrollaron callo conforme enraizaban (cortes enraizados con callo) fueron tetraploides. De 31 plantas derivadas del método de cultivo del tejido calloso, 29 fueron tetraploides y 2 fueron diploides.

Tal vez la división de estas células poliploides se incrementaron en el cultivo de tejidos o tal vez el medio indujo la formación de células tetraploides a partir de células diploides. Parece ser que hay una inestabilidad inherente en las poblaciones de células obtenidas a partir del callo. Con este fenómeno se podría llegar a producir espárrago tetraploide, pero se requiere más investigación.

El uso del cultivo de tejidos se ha sugerido para lograr una rápida propagación vegetativa, pero este método sólo se probará efectivo, si el material de la planta original puede incrementarse sin sufrir cambios genéticos (24).

De acuerdo a estudios realizados por Tincker y Wellensiek en los años 1938 y 1949 respectivamente, citados por Yang (48), la propagación a partir de cortes de tallo no era posible y la división de coronas individuales no habia alcanzado una importancia comercial, porque solo se podían obtener pocas plantas genéticamente idénticas a la vez. Actualmente, el cultivo de tejidos parece tener posibilidades para lograr este objetivo. En 1973, Hasegawa, Murashige y Takatori, también citados en este trabajo, estimaron que se pueden obtener hasta 300,000 plántulas a partir de un solo cultivo del ápice de un vástago en un año, pero aún hace falta poner en práctica este método.

A continuación se darán a conocer algunos métodos de cultivo de tejidos que se han desarrollado en años más recientes.

Varios investigadores han intentado desarrollar una técnica práctica para la producción vegetativa en masa de espárrago, a partir del cultivo de células somáticas y de órganos. Se han obtenido plantas mediante cultivos de células y callos y en 1971, Steward y Mapes, citados por Yang (48), demostraron la posibilidad de propagar por clon a partir del cultivo de células. Desafortunadamente, algunas de las plantas producidas a partir de células y callos son tetraploides e involucran células anaploides.

Ingram, también citado por el autor, afirma que las plantas diploides normales se obtienen por cultivos de órgano de las puntas de los tallos, meristemos, ápices de los vástagos y de los brotes laterales de los tallos. Los cultivos de las puntas del tallo han resultado ser inconsistentes. Los cultivos del meristemo y de los ápices parecen ser mejores métodos para desarrollar plantas completas.

Obtener el material de la planta es muy laborioso y requiere mucho tiempo, lo cual no se adapta a un nivel de propagación comercial. Una gran ventaja es que se puede usar para desarrollar plantas libres de patógenos.

Yang (48), responsable de este estudio, simplificó la técnica de propagación vegetativa que evita la formación del callo y todos sus problemas:

Primero, las plantas injertadas en aséptico se establecieron a partir de las yemas de los tallos de espárrago. Luego se obtuvieron las plantas enraizadas a partir de los brotes en los tallos de estas plantas injertadas en aséptico. Estas plántulas establecidas en el cultivo aséptico se transfirieron a contenedores de peat (musgo) "Jiffy 7" y se mantuvieron bajo una llovizna. Cuando empezaron a crecer los vástagos, se trasplantaron al suelo.

Al obtener estas plantas injertadas, sus brotes laterales pueden aprovecharse para agilizar la propagación vegetativa. Al hacer esto, sin embargo, deben considerarse varios factores como el vigor del tallo, edad del brote, la técnica de implantación y la concentración de las substancias de crecimiento.

La tasa de producción se ha determinado bajo condiciones donde el suministro de plantas de espárrago, injertadas en aséptico son adecuadas. Pueden cultivarse hasta 500 segmentos de un brote de los vástagos de las plantas injertadas, por una persona en un día. Estas plantas injertadas producen vástagos que pueden ser cosechados a intervalos de dos a tres meses y se pueden obtener 350 plántulas enraizadas, listas a trasplantar, en tres a cuatro meses. Hasta 70,000 plantas puede llegar a producir una persona que trabaja 200 días en un año.

Con esta técnica, gran cantidad de plántula se ha producido a partir de los cultivos de yemas y han sobrevivido al trasplante. Se ha demostrado el valor comercial que tiene esta técnica y se puede utilizar en el campo para obtener una línea estaminada superior. Además, si se establece una parcela que contiene un clon estaminado superior y un clon pistilado superior, se podría producir una gran cantidad de semilla "híbrida" de alta calidad (48).

En otro estudio, Desjardins y Tiessen (10) observaron la concentración de la sucrosa y el ancymidol en el enraizamiento del espárrago "in vitro".

Se utilizaron las secciones basales como fuente para los explantes. Las concentraciones de sucrosa fueron de 0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 7 y 9 g / l y se suplementaron al medio modificado de Murashige y Skoog (el medio de Yang) el cual contiene 5 µM de ancymidol.

Los niveles muy bajos de sucrosa no ayudan en el crecimiento de la planta: Los niveles bajos (2, 3%) lograron un enraizamiento de un 40 %, el cual se compara con el medio normal de Yang que no contiene el ancymidol. Los niveles altos produjeron los mejores resultados, con el 95 % de enraizamiento en el menor tiempo. El crecimiento del brote fue bueno en el medio conteniendo 2, 3, 5 y 7 % de sucrosa.

Se sugiere que el ancymidol se requiere para la iniciación de la corona. Cuando la corona se inicia se puede inducir la formación de las raíces. El mecanismo para la producción radicular se debe a la alta concentración de sucrosa que debe haber en el medio.

Desjardins, Tiessen y Harney (11) estudiaron el efecto de la sucrosa y el ancymidol en el enraizamiento "in vitro" de las secciones nodales en dos variedades de espárrago: Guelph 97 y "Jersey Centennial".

De acuerdo con Yang, citado por los autores, muchos investigadores han tratado de desarrollar una técnica apropiada para la propagación del espárrago "in vitro". La de mayor éxito ha sido la obtenida por Yang y Clore en 1973, en donde secciones del tallo con un nudo originadas de una planta injertada fueron desarrolladas en un medio basal. Sin embargo, esta técnica fue lenta e ineficiente pues tomaba hasta 20 semanas para producir una planta trasplantable, con solo un 20 % a 50 % de las plantas regeneradas que se transfirieron al suelo debido al pobre desarrollo de las raíces.

En esta investigación, los autores Desjardins, Tiessen y Harney (11), citaron a Chin donde reporta que el ancymidol, una antigiberelina, agregada al medio modificado de Murashige y Skoog (MS) y reportada por Yang y Clore, inducía un 100% de enraizamiento después de solo ocho semanas en el medio y resultando en una reducción en el crecimiento del callo. Los brotes y las raíces desarollados en el medio con ancymidol fueron más vigorosas que las del medio sin ancymidol. Sin embargo, estos resultados no se pudieron duplicar con la mayoría de los clones originados de la selección Guelph.

Varios autores concuerdan en que la concentración absoluta de la sucrosa es importante en el enraizamiento de las plántulas "in vitro", ya que muchos reportes demuestran el efecto benéfico de las altas concentraciones de sucrosa.

Este trabajo reporta una interacción entre la sucrosa y el ancymidol en la formación de las raíces. Esta interacción conduce a que exista un alto porcentaje de enraizamiento y a la formación de raíces carnosas y una corona "in vitro".

Aumentando la concentración de sucrosa en un 7% en un medio que contiene 5 µM de ancymidol se incrementó el enraizamiento en un 95% en las dos selecciones de espárrago (Guelph 97 y "Jersey Centennial"). Sin el ancymidol, no hay evidencia que un incremento en la concentración de sucrosa, incrementa el enraizamiento. El incremento en el enraizamiento no fue el resultado de un efecto osmótico, ya que un reemplazo de la sucrosa por una concentración equimolar de manitol no mejoró el enraizamiento.

Con el uso del ancymidol, junto con las altas concentraciones de sucrosa, se promueve el enraizamiento y con ésto, aumenta la posibilidad de su uso en la producción de clones "in vitro" de espárrago a nivel comercial (11).

Clasificación de variedades

Existen distintos criterios de clasificación varietal, entre los que la coloración de los brotes es quizás el más importante. Existen variedades con brotes de color púrpura, que adquieren una tonalidad verde oscura, al ser expuestas a la luz; también hay rosados que al ser expuestas, viran a verde claro. Algunas variedades estan especialmente adaptadas al cultivo del espárrago verde.

Entre las variedades de mayor cultivo pueden citarse, entre las españolas: "Blanco de Aranjuez", "Blanco de Zaragoza", "Espárrago Morado" y "Largo de Navarra".

Entre las variedades extranjeras, pueden citarse: "Argenteuil", "Blanco de Holanda", "Connover's Colosal", "Mary Washington", "Jersey Centennial", "Viking", etc.

En los últimos años se están generando algunas variedades híbridas por parte del INRA francés. Entre este grupo pueden citarse: "Lara", "Diane", "Minerva", "Junon", etc. entre los híbridos dobles y "Aneto", "Desto", "Cito", "Steline" y "Ciprés" entre los híbridos clonales.

También existen actualmente en el mercado cultivares híbridos masculinos como: "Lucullus" y "Limbras". Otras variedades que se introdujeron en España en años recientes son: del grupo UC (UC 72 y UC 157, etc), Jacq. Ma., Híbrido 76, etc. (25).

Donde sí hay acuerdo entre la mayoría de los autores, es en considerar que las variedades de espárrago universalmente cultivadas, provienen del espárrago de Holanda (33).

La variedad más antigua de importancia conocida es la "Violeta Holandesa" (Violet Dutch), que puede considerarse la forma originaria de todos los tipos actuales de espárrago. Se caracteriza principalmente por las puntas redondeadas de sus brotes, cuyo color varía del rosa al violeta oscuro. También se distingue por ser más gruesos sus tallos. Se llevó a Inglaterra donde se hizo popular con el nombre de "Old English"(37) (6).

La variedad "Old English" tiene un follaje verde, con ramas primarias y secundarias largas y cubiertas de finas agujas, que tienden a caer, excepto en los extremos de las ramas. Esta variedad puede considerarse de caracteres externos, intermedios entre la "Argenteuil", rígida y de ramas cortas y la "Connover's Colosal", lacia y más plumosa (37).

La variedad "Argenteuil Temprano" se distingue por el grosor de sus tallos, sus extremidades puntiagudas y porque las escamas de que está revestido se hallan perfectamente comprimidas. Es más precoz que el espárrago de Holanda y proviene de esta variedad por selección de semillas. En el mercado de Paris se le tiene en gran estima y alcanza precios elevados con relación a las demás clases. Se cultiva en terrenos ligeros.

La variedad "Argenteuil Tardía" aparece más tarde y es más vigorosa, pero rinde menos que la anterior. Se cultiva fácilmente en terrenos fríos y húmedos y vive mucho tiempo (33).

La variedad "Espárrago Blanco de Aranjuez" es de gran tamaño, pero se endurece en los dos primeros tercios a partir del corte; por esta razón, no corresponde en sus cualidades comestibles a su buen aspecto (33).

La variedad "Mammoth White" se creó en E.U.A. Sus brotes son verde claro o blanquecinos y se convierten en blancos del todo tras crecer de 8 a 10 cm sobre el suelo.

La variedad "Snowhead" es la de Alemania que corresponde a la Mammoth White americana y también produce yemas completamente blancas (37).

El "Espárrago Común" es la variedad más pequeña; su producción es más temprana que las ya mencionadas. Produce turiones más inferiores y se cultiva poco en los huertos (33).

La variedad "Washington" se deriva de la Argenteuil y se conocen dos subrazas: "Mary" y "Martha", ambas muy difundidas en E.U.A. Su importancia particular es su resistencia al tizón, la *Rhizoctonia* y a los mohos en general. Las plantas son muy altas y de color verde oscuro, con agujas cortas en apretados grupos en las ramas (33) (37).

La Universidad de California en Davis ha producido una línea de variedades, las conocidas UC. Una de las más sobresalientes ha sido la UC 157 ya que fué adaptada especialmente para las zonas áridas. Esta variedad madura muy temprano; su color es verde oscuro y sus cimas son muy compactas. En un principio, la planta tiene de tres a cinco tallos y llega a producir altos rendimientos. La UC 72 es nueva y tiene buena tolerancia al *Fusarium*, al marchitamiento y a la roya. Los turiones son gruesos, verde oscuro con tonalidades púrpura y también tiene buenos rendimientos.*

Benson (4), un productor de la costa de California recibió asesoría de la Universidad de California de 1970 a 1985. Fué el primer productor en usar los trasplantes de plántulas producidas en invernadero en 1975. Durante estos años, Benson dirigió la Fundación Productora de Semilla de Espárrago, produciendo tres variedades: "UC 72", "UC 66" y "UC 157". La "UC 157" es el primer híbrido que se obtuvo a nivel comercial y cultivado a nivel mundial. Se han realizado muchos trabajos para producir la "UC 157" resistente a *Fusarium* y *Phytophthora*, las dos enfermedades más importantes que atacan el espárrago en E.U.A.

Ellison, Vest y Langlois (14) introdujeron la variedad "Jersey Centennial" (Rutgers - Michigan: Híbrido 202). Este cultivar resultó ser más vigoroso y más resistente a la roya y más productivo que la variedad "Mary Washington" cuando se establecieron en los suelos infestados de *Fusarium* de Nueva Jersey. También fue el cultivar que dió un mejor rendimiento en suelos no infestados de Michigan. En seguida se mencionan el origen y la descripción de la variedad.

* Catálogo de Hybrid Seeds, 1982, Pennsylvania.

Origen. La planta progenitora hembra se seleccionó en 1962 por su vigor, de una plantación de Mary Washington de 35 años en N.J; la mitad de las coronas estaban secas pero la elegida tenia 30 tallos. El progenitor masculino se seleccionó en 1960 por su resistencia a la roya, de una la plantación de Mary Washington de 15 años de N.J. La corona seleccionada tenía 58 tallos: los tres más grandes median 19, 17 y 16 mm de diámetro, a 2.5 cm del suelo.

Descripción. Estudiando el rendimiento de una plantación de ocho años se demostró que la "Jersey Centennial" promedió un 80 % más del turión clasificado como Jumbo (con diámetro mínimo de 1.6 cm) y se calculó que en estos años rendiría 38 % más que Mary Washington; también su cosecha se adelantaría en un 50 % (dos semanas). La máxima diferencia en el rendimiento se notó en los últimos años, lo cual indica que la ganancia es a largo plazo. Una razón pudo ser la tolerancia a la roya que fue adquiriendo la nueva variedad.

La variedad "Esmeralda", introducida por Peirce (31), es un nuevo cultivar que se adapta bien a los estados del norte de E.U.A. Su producción está destinada al consumo fresco. Su característica principal es el color verde brillante en todo el turión. Su calidad es igual a Mary Washington y Viking pero sobrevive mejor en tierras frías y por ello su rendimiento es superior en plantaciones jóvenes. En seguida se presenta su origen y una breve descripción.

Origen. Esta variedad es el producto de un cruzamiento de una planta con cinco pistilos con dos clones estaminados homocigotes para el factor recesivo de antocianina (la antocianina es un glucósido, que en solución en la vacuola da color a la flor; en este caso púrpura, por ser un pH básico). La selección de estos siete progenitores fue extraida de un bloque aislado donde hubo polinización artificial de dos líneas de propagación relacionadas. Estos clones se seleccionaron por su color verde brillante en todo el turión.

Descripción. La variedad "Esmeralda" tiende a emerger más temprano en temperaturas frías que Mary Washington y Viking y a demostrado una sobrevivencia excepcional bajo condiciones severas de invierno. Se ha calculado que rinde hasta un 25% arriba de Mary Washington. Al emerger, las puntas aparentan ser espárrago blanco, pero el tallo toma el color verde brillante al momento de la cosecha. Su sabor suave pero azucarado y su terneza, tienden a ser iguales que el de Jersey Centennial y Viking. En las parcelas experimentales la presencia de *Fusarium* y *Puccinia* no fueron mayor problema, aunque no se han realizado investigaciones que demuestren que esta variedad o sus progenitores sean resistentes.

Al propagar la semilla de "Esmeralda" se obtiene de un 12 a 18 % de puntas moradas debido a la heterocigosis para el factor de inhibición de antocianina. Esta característica en "Esmeralda" es indeseada, por lo tanto, se ha iniciado su propagación mediante el cultivo de tejidos. Este método asegura la venta de semilla y corona con la característica del color verde brillante a lo largo de todo el tallo (31).

Las plantas masculinas de espárrago son preferidas por los productores, porque rinden y viven más que las plantas femeninas; otra gran ventaja es que no tienen semillas. Al caer estas, de las plantas femeninas en una plantación, causan un serio problema de malezas. La mayor ventaja, a largo plazo, de tener una plantación híbrida masculina, es que el productor no puede obtener su propia semilla y tiene que cambiar toda la plantación original. Norton, citado por Ellison y Kinelsky (15), afirmó que la producción de semilla por parte de los productores ha causado la pérdida de pureza de muchas líneas puras, tal es el caso de "Martha Washington" y "Mary Washington"; estas líneas han disminuido su rendimiento y han perdido su resistencia a ciertas enfermedades como la roya. En esta investigación, los autores observaron el comportamiento del híbrido masculino "Jersey Giant".

Origen. La planta progenitora femenina de "Jersey Giant" fue seleccionada por ser temprana y de follaje vigoroso y provino de una plantación de "Mary Washington" de 10 años en Nueva Jersey. El progenitor masculino fue el No. 22-8, la 8ª cruza de la generación F1 de la planta masculina No. 22 (progenitor de la "Jersey Centennial"). Esta planta es homogamética para el gen masculino (MM), y produce solo plantas masculinas (Mm) cuando se cruza con una planta femenina (mm).

Descripción. "Jersey Giant" es un híbrido masculino (que no se produce asexualmente). Es muy resistente a la roya *(Puccinia asparagi)* en comparación con "Mary Washington". También es menos atacado por la pudrición de la raíz (*Fusarium oxysporum*) y la pudrición de la corona (*Fusarium moniliforme*) comparada con "Mary Washington". "Jersey Giant" tiene una producción temprana y vigorosa; los turiones son verdes con las brácteas y puntas moradas. Este híbrido se ha adaptado a muchas regiones; se está utilizando como un cultivar principal en las pruebas de campo en ciertas zonas de E.U.A., Canada y Nueva Zelandia.

En 1986, Ellison y Kinelsky (16) desarrollaron un híbrido masculino de espárrago llamado "Greenwich".

Origen. La planta progenitora madre No. 53 fue seleccionada por su vigor y su follaje verde oscuro, de una plantación de Mary Washington de 35 años en Greenwich, Nueva Jersey. El progenitor masculino fue el 22-8 homogamético para el gen masculino (MM). El origen de 22-8 fue una semilla producida por una planta masculina, vigorosa y resistente a la roya proveniente de Mary Washington.

Descripción. "Greenwich" es más resistente a la roya (*Puccinia asparagi*), a la pudrición de la raíz (*Fusarium oxysporum*) y a la pudrición del tallo y la corona (*Fusarium moniliforme*) que Mary Washington. Su rendimiento es de dos a tres veces mayor que el de Mary Washington.

Ellison, et al. (17) establecen que por ser el espárrago una planta dioica, existe mucha variación en el rendimiento, la resistencia a las enfermedades y casi todas las características de la planta. Es común que en una plantación donde la polinización es al azar, se encuentran plantas que rindan hasta 10 veces más que otras. Este tipo de variabilidad ofrece una oportunidad para seleccionar plantas superiores para la clonación. La "Jersey Queen" es un ejemplo de ello.

Origen. La "Jersey Queen" fue seleccionada de una plantación comercial de Mary Washington de 15 años en Maryland.

Descripción. Se comparó su rendimiento con el de otro clon, también seleccionado por su vigor y alto rendimiento. La distancia entre plantas fue de 0.6 m y entre surcos de 1.52 m, con una densidad de población de 10,764 plantas por ha. Los autores coincidien que, aunque esta densidad es la mitad de la comunmente usada para plantas híbridas en Nueva Jersey, la "Jersey Queen" rinde más del doble, lo cual es muy bueno para un híbrido. Otra ventaja de "Jersey Queen" es que el 90 % de sus turiones son de la clasificación Jumbo, comparado con un 30 o 40 % de otros híbridos. Con ello se ahorran costos en mano de obra, porque los turiones son más grandes y la cantidad que se cosecha es menor.

Características para la selección

Para que el espárrago logre ser de buena calidad, existen varias características que se exigen, algunas de éstas son las siguientes:

1. Precocidad. Se ha encontrado en todas las esparraguerras, la presencia de plantas precoces que anticipan la producción de los turiones hasta 30 días respecto a otras plantas de la misma raza y situadas en condiciones similares de terreno y de manejo.

2. Color. El espárrago silvestre es verde, pero son comunes los brotes que presentan coloraciones púrpura. La intensidad de color varia según las razas, el sistema de cultivo, el momento de recolección, etc. Desde el punto de vista cultural, las razas de color como el "Argenteuil" o el "Violeta" no se pigmentan como el tallo del espárrago, pues son blancas al despuntar de la tierra. En general, las variaciones de color no parece que sean de interés. Sin embargo, tienen un indudable valor estético que confiere aprecio a los turiones.

3. Sabor. Respecto a su sabor, a veces es agudo y amargo en el espárrago silvestre y atenuado en el común. El espárrago de Holanda tiene un sabor delicado y todavía más lo presentan las razas de "Argeteuil".

4. Terneza. El grado de terneza del turión esta en relación al sistema de cultivo y al momento de la recolección. La raza también tiene influencia. La terneza del turión no debe limitarse a la punta, sino comprender una posición de 5 a 10 cm y más. La tendencia del turión a lignificarse es un carácter que merece ser considerado en la elección de las plantas madres.

5. Morfología de la planta. La punta del turión puede ser aguda como ocurre en las razas comunes o siendo más o menos redonda en forma de cúpula como en la raza holandesa.

Se pueden tener cimas apretadas y uniformes (carácter óptimo) o más o menos abiertas (carácter no favorable). Es frecuente la disposición de las hojas en espiral. La tendencia de las hojas a abrirse por el empuje de las yemas auxiliares, es naturalmente influenciada por la estación y por tanto, es prevista con la recolección en el momento preciso.

6. Rizoma. Desde el punto de vista genético, también es interesante el estudio del rizoma. Su vitalidad se revela por el número de turiones que produce y se puede expresar con la simple relación: número de turiones producidos en la unidad de tiempo (por ejemplo, primer semana de la cosecha). El estudio debe ser realizado con plantas de la misma edad, que se encuentran bajo las mismas condiciones de terreno.

7. Reacción al medio. Una fuente de observaciones proviene de las reacciones que la planta manifiesta a las condiciones ambientales, a las condicones culturales y a los fertilizantes en particular.

8. Resistencia a las enfermedades. El tizón ataca a la planta en todas sus fases vegetativas. La tendencia actual es combatirla seleccionando variedades resistentes (33).

En otro estudio sobre la calidad del producto, se desarrollaron 12 parámetros para clasificar el espárrago en cuanto a su erguidez, redondez y la compactación de su punta. Tanto para la erguidez y la compactación se observaron diferencias entre los turiones que se clasificaron a mano en las categorías de consumo fresco y para industrialización. La redondez del turión no tuvo diferencia significativa para las dos categorías. La calidad del turión, indicado mediante los valores de los parámetros estudiados para la forma, tuvieron una diferencia significativa entre las fechas de corte y los productores (34).

Condiciones ecológicas

Clima. El espárrago requiere de un clima templado y frío, de alturas comprendidas entre los 1,200 a 2,700 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 8^{O} y 21^{O} C. Esto para los países localizados en las latitudes del ecuador, como: México, Centro América, el Caribe, Perú, Malasia y Taiwan, entre otros. Resiste bien los fríos intensos y los calores más fuertes, siendo importante una época fría (diciembre a febrero) para provocar la latencia en las plantas (18).

Actualmente, la producción de espárrago se ha introducido en nuevas regiones, en donde la altidud puede ser de 375 msnm como en Marín, Nuevo León o incluso al mismo nivel del mar como es el caso de Caborca, Sonora, ambos en México.

En el Hemisferio Norte, el espárrago se produce principalmente en: E.U.A., México, España, Inglaterra, Holanda, Francia y Egipto. En el Hemisferio Sur las zonas de producción son Chile, Australia y Nueva Zelandia. Las temperaturas que abarcan estas regiones van de -12° a 32° C y más. Las temperaturas en las zonas tropicales van de -1° a 32° C. La precipitación pluvial oscila entre 125 mm hasta arriba de 1000 mm en las selvas tropicales.*

Tiessen, citado por Burrows, et al. (8), dice que el espárrago se siembra en muchos climas, incluyendo zonas con inviernos de muy bajas temperaturas. Las pérdidas ocasionales en el campo durante el invierno generalmente se atribuyen a las enfermedades y al debilitamiento de las coronas, más que a las bajas temperaturas.

Burrows, Waters y Markhart (8) realizaron un trabajo para verificar la habilidad de las coronas jóvenes para aclimatarse a temperaturas bajo 0° C y el punto donde puede ocurrir dicha aclimatación. Probaron la respuesta de la plántula a la tolerancia del frío y la exposición a la presión del agua, porque estos dos factores se involucran en la aclimatación natural.

Se utilizaron plántulas de tres a cuatro meses del cultivar Mary Washington, se endurecieron artificialmente y las coronas se sometieron a pruebas controladas de congelamiento. Se determinaron dos regímenes de aclimatación de bajas temperaturas; el primero fue de 3° C por 1 o 2 semanas antes de congelar a 0°, -5°, -10°C; el segundo fue de 3° C por 0 , 1.5, o 3 semanas, siguiendo el congelamiento a 0°, -2.5°, -4.5°, -6.5°, o -8.5° C.

Pruebas en el crecimiento posterior demostraron que el endurecimiento con dos o tres semanas de aclimatamiento, tuvieron una tolerancia a -5° y -6.5° C, respectivamente.

* Información obtenida del Atlas Mundial Rand M^{c} Nally. 1982, Chicago.

Las plántulas con tensión del agua (contenido relativo del agua a 57 %) soportaron la exposición a -5° C, pero no a -6.5° C; las coronas rehidratadas y los testigos bien irrigados se endurecieron a -3.5° C.

En base a estos estudios, se observa que las bajas temperaturas de otoño son importantes en la aclimatación del espárrago, lo cual es un proceso gradual que dura varias semanas.

La presión del agua y la gota que de ello resulta en el contenido de agua del tejido, incrementó el endurecimiento de la corona a un nivel equivalente a la aclimatación de bajas temperaturas. Esto sucede cuando el contenido de agua en la planta disminuye conforme aumenta la tolerancia al congelamiento.

Es posible que con otro régimen de temperatura o un período de prueba más prolongado causaría que las plántulas se aclimaten artificialmente a temperaturas inferiores de -6.5° C (8).

Existe poca información acerca del crecimiento y desarrollo del espárrago en las zonas tropicales. Los trabajos realizados en Taiwan aunque interesantes, no son necesariamente relevantes ya que su clima es sub-tropical con una estación distintivamente fría. Investigaciones realizadas en la Universidad de Massey, Nueva Zelandia, bajo un clima controlado, han demostrado una serie de respuestas a la temperatura "en plántulas", lo que se supone se aplica también a plantas establecidas. Los resultados indican que la temperatura óptima para la acumulación de la materia seca es de 25° a 30° C. También han demostrado que conforme la temperatura se incrementa de 10° a 35° C, la relación raíz : tallo disminuye, lo cual significa que la mayor parte de los recursos de la planta se van en la producción del follaje y no en el almacenamiento en las raices. Estos logros podrían tener mayores implicaciones en cuanto a la producción del espárrago en zonas de altas temperaturas (29).

La temperatura es un factor muy importante en el crecimiento de los turiones. Algunos autores han constatado que crecen desde 1.8 cm/día a 13° C hasta 3 cm/día a 17° C (25).

En regiones donde las temperaturas son altas (> 35° C) se presenta posteriormente a la temporada de crecimiento, una excesiva producción de tallos, los cuales utilizan la sacarosa producida y disminuyen la cantidad de fotosintatos para el almacenamiento. Los rendimientos resultan bajos pues los turiones son pequeños y de baja calidad (44).

Knott, citado por Valadez (44), determina que la temperatura del suelo para la germinación de las semillas debe tener un rango de 10° C a 35° C, con una óptima de 24° C, pudiendo emerger a los 10 días. Igualmente menciona que el espárrago debe desarrollarse a temperaturas mensuales mínimas de 2° C y máximas de 18° C para obtener turiones de buena calidad.

Uno de los desordenes fisiológicos más comunes durante la cosecha es el llamado "plumaje", que se manifiesta cuando las brácteas de los turiones se parten debido a temperaturas arriba de 28° C (44).

La producción de espárrago en zonas áridas se lleva a cabo con mucho éxito en el desierto de Sonora, México, donde el principal requerimiento es la irrigación. Otra limitante es la variedad a elegir y que la punta del turión no se abra muy pronto ni muy cerca del suelo. El mayor problema es la coincidencia de altas temperaturas durante el período de cosecha (29).

La fotosíntesis puede estar limitada también por las altas temperaturas, provocando que las reservas almacenadas para el año siguiente sean inferiores. Sin embargo, la planta se comporta satisfactoriamente bajos esta condiciones y hay oportunidad para provocar una latencia inducida mediante una sequía, como se hace en Perú, con la idea de cosechar los turiones fuera de temporada. Esta práctica sólo es posible en zonas desérticas donde el follaje se produce mediante la irrigación (29).

Agua. El espárrago resiste bien los períodos de sequía. Aunque no se han determinado los niveles de nocividad, está comprobado que un exceso de agua en invierno, debido generalmente a las lluvias, puede ser perjudicial para el cultivo. Así mismo, una falta acentuada de humedad en verano disminuye la frondosidad de la vegetación, dificultando la fotosíntesis y reduciendo, por consiguiente, la acumulación de reservas para la siguiente cosecha. En relación con los factores climáticos se debe considerar que en los climas templados y mediterráneos, el frío es el causante del reposo vegetativo, mientras que en los climas sub-áridos, la sequía es el principal determinante de este reposo vegetativo (6).

Suelo. El espárrago necesita suelos francos, franco-arenosos, ricos en materia orgánica, profundos, bien drenados y con pH de 6.0 - 8.0, siendo lo ideal de 6.5 - 7.0 (18).

El sistema radicular está formado por raíces gruesas y carnosas; el suelo ligero y suelto permite su expansión. Los turiones emergen rectilíneos, pues la resistencia que ofrece un suelo de textura arenosa a su avance vertical es mínima; por lo mismo, son más tiernos, tienen menos fibra y su sabor no es amargo (6).

Luz. La planta requiere plena luz, por lo tanto, debe ubicarse lejos de árboles y setos. La elección de la exposición y la protección al norte es muy importante y eficaz para los fines de la precocidad del producto. La exposición del mediodía es en general el mejor. El factor precocidad es importante pues constituye un elemento prevalente en la dirección del cultivo; también en este aspecto, es importante la naturaleza del terreno. Los suelos arenosos, aunque generalmente claros son los mejores porque se calientan más rápido que cualquier otro. Se ha comprobado que la coloración oscura favorece el calentamiento de la tierra y que los abonos orgánicos y el mantillo en particular, tienen una influencia benéfica en tal sentido (33).

Salinidad. La planta es muy tolerante a las sales. En zonas desérticas se le puede cultivar con éxito donde los suelos son muy salinos. Hasta la fecha, no se conocen síntomas a causa de las sales. La conductividad eléctrica de un suelo puede ser hasta de 10 mmhos sin bajar el rendimiento del cultivo, aunque ello depende del riego y de un buen manejo (40).

Manejo y establecimiento del cultivo

Selección del terreno

Se deben seleccionar terrenos con condiciones uniformes y con un buen drenaje. Los manchones de arena o texturas variadas en un sitio afectan la fertilidad y la irrigación. El espárrago puede prosperar en muchos tipos de suelo pero se debe tener en cuenta que la planta tiene un sistema radicular muy extenso y para un máximo desarrollo los suelos sueltos, ligeros y claros son preferibles. Los suelos de textura fina como los arcillosos, no son los mejores para el cultivo de espárrago, pero con un manejo adecuado pueden llegar a ser aceptables (40).

Preparación del terreno

Como regla general, se obtiene poca ganancia en una plantación de espárrago durante los primeros dos o tres años. La condición del suelo, por lo tanto, debe ser de tal forma que las labores culturales sean las más sencillas y económicas. Si las malezas, sobre todo las gramíneas, están presentes, elevarán los costos de deshierbe. Una pasada de arado de discos, antes de hacer los surcos para la siembra del cultivo, puede eliminar gran parte de las malezas de invierno (40).

En lugares donde hay sistemas de riego, el terreno debe nivelarse lo mejor posible para que el riego sea uniforme. Donde el riego es por inundación, se requiere de 5 a 10 cm de pendiente, por cada 500 m de surco, dependiendo del tipo de suelo. El riego por aspersión se puede utilizar donde la calidad del agua es buena (40).

Fechas y métodos de siembra

En las zonas desérticas del sur de California por ejemplo, donde la lluvia que cae es poca, las plantaciones pueden establecerse durante el invierno. En la mayoría de las zonas productoras la época de siembra va de enero a marzo (6).

Existen tres métodos que en seguida se describen. El método tradicional y el más utilizado, es el de trasplantar coronas de un año que provienen de un semillero. Otro método es de trasplantar plántulas de 10 a 12 semanas, que fueron sembradas en un invernadero. La tercer opción es de sembrar la semilla directamente en el campo fijo.

Los tres métodos pueden sembrarse en camas elevadas o en superficies planas. En la mayoría de los casos, las plántulas o semillas se colocan en el fondo del surco y a través de los meses se cubren gradualmente con tierra, conforme las plantas crecen y se desarrollan. Los sistemas radiculares están enterrados de 15 a 25 cm de profundidad cuando llega el momento de la cosecha.

Cada método de siembra tiene sus ventajas y desventajas particulares. El método de siembra con plántula parece ser el más eficiente, dado al costo muy alto de la semilla híbrida; además se ha comprobado que en este método hay menos fallas. La ventaja del trasplante de coronas es que en menos tiempo, se obtiene una plantación uniforme y se llega a la producción más temprano (40).

Método de trasplante de coronas de un año.

1) Siembra. La siembra se realiza en un semillero en campo abierto. En febrero - marzo, la semilla se siembra en camas de doble hilera con 1 m entre hilera, 7 cm entre planta y de 3 a 5 cm de profundidad.

2) Densidad de población. Para sembrar una hectárea se requiere de 5 a 8 kg de semilla. La población de plantas por hectárea será de 142,800.

3) Cuidados. Se debe mantener limpio el semillero de todo tipo de maleza y proveer riegos a cada 15 días, sobre todo antes y después de germinadas las plántulas.

4) Trasplante. Al término del primer año de desarrollo (10 a 12 meses) se poda el follaje, se junta y se quema. Se sacan las coronas en diciembre y enero usando una pala (como se cosecha la zanahoria) o mejor aún, con el instrumento utilizado en la cosecha de la papa. La extracción de las coronas debe hacerse a mano y con mucho cuidado para no causar mucho daño a las raíces y observar que éstas no estén afectadas por algún patógeno. Al desenterrar las coronas, se clasifican por tamaño. Las más pequeñas y las que tienen algun daño se descartan. Las mayores se pueden separar en secciones viables.

La operación de trasplante se debe realizar inmediatamente. El terreno se prepara previo a la extracción de las coronas. La distancia entre surcos es de 1.8 m. La profundidad de la zanja depende del tipo de suelo. La corona se coloca a mayor profundidad en los suelos arenosos que en los suelos más pesados. La profundidad más común es de 25 cm. Las coronas se van colocando en el fondo de la zanja a cada 30 cm con ayuda de maquinaria. Posteriormente, a mano, se arreglan en posición vertical, tomando la precaución de que las raíces queden desplegadas. Las coronas se cubren con una capa de tierra de 5 a 8 cm y se riegan.

5) Cuidados. Los riegos subsecuentes deben hacerse conforme lo requieren las plantas. El control de malezas es muy importante y se debe mantener limpio el cultivo desde el principio. Al emerger las plántulas y conforme crecen se realiza una serie de aporques. De esta manera, se controlan las malezas y se forma un canal de riego, a cada lado de las hileras (40).

Método de trasplante de plántulas de 10 a 12 semanas.

1) Siembra. Las plántulas se producen en invernaderos, en contenedores de propagación. Se trasplantan al terreno fijo cuando tienen entre 10 a 12 semanas. Esta operación puede realizarse mecánicamente, lo cual baja el costo, si el terreno es grande. Con este método se logra una sobrevivencia del 92 al 98 %. Es uno de los métodos más utilizados en California, donde cada día está obteniendo mayor popularidad.

Para obtener la plántula, lo más común es comprarla de un invernadero especializado en ello. Una ventaja de este método es que el productor puede trasplantar tarde en invierno o temprano en primavera, si las condiciones del clima lo permiten. En el invierno se controla la temperatura, tanto de noche como de día. Los requerimientos de riego y fertilización dependen de la edad de la plántula y la mezcla de tierra. Para cubrir los requerimientos nutritivos iniciales de las plántulas se aplica un fertilizante completo que contiene microelementos.

2) Trasplante. Se preparan las zanjas de 15 a 20 cm de profundidad con arado de discos. Se trasplantan de igual forma que las coronas. Esta operación puede realizarse manual o mecanicámente. La distancia entre surcos es de 1.5 a 1.8 m. La mejor distancia entre plantas es de 30 cm. Se debe regar inmediatamente después del trasplante para asegurar la tierra alrededor de las raíces y evitar la deshidratación (40).

3) Cuidados. El problema más serio es la presencia de malezas durante las primeras semanas de crecimiento. Las plántulas son muy susceptibles a la competencia con las malezas. Una forma de control es mediante las labores de cultivo, que cada vez cubren más la planta con tierra; también es efectivo el uso de herbicidas de contacto (40).

Adler, Dufault y Waters (1), citan en un estudio, a varios autores donde confirman que el uso de trasplantes de 10 semanas para el establecimiento del espárrago, es cada día más utilizado porque se establece una plantación más resistente. Hay economización en la semilla y no son necesarias las prácticas de siembra y trasplante que se requieren al usar coronas. Aunque es común que el follaje se marchite poco después del trasplante; esto limita el potencial de crecimiento de las plántulas durante la primera temporada de desarrollo. El vigor del follaje está correlacionado con los altos rendimientos, según lo afirma Ellison, en otra cita por los autores, por lo tanto, un retraso en el crecimiento puede limitar el potencial de rendimento, especialmente en zonas donde las estaciones de crecimiento son cortas. De aquí, la importancia de incorporar fertilizantes para el desarrollo de sistemas radiculares vigorosos en los trasplantes.

Burrows y Waters (7) estudiaron el establecimento del espárrago en el otoño usando trasplantes de plántulas, por ser una alternativa a la siembra directa o al trasplante de coronas. Una desventaja es que las plántulas requieren mucho espacio en el invernadero, al inicio de la primavera, cuando éste es crucial. El trasplante en otoño evita la competencia con otros cultivos, tanto por el espacio como por los cuidados en el invernadero. Liptay, citado en este trabajo, encontró que los trasplantes a fines de agosto sobreviven y rinden igual que las coronas de un año sembradas en la siguiente primavera.

Después del primer ciclo de crecimiento completo, las plántulas de 9 y 11 semanas, trasplantadas en el otoño, exhibieron características superiores en sus coronas y follaje, comparado con plántulas de las mismas edades trasplantadas en la primavera. Las plántulas se mantuvieron en cajas frías durante el invierno y se trasplantaron en la primavera; éstas igualaron o superaron su crecimiento sobre las trasplantadas en el otoño anterior. Para este estudio se utilizó el híbrido "Jersey Giant" y la variedad "Mary Washington".

Los objetivos de este trabajo fueron aclarar las contradicciones en la literatura y determinar si el trasplante en otoño es una alternativa viable en regiones con inviernos muy fuertes.

Las variables estudiadas al final del primer período de crecimiento fueron: el peso de la corona, el peso y la altura del follaje, la edad de las plántulas y las fechas de trasplante. Las medidas que se tomaron al momento del trasplante fueron: el número, la altura, el peso fresco y el peso seco de los brotes, el número de yemas y el peso seco de las raíces.

"Jersey Giant" fue superior a "Mary Washington" en todos los factores investigados, excepto en las alturas del follaje tomadas en julio y en otoño. Esto puede deberse al mayor peso que tiene la corona de "Jersey Giant" en el momento de establecerlas en el campo.

Estudios basados en el crecimiento de las plántulas hechos por Nichols y Woolley y Benson y Takatori, todos citados por los autores, sugieren que las diferencias en el crecimiento inicial de las plántulas, especialmente en la distribución de la materia seca, puede deberse al mayor vigor de los híbridos sobre los cultivares de polinización abierta.

En este trabajo se encontró que el trasplante en otoño puede tener el mismo éxito que los trasplantes en primavera. Sus autores, Burrows y Waters (7), sugieren que en general las plántulas más grandes (ya sean mayores de edad o de un cultivar más vigoroso) se desempeñan mejor. Los productores deberían considerar el trasplante de otoño como una buena opción, basando su decisión sobre factores económicos y biológicos.

Método de siembra directa.

En este método la semilla se siembra directamente en el terreno fijo. Este método ahorra el trabajo y los costos que implican cuidar un semillero o las plántulas. Otra ventaja es para aquellos productores que siembran arriba de 200,000 plantas por hectárea. También le da al productor más libertad para elegir su fecha de siembra, aunque se puede arriesgar en los meses de primavera por el lento período de germinación que dura de cuatro a cinco semanas. La mejor temperatura para la germinación es de 25° C a 30° C.

La principal limitante aquí, es el control de las malezas porque emergen junto con las plántulas.

1) Siembra. Se siembran en camas elevadas o en el fondo del surco. En las zonas desérticas se prefiere sembrar en camas elevadas, donde la semilla se siembra a 3 cm, permitiendo que el calor del sol promueva la germinación. La siembra en el fondo del surco se hace a 15 cm de profundidad. Las plántulas se cubren con tierra cuando se realiza el aporque. Al quedar las plantas bien cubiertas se forman camas elevadas y a cada lado queda un canal de riego. La distancia entre surcos es de 1.5 a 1.8 m y la distancia entre plantas es de 8 a 15 cm. La densidad de población es de 200,000 plantas por hectárea y son viables de 10 a 15 años.

2) Cuidados. Se debe mantener el suelo húmedo para obtener una buena germinación y emergencia. Donde hay sistemas de riego se recomienda iniciar la plantación con riegos por aspersión y posteriormente con inundación. Aquí, la presencia de malezas también es un problema muy serio (40).

Cuidados en la plantación establecida

Primer año

Las labores de cultivo mediante aporques, consisten en cubrir el fondo del surco donde están las plantas y controlar las malezas. Los riegos se dan conforme sean necesarios y según el tipo de suelo. Las reservas alimenticias en las coronas son escasas al momento del trasplante, por lo tanto un buen cuidado de la plantación es necesario durante el primer año. Después que la planta cesa su período vegetativo, el follaje se marchita. Esto coincide con el inicio del invierno y por lo tanto, con el período de latencia de la planta. El follaje se corta al ras se junta y se quema.

Segundo año

Usualmente en California, se cosecha la plantación de dos años durante tres a cuatro semanas a menos que el desarrollo del follaje fue pobre el año anterior (primer año). Posteriormente se deja que la planta desarrolle su follaje nuevamente. Las reservas para el cultivo del año siguiente se acumulan en las coronas durante el verano y el otoño.

Después del segundo año

Durante el tercer año y los próximos, la cosecha va de seis a ocho semanas o hasta 10, según los cuidados, realizándola a mediados de mayo hasta agosto. En otoño, el follaje se seca y de nuevo se poda en invierno. Al transcurrir los años, después del cuarto o quinto se deben continuar las labores de aporque, ya que con el tiempo, las coronas van quedando expuestas cerca de la superficie. Cualquier daño que se les haga a los brotes disminuirá el rendimiento del año siguiente (40).

En el Instituto Campbell (9) en Villagrán, Guanajuato, México, se llevó a cabo una investigación para estudiar la posibilidad de obtener dos cosechas de espárrago al año. Se ha observado que las plantas de espárrago permanecen latentes solo 15 semanas durante el invierno. Ello sugiere que la plantación puede cosecharse en primavera por algunas semanas, permitiendo que el follaje crezca por tres meses y cosechar otra vez a fines del verano. El follaje podría crecer durante el otoño hasta su período de latencia; entonces, se tendrían dos períodos de cosecha, i.e., dos períodos vegetativos y uno de latencia cada año. Este trabajo reporta los resultados de un experimento diseñado para comparar los rendimientos de un período de cosecha en primavera con otro que tiene dos períodos de cosecha: primavera y verano, en esta zona. En las zonas de mayor producción de espárrago en E.U.A., el período de cosecha es de 8 a 14 semanas durante la primavera. Al terminar este período, las plantas crecen y acumulan reservas para el año siguiente. Después del período de crecimiento en el verano, las plantas pueden permanecer latentes de 20 a 25 semanas dependiendo de la región. Takatori, et al., citados en este trabajo reportaron los resultados en rendimientos y vigor de plantas influenciadas por el tiempo y la duración de los cortes. Los resultados indicaron mejores rendimientos al cosechar durante un solo período de 60 días, que cosechando un mes en primavera y otro mes en otoño. El follaje que se eliminó al cosechar en verano fue siempre verde y muy vigoroso.

Para los primeros tres años, la fertilización anual fue equivalente. Posteriormente, las parcelas que se cosecharon dos veces al año recibieron una suplementación. Durante los primeros cinco años, el rendimiento combinado de las dos cosechas (primavera - verano) fue aproximadamente un 65 % mayor, que el de sólo una cosecha en primavera.

Los resultados indican que se pueden obtener altos rendimientos en el Bajío con dos cosechas al año y hay buena demanda para el producto en estas fechas.

Labores de cultivo

Aporque. El aporque consiste en acumular cierta cantidad de tierra alrededor de los rizomas del espárrago. Los objetivos principales de esta práctica son: 1) proteger contra la sequía; 2) prevenir los daños por exceso de lluvias; 3) proteger las raices superficiales; 4) mejorar la implantación y evitar el acame de las plantas; 5) controlar las malezas; 6) mejorar la aireación del suelo; 7) facilitar las labores culturales y las operaciones de recolección (38) y 8) con esta labor se logra obtener los turiones blancos.

Esta operación se realiza a finales de cada invierno o a principios de la primavera, después de haber realizado la cosecha.

Escardas. Ayudan a coservar la humedad del suelo y extirpar malas hierbas; se realizan dos veces al año durante los primeros dos años de producción, después las zanjas son muy profundas. Se efectuan antes de fertilizar: una antes del corte y otra al inicio del período vegetativo (44).

Labores entre líneas. Se efectúan a lo largo de todo el año y su fin es de eliminar las malezas y desmenuzar la tierra. También ayudan a conservar la humedad (6).

Poda. Consiste en cortar los tallos aéreos (follaje) que se secan en otoño. La idea es evitar que los frondes sirvan de albergue a las fases invernales de algunas plagas y enfermedades; esta práctica se hace al final de invierno. Las matas se amontonan y se queman (6).

En el pasado, la quema era el método más común para eliminar el follaje, aparte de controlar alguna plaga o enfermedad.

Hoy en día, la quema está prohibida en casi todo el estado de California. Ahora se poda tan pronto se seca en otoño y se deja descomponer sobre el terreno durante el invierno. El inconveniente es que queda mucho rastrojo que interfiere al momento de la cosecha. Además, la roya y la mancha púrpura pueden invernar en el rastrojo. Estas dos enfermedades fungosas causan grandes pérdidas en los años subsiguientes debido a una reducción en el almacenamiento de carbohidratos que la roya causa al defoliar las ramas o, en el caso de la mancha púrpura, la calidad de los turiones disminuye. Lo más factible es trasladar el follaje a un terreno de desecho (40).

Control de malas hierbas

Las características físicas de los suelos (franco-arenosos) que exige la esparraguera hacen particularmente difícil la búsqueda de herbicidas selectivos apropiados y disminuyen en gran número la gama de elección. En este tipo de suelos los herbicidas se percolan fácilmente y pueden llegar hasta las raíces, dañando la planta, si los productos no son selectivos (6).

Cada año se prueban nuevos herbicidas tanto para la preemergencia como para la postemergencia. Los siguientes herbicidas se han registrado en California para el control de malezas perennes en plantaciones de espárrago: Glyphosate, Trifluralin, Terbacil, Napropamide, Dicamba y 2, 4-D.

Se han usado otras prácticas porque la semilla de espárrago tarda en germinar. Una es asperjar el terreno con un herbicida de contacto (tal como el aceite de zanahoria), uno o dos días antes de que las plántulas emergen para destruir las malezas existentes.

Las malezas anuales que aparecen tarde en invierno se destruyen con los aporques cuando se prepara el terreno para la siguiente cosecha. Las malezas perennes deben destruirse antes de la siembra, sino su control será un gasto constante para el productor (40).

En el Cuadro 6 se enlistan los herbicidas que se recomiendan en México.

Cuadro 6. Herbicidas de preemergencia y postemergencia recomendados para el espárrago.

Herbicida	Dosis	Tipo
Afalón (Linurón)	2-3 kg/ha	Preemergente
Karmex (Diurón)	2-3 kg/ha	Preemergente
Gesatop (Simacina)	5-8 kg/ha	Preemergente
Faena (Glifosato)	1-1.5 l/ha	Postemergente
Treflán (Trifluralina)	1.5-2 l/ha	Postemergente
Sencor (Metribuzín)	1-2 kg/ha	Pre y Postemergente

Fuente: Warnocky y Melis, citados por Maroto (25) y productores de espárrago.

Riego

Como es normal, las necesidades de agua en el espárrago son proporcionales a la superficie foliar, siendo muy intensas durante los meses de junio, julio y agosto. Debe asegurarse un buen nivel de humedad al suelo para que la brotación y la cosecha se vean favorecidas, tratando de evitar los excesos de agua (25).

Los riegos deben ser ligeros y frecuentes, con intervalos de tres a cuatro semanas, siendo necesario contar con un buen drenaje para evitar la pudrición de la raíz. El número de riegos al año es de 8 a 12 (44). Aunque durante la cosecha se riega cada otro día en surcos alternos.

En la mayoría de las zonas donde se cultiva el espárrago se usa el sistema de riego por inundación. En zonas desérticas durante la cosecha en primavera se riega cada 10 a 14 días, también en surcos alternos y en verano se requieren riegos profundos cada 7 a 10 días. En zonas más fértiles, en el verano, los riegos son a cada 4 a 6 semanas según el tipo de suelo.

Usualmente, el riego se detiene en septiembre - octubre cuando las plantas inician su período de latencia y el follaje se deja hasta que se marchite completamente (40).

Los estudios en el efecto de la humedad del suelo, el crecimento de la planta y el rendimiento hechos por Wilcox-Lee (45), indican que existe una fuerte relación entre el potencial del agua en el xilema de la hoja y el crecimiento. Los potenciales del xilema en el punto en que el estoma se cierra o donde el crecimiento cesa, se han determinado para ciertas especies de cultivos por varios autores. Sin embargo hay poca información en la relación entre la humedad del suelo, la relación agua-planta y el crecimiento del espárrago. Aunque se considera que este cultivo es relativamente tolerante a la sequía, varios investigadores, citados en este trabajo, han observado que el marchitamiento del follaje y los rendimientos restringidos, ocurren bajo condiciones de poca humedad en el suelo. Los objetivos de estos estudios fueron determinar la relación entre suelo-agua-planta y el crecimiento del espárrago en el invernadero.

Los tratamientos de la humedad del suelo se iniciaron en un estudio en el invernadero usando plántulas del cultivar "Jersey Giant" de 14 semanas.

Los tratamientos consistieron en secar los contenedores (macetas) a un mínimo potencial mátrico del suelo en un rango de -0.05 a -1.5 MPa previo al siguiente riego. Después de 10 semanas, los pesos secos de las raíces y del follaje, la altura del follaje y el número de brotes disminuyeron al reducir la humedad del suelo, teniendo las pérdidas más grandes entre el potencial mátrico del suelo de -0.05 y -1.0 MPa. La proporción raíz : brote incrementó con una disminución en la humedad del suelo. Se hizo una prueba en una cámara de crecimiento, donde se regaron plántulas de cuatro meses a la capacidad del contenedor (simulando la capacidad de campo) y se dejaron secar hasta un potencial mátrico del suelo de -1.5 MPa.

El potencial del xilema, el contenido relativo del agua (RWC por sus siglas en Inglés) y el crecimiento de los brotes fueron medidos diariamente conforme el suelo se secaba de su capacidad de campo a -1.5 MPa. El potencial del xilema se correlacionó con el crecimiento o con RWC. El crecimiento del brote cesó cuando el potencial del xilema del follaje fue de -1.8 MPa. El RWC se redujo de 95 % a la capacidad del contenedor hasta 80 % a un potencial mátrico del suelo de -1.5 MPa. Estos datos indican que el espárrago exhibe características de tolerancia a la sequía. Sin embargo, a pesar de esta tolerancia aparente, el crecimiento máximo ocurre en las plántulas cuando el potencial agua-suelo está cerca de la capacidad de campo, indicando que los riegos constantes son benéficos en las plantaciones recién establecidas (45).

Fertilización

Las prácticas de fertilización en este cultivo son muy variadas. Algunos productores nunca fertilizan, otros incorporan de 67 a 89 kg / ha durante la etapa de crecimiento. Otros aplican de 335 a 446 kg / ha de un fertilizante compuesto. Una fórmula general, es de aplicar 112 kg de Nitrógeno, 61 kg de Fósforo y 112 kg de Potasio por hectárea, antes de establecer la corona o la plántula (40).

El primer factor a considerar cuando se desea incorporar la fórmula ideal de fertilización en las plantas, es el suelo; hay que conocer su contenido de elementos nutritivos, el estado en que se encuentran y si están disponibles para que las plantas los puedan absorber.

El espárrago presenta características muy propias que se deben tener en cuenta al planear las prácticas de fertilización, estas son:

– Casi toda la producción de turiones se realiza a expensas de las reservas acumuladas del año anterior.

– Durante el ciclo anual hay "períodos críticos" que marcan el avance de la absorción de los nutrientes por la planta. Estos períodos se delimitan por el clima, el agua y el suelo; en las latitudes de Europa y Norteamérica, las fertilizaciones son primordiales en el momento del pleno desarrollo del follaje, después de la recolección y después del período de latencia, antes de la cosecha.

– Las necesidades nutritivas de las plántulas son mínimas el primer año, van aumentando gradualmente hasta las máximas en el sexto y séptimo año, disminuyendo posteriormente hasta el final del cultivo (6).

Lubet, el al., reportados por Maroto (25), efectuaron una prueba en terrenos arenosos, donde se comprobó una pequeña respuesta productiva a incrementos notables del fertilizante nitrogenado y potásico, con lo que, para asegurar producciones de 5 a 6 ton/ha en ausencia de riegos, es suficiente una fertilización anual de 100 kg/ha de cada uno de estos elementos.

El espárrago requiere altos contenidos de boro, pudiendo bloquear su absorción, varias causas a una deficiencia en el suelo, como un encalado excesivo o una sequía.

Se cree que el fósforo mejora la calidad al disminuir la cantidad de fibra de los turiones.

Moreau, et al. citados por Maroto (25) reportan que una cosecha de espárrago extrae grandes cantidades de calcio, el cual juega un papel importante en la relacion Ca/P, que debe ser de 3 / 1.

Los estudios que han evaluado las necesidades nutricionales de N, P y K en plántulas de espárrago han sido pocos. Precheur y Maynard citados por Adler, et al. (1) reportaron que el desarrollo de las plántulas era mayor con una proporción de N: 75 % NO -N y 25 % NH que con 75 % a 100 % NH -N. Fisher y Benson, también citados encontraron que al aumentar las proporciones de N se incrementaba la formación de raíces y la acumulación del peso seco, pero al incrementar el P bajaba el peso seco de las raíces.

Aún no está muy claro el papel que juega el K en combinación con el N y el P en el crecimiento y desarrollo de las plántula, aunque hay algunas respuestas. Brasher, también citado, observó que una proporción de 1 : 2 : 3 de N, P y K incrementaron los rendimientos; en cambio, una de 1 : 2 : 2 los bajó. También reportó que el P sólo se incrementa en el follaje, no en el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de las proporciones de N, P y K en el desarrollo de las plántulas de espárrago.

El incremento de la proporción de P aumentó el crecimiento del follaje mucho más que si se incrementaban las proporciones de N o K. Conforme se incrementaban las proporciones de P de 0 a 20 ppm, los pesos en fresco y en seco de los vástagos y la altura de la planta se incrementaron. Conforme se incrementaron las proporciones de N de 0 a 100 ppm, aumentó la acumulación del peso seco de los vástagos. Las proporciones de K de 0 a 200 ppm no tuvieron ningun efecto en el crecimiento de los vástagos.

Conforme se incrementó la proporción de N de 100 a 200 ppm, en conjunto con el incremento de P de 10 a 20 ppm, la producción de vástagos aumentó progresivamente.

La relación de crecimiento entre vástagos y raíces se vió muy afectada por el N y el P. Las proporciones en peso de corona : vástago disminuyeron al aumentar el N; pero la proporción raíz : vástago, no se vió afectada al incrementar el N. Una proporción de corona : vástago alta en peso es ideal, ya que la división de biomasa en la corona, no en los vástagos, conserva los carbohidratos necesarios para promover el crecimiento de las plántulas trasplantadas.

Parece haber un balance entre el crecimento de la corona y del follaje influenciado por el NPK. Entonces, se debe obtener la proporción adecuada entre NPK para maximizar la calidad de la corona de los trasplantes.

El medio utilizado para desarrollar los trasplantes en este trabajo fué bajo en N, P y K; se indica que las soluciones nutritivas deben tener al menos 20 ppm de P y 100 ppm de N y K.

Pitman, Sanders y Swallow (32) observaron que las yemas, cuando rompen la latencia, las raíces de almacenamiento proporcionan carbohidratos y amino ácidos a los tejidos en crecimiento. Al producirse los fotosintatos, se reduce el suministro de estas raíces. A partir de entonces y a lo largo de la temporada de crecimiento, debe haber suficiente fertilizante que provee el N para maximizar el desarrollo de la corona y la concentración total de fructosa, sin estimular un desarrollo excesivo del follaje.

Para este estudio se usaron coronas de 1 año del cultivar "Princeville" y se desarrollaron hasta dos años en contenedores. Las concentraciones de N fueron de 0 a 340 kg de N/ha. Al aumentar la dosis de N, disminuyó la concentración total de fructosa en la corona y aumentó el desarrollo del follaje. Se encontró que alrededor de 57kg de N/ha deben aplicarse al espárrago durante el segundo y tercer años de crecimiento.

Plagas

-- Afido europeo del espárrago (*Brachycolus asparagi*). En 1980 en el estado de Washington causó pérdidas que ascendieron a 12 millones de dólares. Se descubrió por primera véz en el Valle de Coachella, California en 1984. Hoy en día, está diseminado por todo el estado donde hay producción de espárrago. El áfido de color azúl verdoso a grisáceo, mide 1 mm. Al presentarse un número considerable de áfidos en una planta, éstos inyectan una toxina, que se deposita en la corona donde se cree que ocurre un desbalance hormonal, que provoca una emergencia prematura de los turiones. La planta se debilita y muere. Existe un programa de control químico que se maneja cuidadosamente junto con inspecciones continuas de campo para detectar a tiempo su presencia. Además, se debe eliminar el follaje en otoño y dar una pasada con arado para exponer sus huevecillos y ninfas (40).

-- Trips (*Frankliniella sp.*). Los trips pueden causar considerables pérdidas en el espárrago, particularmente en los semilleros, en plantaciones sembradas en forma directa, donde se han trasplantado plántulas o coronas. Estos deshidratan el follaje y destruyen las puntas (40).

– Mosca del espárrago (*Platyparea poeciloptera*). Es del tamaño de la mosca común, de cabeza roja, tórax gris con tres rayas oscuras longitudinales y abdomen color café oscuro (6).

Inverna en forma de pupa, los adultos aparecen con la primavera. Oviposita en abril y mayo sobre los tallos jóvenes; las larvas hacen galerías en el interior del tallo, que llegan hasta la corona. Los tallos se doblan y marchitan. Se puede combatir con diazinón, entre otros, en cuanto se observan los primeros adultos (25) (6).

-- Cicada (*Tibicen* sp.). Se han realizado varios estudios sobre la cicada, pero hasta la fecha no se ha podido determinar la extención de los daños en la planta, ni una medida efectiva para su control. Parece ser que su daño principal ocurre en las raices cuando las ninfas están en el suelo. La plaga es más frecuente en ciertos valles de California (40).

-- Cienpies de los jardines (*Scutigerella immaculata*). Fue por muchos años la plaga más dañina en California cuando se producía el espárrago blanco. Aunque pequeños, son muy destructores al presentarse en grandes cantidades. Los adultos miden aproximadamente 6 cm de largo. Al alimentarse hacen gran cantidad de agujeros en la parte subterránea del tallo, en donde se forman fibras duras quedando inaprovechable el turión blanco (6).

Prácticas generales de control:

1. Buscar variedades resistentes.
2. Cortar en otoño todos los tallos afectados, sacarlos con cuidado del campo y quemarlos.
3. Tratar preventinamente con flor de azufre y pulverizar por la mañana en junio cuando las plantas estan todavía mojadas de rocío.

4. Rociar los tallos en junio cuando la planta está completamente ramificada, con caldo bordelés, formado por 1.2 kg. de sulfato de cobre, 0.8 kg de cal en 100 lt de agua. Al caldo se le puede agregar 250 g de sulfato de nicotina para combatir también a la mosca del espárrago. El tratamiento debe repetirse.

5. Contrarrestar por medio de inundaciones (caso del cienpies durante verano) (33).

6. Insecticidas como "Tamarón 600", "Paratión etílico" y "Folidol M-50" se utilizan efectivamente para controlar el escarabajo (*Crioceris*) en dosis de 1 lt/ha y el "Phosdrín" en dosis de 0.3 lt / ha Para los diferentes tipos de gusano y sus adultos (mariposas) se puede aplicar "Dipel" y "Lannate 90%" en dosis de 0.3 kg/ha o "Belmark 100" en 1 lt/ha (44).

Enfermedades

–Pudrición del tallo y de la corona (*Phytophthora megasperm* var.*sojae*). Estos fitopatógenos se presentan durante inviernos lluviosos y en suelos con mal drenaje causando fuertes pérdidas en la producción. En zonas de suelos mal drenados, donde hay plantaciones de espárrago, se hace una labor de cultivo para airear el suelo saturado. También hay un control químico que se aplica a mediados del invierno antes de la cosecha. Otra forma de control es el uso de variedades resistentes a estas enfermedades (40).

– Mal vinoso (*Rhizoctonia violácea*). Con mayor o menor intensidad, este hongo se presenta en todas las zonas de producción de espárrago. Es una enfermedad criptogámica que tarda varios años en manifestarse. El hongo tiene un poder germinativo de hasta 11 años y vive a gran profundidad en el suelo. La infección se inicia en forma muy lenta en las raíces (causando lesiones rojizas) y hasta el segundo o tercer año se observan los primeros daños en la parte aérea. Su presencia se detecta durante la cosecha; los turiones son delgados, cortos, duros y oscuros. En estado avanzado, la planta se marchita y muere (25) (6).

El nombre de "mal vinoso" proviene del color rojo-vinoso que toman las raíces, que con el tiempo se oscurecen más por fuera, quedando vacías y con manchas color vino en su interior.

Los suelos ácidos y la falta de materia orgánica favorecen su desarrollo (6).

Control: 1. Evitar el establecimiento de espárrago en terrenos donde antes estuvieron otros cultivos sensibles a la enfermedad como: alfalfa, papa, betabel o el mismo espárrago. 2. Si se cree que hay infección conviene sembrar papa o betabel, se observan los tubérculos y las raíces y se determina si hay o no algun daño. 3. Es importante sembrar coronas sanas; su color blanco-marfil y la abundancia de raicillas absorbentes son pruebas de un buen estado. 4. Como medida preventiva es recomendable introducir las coronas en una solución que contenga 250 g de T.M.T.D. al 80 %, en 10 litros de agua por unos minutos. Una alternativa es tratar el fondo de las zanjas con P.C.N.B. en dosis de 100 kg/ha al 20 %. Si la infección aparece ya en la plantación establecida, se arrancan las plantas dañadas y las ubicadas en un radio de 2 metros; se queman en ese mismo lugar y se cava una zanja de 50 cm de profundidad en el extremo del radio y se hecha cal viva en el fondo (6).

– Fusariosis (*Fusarium oxysporum*). Quizás esta enfermedad causa las pérdidas más fuertes en las plantaciones de espárrago en todo el mundo. El hongo causante del ataque, vive en el suelo y ataca a la corona, impidiendo el desarrollo de las raíces absorbentes. El primer síntoma se observa un amarillamiento de algunos tallos o el marchitamiento del follaje durante el verano. La base de los tallos presentan un rayado pardo-rojizo y otras lesiones debajo del suelo. Los daños son más severos en las plantaciones nuevas (40).

La infección puede transmitirse a través de semillas de plantas enfermas o encontrarse en el suelo. Se propaga cuando el clima es húmedo y con altas temperaturas. Le favorecen los suelos ácidos, con mal drenaje y deficientes en calcio y magnesio o ausencia de boro (6).

Se ha aislado la pudrición del tallo y de la corona (*Fusarium moniliforme*) de lesiones en el tallo y la corona de plantas maduras. Los síntomas son semejantes a la pudrición de la raíz, excepto que esta enfermedad resulta en un colapso de las raíces más que en las típicas lesiones rojizas de las raíces. Este hongo no puede sobrevivir en el suelo en ausencia de la planta hospedera. Sus esporas se diseminan en el aire de planta en planta y las infectan en la base del tallo. El ataque es más severo en suelos de pH ácidos y en niveles altos de N. La temperatura óptima para la manifestación de esta enfermedad es de 24 a 30^{0} C. Mucha o muy poca humedad en el suelo ayuda a diseminar la infección. Las plantas que han sido ataçadas por el gusano minador o por la roya, tienen una mayor incidencia en ser atacados por *Fusarium*, que las plantas que no fueron atacadas (39).

Los factores ambientales adversos y las interacciones con otros organismos con *Fusarium* spp. añaden tensión a las plantas, debilitándolas. *Fusarium moniliforme* también puede contaminar la cubierta de las semillas y los tratamientos para su control son iguales que los empleados para *Fusarium oxysporum*. Sin importar el tratamiento que se de a la semilla, se debe tratar primero con "Thiram" antes de la siembra (39).

Control: 1. Elegir semillas de plantas sanas. 2. Elegir el terreno para semillero y para la plantación, que en al menos cinco años no haya tenido espárrago; que esten saneados, sean neutros o ligeramente alcalinos y bien drenados. 3. Tratar la corona con la misma solución utilizada para *Rhizoctonia*. 4. Usar variedades resistentes, aunque las nuevas como UC 157 demuestran un nivel de tolerancia, pero no resistencia al patógeno. Algunos estudios han demostrado que las coronas más viejas tienden a ser más resistentes a la enfermedad y que la cosecha muy prolongada, ocasiona que las coronas se debiliten dando libre entrada a la infección (6).

También las semillas sanas se desinfectan con cloruro de mercurio (calomel); las plántulas se sumergen en hipoclorito de calcio al 0.1% por varios minutos. En verano, el terreno se riega con productos órgano-mercúricos. Estos tratamientos únicamente se efectuarán después de la cosecha. No se conocen variedades resistentes a esta enfermedad (26).

--Roya (*Puccinia asparagi*). Los síntomas de la roya no aparecen en los turiones cosechados pero sí, en el follaje joven que se desarrolla después del período de corte. El mayor daño es en el sistema radicular que reduce su expansión y su vitalidad (39).

Los primeros síntomas aparecen en abril y mayo cuando hay mucha humedad y altas temperaturas. El riego por aspersión o la lluvia pueden causar la humedad deseada por el hongo. Con riego por inundación en plantaciones donde el follaje es muy denso, el aire no circula apropiadamente, las temperaturas son altas y pueden propiciar el ataque (40).

La roya puede manifestarse en el semillero o en el terreno fijo. La infección en su inicio causa lesiones pardorojizas en los tallos y los cladodios. Cuando el daño es fuerte se defolia la planta. Esto reduce el almacenamiento de los carbohidratos en la corona y la debilitan para la siguiente cosecha. Una particularidad de la roya es que sobre una misma planta invadida, desarrolla todo su ciclo de evolución. El hongo inverna en el follaje seco como una espora negra y puede reinfectar el cultivo si las condiciones se lo permiten (40).

Control: 1. Espaciar más entre surcos y riegos y orientar los surcos conforme a los vientos dominantes; de esta forma desaparece el rocío matinal lo más pronto posible. 2. Asperjar químicos preventivos. 3. Eliminar los tallos secos en invierno y los enfermos y quemarlos en el mismo campo. 4. Establecer variedades resistentes como "Mary Washington". 5. Aplicar productos químicos. La lucha química contra la roya no proporciona resultados satisfactorios pero combinada con medidas culturales, se pueden controlar sus fuertes ataques; con éxito se han utilizado los fungicidas "Maneb", "Zineb" y "Manzate 200" en dosis de 2 kg/ha (44) (6).

Yang (46) llevó a cabo un estudio para determinar el efecto del benomyl en el desarrollo de los brotes y raíces en explantes de espárrago establecidos en un medio de cultivo.

La absorción, traslocación y acumulación del benomyl, un fungicida sistémico, en varios órganos de la planta se han reportado por varios autores. Su presencia resulta en la prevención de enfermedades fungosas, como lo reportan Becker, Erwin y Saenger en una cita por el autor, pero también posee algunas propiedades regulatorias de crecimiento.

Los resultados demuestran que de 10 a 50 ppm de benomyl, promueven significativamente el desarrollo de los brotes en el medio de cultivo. Esto sugiere que el benomyl puede tener un uso ventajoso en el invernadero o en el campo, no sólo para controlar las enfermedades causadas por hongos, sino también para promover el desarrollo de los brotes y mejorar el rendimiento. Se requieren más estudios para observar el efecto del benomyl en el crecimiento de los brotes y en el rendimiento del cultivo y la fungitoxicidad en el campo. Además son necesarios para determinar el potencial útil de este fungicida en los campos comerciales y en las prácticas de invernadero.

Aunque algunos investigadores reportaron que varios virus han infectado plantaciones de espárrago en Europa, se ha dado poca atención a este tipo de infecciones en Norte América. Recientemente, Mink y Uyeda, citados por Yang y Clore (47), encontraron tres virus designados tentativamente como: A-, B- y C- en campos experimentales y comerciales del estado de Washington. El tipo C también se detectó en semilla de espárrago proveniente de California y Nueva Jersey. El virus latente del espárrago se transmite a través de la semilla y Paludan, también citado, reportó en 1964, una infección de un 65 %. Es muy probable que estos virus estén ampliamente diseminados por todas las zonas productoras de espárrago en el mundo.

Como era de esperarse, se encontró que varias plantas de cultivares usadas para estudios de propagación y de tejidos de cultivos fueron infectados por estos 3 virus, en forma individual o en combinación. Ahora se intensifican los estudios para obtener grandes cantidades de plantas libres de virus por medio del cultivo de tejidos. Estos trabajos se usarán para determinar el efecto del virus en el crecimiento de la planta, así como su rendimiento y la calidad de sus turiones y establecer plantaciones de un máxima selección y libre de virus para estudios posteriores en propagación y producción de semilla.

En 1973, Hasegawa, et al., citados por los mismos autores, obtuvieron plantas de espárrago a partir del cultivo de puntas de brote; mientras que Muller, et al., también citados en este trabajo, lo lograron a partir de los meristemos apicales, aunque este procedimento no se ha usado hasta ahora (1976) para obtener plantas libres de virus. Estudios preliminares indicaron que las plantas obtenidas de 0.5 a 1.0 mm de longitud de las puntas de los brotes estaban generalmente libre de virus.

Hacer excisiones y cultivar los meristemos apicales es mucho más difícil, que hacer las excisiones y cultivar las puntas de los brotes. Debido a que casi se obtuvo el mismo número de plantas libres de virus en los dos métodos, se recomienda el segundo tipo de cultivo. Sin embargo, si el cultivo de puntas de brotes falla en eliminar algun tipo de virus, entonces podría ser que el cultivo del meristemo apical sea el más apropiado (47).

Weissenfels y Schmelzer, citados por Yang (49), fueron los primeros en reportar en 1976 que las infecciones de virus en el espárrago causaban una baja en su vigor y productividad con pérdidas en el rendimiento de por lo menos un 20%.

Mink y Uyeda, reportados por Yang (49), aislaron dos virus de las plantaciones de espárrago, tipo B- y tipo C-, los cuales se consideraron ser aislados de los virus AV-1 y AV-2, respectivamente, que provienen de Europa.

Ambos investigadores estudiaron los efectos de los virus aislados de Washington de los virus AV-1 y AV-2 bajo condiciones de campo. Las plántulas de espárrago portan una variación considerable en su hábito de crecimiento, productividad y resistencia a enfermedades. Por lo tanto, una sola población clonal de plantas fue desarrollada mediante cultivo de tejidos; se usaron cuatro plantas de espárrago de 10 años, las cuales fueron propagadas por cultivo de tejidos a partir de una selección pistilada única. Estas cuatro plantas se identificaron bajo la prueba de virus y se encontró que tenían, ya sea sólo AV-1 ó AV-1 + AV-2. Sin embargo estas plantas no demostraron síntomas en el campo.

Los resultados indicaron que las plantas infectadas sólo de AV-1 ó AV-2 no se ven afectadas severamente después de dos años en el campo; aunque las plantas que fueron infectadas con los dos virus, demuestran una gran desmejoría y mortandad en el segundo año. Si estos resultados son representativos de los campos comerciales, esta combinación de virus será un factor limitante en la producción de espárrago en el estado de Washington.

Cosecha

La labor de cosecha es la más costosa de todo el cultivo. Se calcula entre 60 a 65 % de los gastos totales. El costo tan elevado no es el principal factor limitante, sino la posibilidad de que en algún momento no se corten los turiones por falta de mano de obra (6).

Al segundo año después del trasplante se podrán recolectar los primeros brotes (turiones) de espárrago. Al principio, es decir, en el primer año de cosecha, se recomienda no cortar más de tres o cuatro brotes por planta, dejando desarrollar los demás para robustecer y fortalecer las coronas. A partir del cuarto año de establecido el cultivo y en adelante, la cosecha se prolonga desde ocho semanas hasta un máximo de 10 a 12 semanas (18).

Benson y Motes (3) realizaron una investigación acerca de la influencia de cosechar el espárrago 1 año después de sembrado, sobre la subsecuente calidad y rendimiento del turión.

Una ventaja de cosechar el espárrago 1 año después de la siembra es que el productor obtiene una ganancia monetaria más temprano. Investigadores citados en este trabajo, han reportado que cosechar en este momento causa reducciones en el número, diámetro y producción total de turiones en los siguientes años. Sin embargo en trabajos realizados por otros autores han revelado que no existen bajas en el rendimiento o la calidad, al cosechar 1 año después de la siembra.

Este estudio se llevó a cabo en dos localidades diferentes. Los resultados demostraron que no hubo efecto o aumento en el rendimiento, peso y número de turiones cosechados después de 1 año de sembrar las coronas, comparado con las plantas cosechadas dos años después de la siembra de las coronas.

El peso promedio del turión fue significativamente mayor el segundo año en los dos lugares, donde se habian cosechado los turiones a 1 año de la siembra de las coronas. Un mayor peso en el turión indica que el diámetro es más grueso, no que la longitud sea mayor.

Parece ser que el incremento en el peso promedio del turión, se debe al aumento de los carbohidratos en reserva, que producen las plantas cosechadas a 1 año de su siembra. Este aumento se explica por la mayor cantidad de follaje que se produce el primer año, como resultado de la liberación de la dominancia apical incitada al cosechar los turiones.

La cantidad de turiones que se pueden cosechar un año después de la siembra depende de cada región productora, siempre y cuando las condiciones de suelo, clima y la ausencia de enfermedades, etc., lo permiten. Lo anterior debe considerarse para no disminuir las reservas de la corona y afectar la calidad de los turiones en las producciones posteriores (3).

En otro estudio, Dufault (12) registró la respuesta del espárrago cosechado en primavera y en verano con respecto a las presiones de cosecha.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las presiones de la cosecha en el crecimiento del follaje y de las coronas del espárrago cosechado en primavera y verano.

Las plantas de dos años del híbrido "UC 157F1", desarrolladas en el campo en 57 contenedores, se cosecharon por primera vez en primavera (Marzo, 1988) o en verano (Julio; 1988) bajo presiones de corte de 3, 6, 9 o 12 turiones por planta. El follaje se podó para promover la emergencia de los turiones en el verano.

Las presiones de corte no tuvieron efecto en el diámetro del turión en ninguna de las dos estaciones. La cosecha del verano requirió la mitad del tiempo que el necesario para el período de primavera. El follaje de las plantas cosechadas en primavera vivió 63 días más que el follaje desarrollado después de la cosecha de verano; la presión de corte no tuvo ningun efecto sobre la vida del follaje.

Para noviembre de 1988, la calidad y el crecimiento de la corona, las épocas de cosecha y el almacenamiento de carbohidratos en las raíces fueron similares entre todas las presiones de corte; aunque el contenido de carbohidratos fue mayor en la cosecha de verano que en primavera.

Las coronas almacenadas en un cuarto frío durante el invierno de 1988, se establecieron en el campo en la primavera. Las plantas cosechadas en el verano de 1988 produjeron 21% más follaje en el verano de 1989, que aquellas cosechadas en la primavera de 1988. La producción de follaje en 1989 fue similar para todas las presiones de corte (12).

Los turiones se cosechan tan pronto emergen en primavera; se cortan a mano al ras del suelo cuando alcanzan de 20 a 25 cm de longitud. Para su consumo en el mercado fresco, deben tener las puntas (cimas o yemas) compactas y un buen color verde.

Al inicio de la temporada de cosecha, el corte se hace cada tercer día, pero conforme el clima es más cálido, la planta se desarrolla con más rapidez y la cosecha es diaria. Si se deja que los brotes crezcan demasiado, el mercado los rechaza por su alto contenido de fibra, por la pérdida de sabor y además, se interrumpe la producción de nuevos brotes y el período de cosecha se acorta (37).

El espárrago blanco se corta en cuanto despunta y a una longitud suficiente para atar bien los manojos. Su mercado es limitado. En Inglaterra se consume el espárrago verde con base blanca. El corte se realiza cuando los turiones han crecido de 12 a 15 cm sobre el suelo y se cortan entre 8 y 10 cm bajo la superficie, según la porción blanca que se desee (37).

Hay muchos métodos para transportar los turiones del campo al almacén donde se clasifican, lavan y empacan. Al inicio de la temporada, se cosecha poco y se usan canastos; al aumentar la cantidad, los turiones se amontonan a lo largo del surco y se recogen en cajas o en carritos motorizados si el terreno es muy extenso. Los turiones deben acomodarse en el mismo sentido (las puntas hacia el mismo lado) y se retiran del campo lo más pronto posible. Si el almacén está muy retirado, las puntas se humedecen para mantenerlas frescas (40).

Lorenz (22) hizo un estudio en 1969 acerca de las cosechadoras de espárrago existentes y la posibilidad de diseñar otras más eficientes. Al momento de este estudio se conocían ocho tipos de cosechadoras que estaban a prueba en diferentes regiones.

En 1948, la Universidad de California desarrolló una cosechadora no selectiva para el espárrago blanco. Esta máquina portaba una banda con sierra para cortar los turiones a varios centímetros bajo tierra. Se adaptó a cultivos desarrollados en suelos ligeros. La cosecha se hizo a cada cinco días. Si se cosechaba cada nueve días, entonces se obtenía espárrago blanco y verde.

Desafortunadamente, la recuperación de la planta no era como cuando se cosechaba a mano, a no ser que se deseara obtener los dos tipos de espárrago. Otra cosechadora parecida se probó en espárrago verde pero los rendimientos sólo alcanzaron un 55 % de la cosecha manual. Con los precios de entonces (1970s), los costos de mano de obra y producción, necesitarían alcanzar un 65 % para justificar la cosechadora. Aunque conforme sube el precio de la mano de obra, la ventaja de la máquina es más significativa. Existen varios tipos de cosechadoras selectivas que se han probado para el espárrago verde. Una de ellas es la Hart-Carter con un precio de $4,000 U.S. Tiene una serie de cuchillas que se arrastran sobre el surco y supuestamente sólo son cosechados los turiones que alcanzan cierta altura. Otra cosechadora selectiva usa un detector eléctrico; su precio es de $ 27,000 U.S. y puede cosechar hasta 40 ha al día (22).

Aún se espera crear una cosechadora eficiente. Se están realizando varias investigaciones basándose en las prácticas culturales y en la densidad de población, lo cual proveerá una gran cosecha en cualquier momento y donde el principio de la "no selección" tenga mercado (22).

En California muy poco espárrago se cosecha en forma mecanizada. Aún no existe una cosechadora selectiva económica, pero si hay mano de obra disponible. Existen algunas cosechadoras no selectivas que se usan a escalas limitadas que cosechan el espárrago para procesar, pero no son prácticas en la cosecha de turiones para consumo fresco (40).

La cosecha es muy delicada porque interactúa estrechamente con el clima, sobre todo con la temperatura. Si se presentan altas temperaturas en ese momento, la recolección se debe iniciar muy temprano por la mañana. De no ser así, los turiones crecen en exceso, se lignifican, pierden su sabor y las puntas se abren. Las pérdidas pueden ser cuantiosas. La presencia de lluvias, también causan un crecimiento rápido, mientras que los días nublados y frescos lo inhiben.

Para cortar los turiones existen cuchillas especiales de mango largo y una hoja cóncava (Figura 5). Con su uso adecuado se evitan daños a los nuevos brotes. De no contar con una, se usan navajas afiladas teniendo mucho cuidado de no dañar las coronas ni los brotes.

Figura 5. Cuchilla especial para cosechar espárragos.

Clasificación y empaque

Los turiones cosechados se llevan a un almacén donde se clasifican según su tamaño. Aunque existen varios criterios para clasificar el espárrago, algunos distribuidores han especificado que los turiones se clasifiquen de acuerdo a cinco tamaños; enseguida en el Cuadro 7 se presenta un ejemplo:

Cuadro 7. Clasificación de los turiones de acuerdo a especificaciones para Florida, E.U.A.*

Clasificación	# de clasificado	# de turiones/manojo
Small	1	10
Standart	2	14
Large	3	18
Extra Large	4	28
Jumbo	5	38

Cada manojo, sin importar la clasificación, pesa 0.5 kg (1lb) y se colocan en cajas que contienen 5 kg (11 manojos). Las cajas son de madera, de forma piramidal y sus dimensiones son: 30 cm de largo, 22 cm de ancho y 25 cm de alto. El precio que se paga en Florida por caja es $ 4 US en julio; en diciembre alcanza $ 5 US.

* Información obtenida en la Finca del Lic. Miguel O. Alvarado. Chimaltenango, Guatemala.

Los manojos se forman usando máquinas atadoras, de las que hay varios tipos, sin faltar las de fabricación casera (Figura 6). Una vez reunidos, las puntas deben quedar parejas y los tallos se atan con cinta o rafia. Antes de sacar los tallos de la máquina, se emparejan cortándolos por la base a la misma altura. Esos manojos suelen pesar abajo de 1 kg (37).

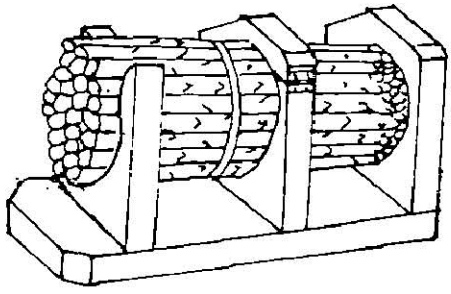


Figura 6. Atadora de Espárragos.

Al terminar de acomodar los manojos, se colocan dentro de las cajas. En ocasiones es tanta la práctica que se tiene al clasificar los turiones y amarrar los manojos, que no se usa la atadora. Las cajas (de madera ya que protegen mejor que las de cartón) se arman conforme se ocupan. Cuando se llenan, se colocan sobre un costado, para emparejar las bases de los manojos cortando la parte que sobresale. De esta manera, la longitud de todos los turiones será uniforme.

Las cajas son de tamaño variable, acomodándose a las exigencias en el número de manojos. Unas contienen hasta 14 kg de producto.

Antes de cerrar la parte inferior de la caja se coloca un cartón del mismo tamaño de la base. Si se coloca húmedo ayuda a que los espárragos no se deshidraten; por último se clava el piso. En la parte superior se deja un espacio de unos 3 cm que permite el crecimiento post-cosecha que tienen las puntas; también las protege para que no se maltraten.

Al cerrar las cajas se colocan primero en un tambo de 200 litros con agua y un jabón suave o cloro y luego, en otro tambo se enjuagan.

Manejo de post - cosecha

Una de las hortalizas más perecederas, el espárrago se deteriora rápidamente a temperaturas arriba de 5° C. La calidad, el contenido vitamínico y el delicado sabor, se mantienen con muchos cuidados a lo largo de toda la trayectoria al mercado.

Las hortalizas frescas son productos vivos; respiran, irradian calor, pierden humedad y presentación en el mercado si no se manejan con cuidado. Las prácticas físicas de manejo, salubridad, la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente son algunos factores que influencian el deterioro del espárrago después de cosechado (40).

La pérdida de calidad empieza durante la misma cosecha. En zonas donde las temperaturas alcanzan de 29° a 35° C, aún durante pocas horas, puede resultar en grandes pérdidas de calidad. La recolección, la clasificación, el empaque, el lavado y el transporte deben realizarse lo más pronto posible. En el almacén se pueden colocar enfriadores de agua para remover el calor de campo de los turiones y colocando las cajas empacadas en un cuarto frío hasta que se transportan a la industria o al mercado.

Ya sea en el almacén del rancho o en la facilidad más próxima, el espárrago empacado debe enfriarse de 1° a 3° C y se deberán mantener estas temperaturas a lo largo del período de mercalización.

En California, el espárrago para consumo fresco usualmente lo clasifican y empacan los mismos productores y lo marcan con su propia etiqueta. Los dos tipos más comunes de empaque en la zona son: "el paquete suelto" y "el paquete en manojo". En años recientes, se ha introducido "el paquete individual" que ha agradado al consumidor. En un manojo suelto, los turiones se cortan a 22 cm de longitud y se colocan en cajas piramidales de madera o de fibra de vidrio y que contienen 30 lb (13.5 kg) de turión sin clasificar. Las cajas de 15 lb (7kg) son nuevas y tienen gran aceptación entre los distribuidores (40).

Almacenamiento

A temperatura ambiente, los turiones se deterioran muy rápido, con descomposición de sus azúcares y pérdidas en su sabor y tienden a hacerse fibrosos. El almacenamiento a 0^{o} ó 1^{o} C inmediatamente después del corte frena este deterioro, prolongando la vida del turión durante tres semanas; fuera del ambiente frío, los turiones duran tres días.

El espárrago se puede mantener favorablemente hasta por tres semanas a 2^{o} C. Se puede almacenar durante 10 días a 0^{o} C pero está sujeto a sufrir daños por congelamiento. Es esencial tener una humedad relativa alta para prevenir la deshidratación. Esta humedad se requiere más en las bases de los tallos, de allí la necesidad de humedecerlos.

El espárrago con base blanca (fibrosa) es menos perecedero que el verde. La presencia de bacterias y hongos en las puntas y bases son los principales causantes de una pudrición (43).

Se ha comprobado a nivel experimental, que el almacenamiento con un ambiente de 1% de anhídrido carbónico y con 5 a 10% de oxígeno, alarga la vida útil de los turiones hasta cinco semanas. También debe haber una buena circulación de aire entre los manojos.

Se recomienda cortar la base del turión antes de almacenarlos para prevenir la presencia de hongos. Solo se aprovechan los turiones con yemas bien cerradas, pues las puntas maduras (abiertas) se estropean fácilmente (37).

El almacenamiento con una atmósfera controlada benefícia al espárrago, aún si es por un período corto porque retarda la pudrición y el endurecimiento, que se inician al momento de la cosecha. Si se desconoce la temperatura adecuada y ésta excede los 5^{o} C, la concentración de dióxido de carbono no debe ser arriba de 7%; pero si la temperatura se mantiene a 0^{o} C, se sugiere una concentración de 12%. Una exposición muy corta a 20% de dióxido de carbono, reduce la pudrición de la base (43).

Saltveit y Kasmire (36) estudiaron los cambios en la respiración y composición de diferentes longitudes en turiones almacenados. Los más cortos de 24 cm usualmente no se venden en el mercado; en cambio se procesan pero producen menos ganancia. Aún así, estos turiones pueden tener diferentes características de almacenamiento que los de longitud comercial. La respiración de los turiones cortos está influenciado por el aumento del porcentaje del tejido en crecimiento en la parte apical vs. la parte basal y por la proporción aumentada de la superficie cortada al peso del tejido. Los incrementos en las tasas de respiración reducen la vida del producto en el mercado.

Los autores registraron el efecto de los daños y la ubicación del tejido en las tasas de respiración durante el almacenamiento y el efecto del almacenaje, en los cambios en el nivel de los carbohidratos solubles, los amino ácidos y las proteínas.

Los turiones se cortaron a 21, 14 y 7 cm de largo y se almacenaron a 2.5° C por una semana. Los tejidos apicales tuvieron tasas de respiración más altas que las de los tejidos basales; los cortes para obtener secciones apicales de 7 cm de largo, causaron un incremento significativo de 15% en la respiracón que duro unos días.

Los cortes hechos a 14 cm desde el ápice no tuvieron efecto en la respiración. Durante el período de almacenamiento de siete días, la producción de CO_2 bajó un 50%, perdiéndose la mayor parte durante los primeros tres días. El almacenamiento causó bajas significativas en los carbohidratos solubles a lo largo de los 21 cm del turión, los amino ácidos en los 14 cm y las proteínas a lo largo de los 7 cm apicales del turión de 21 cm. Los turiones de 7 cm tuvieron por lo menos el doble de pérdidas de estos componentes que los de 21 cm.

Los turiones cortos son más susceptibles a las pérdidas de calidad que los comerciales. Si se comercializan, se deben considerar los puntos estudiados y procurarles óptimas condiciones de almacenaje para minimizar estas pérdidas (36).

III. MATERIALES Y METODOS

Materiales

Insumos y equipo utilizados en el campo:

Tractor con arado de discos, subsoleador, aporcador, mochila aspersora, pala, azadón, sifones, cinta métrica, fertilizantes inorgánicos, insecticidas y fungicidas.

Materiales utilizados durante la cosecha:

Cuchillo, navaja, bolsas de papel, etiquetas y marcador.

Materiales utilizados en la toma de datos:

Balanza analítica, regla y vernier; también se utilizó una regla de 2 m.

Material biólogico:

El material biológico constó de las siguientes variedades:

-- 1 oz. de semilla de espárrgo de la variedad UC - 800

-- 1 oz. de semilla de espárrago del híbrido UC - 157

-- 1 oz. de semilla de espárrago de la variedad Mary Washington 500

Descripción y localización del terreno

La investigación se inició en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. durante el ciclo de otoño-invierno de 1988. El campo se localiza en el municipio de Marín, Nuevo León y está geográficamente ubicado en las coordenadas 25°56' latitud norte y 100°03' longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a una elevación de 375 m.s.n.m.

Clima de la región

El clima de la región, de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado para México por Enriqueta García (1973), es del tipo BS_1 (h') hx' (e'), lo cual indica:

BS_1 : Clima seco o árido, con régimen de lluvias en verano, siendo el más seco de la clasificación BS.

h'h : Temperatura anual sobre 22° C y bajo 18° C en el mes más frío.

x : El régimen de lluvias se presenta como intermedios entre el verano e invierno, con porcentaje de lluvia invernal mayor de 18 %.

e' : Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales arriba de 18° C.

Las temperaturas máximas en esta región se presentan en julio y agosto, siendo estas superiores a los 28° C, alcanzando hasta los 45° C. En los meses más fríos de diciembre y enero, las temperaturas son inferiores a los 18° C llegando hasta los -7° C.

La precipitación pluvial media anual es de 500 mm, con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm; la mayor parte se distribuye en los meses de agosto a octubre; la que resta ocurre en forma eventual durante el resto del año.

Las heladas generalmente se presentan entre los meses de noviembre a marzo, siendo un promedio anual de tres a cuatro, registrándose las más severas en el mes de enero.

Las granizadas ocurren con una intensidad promedio de un día al año, generalmente en los meses de Abril y Mayo.

La nubosidad se presenta en promedio de 90 a 110 días al año, durante los meses con mayor precipitación pluvial.

Los vientos se registran con una velocidad promedio de 20 km / hr.

Suelo de la región

Los suelos que predominan en la región, de acuerdo a la clasificación de CETENAL (1977), son del tipo Feozem calcárico y Regosol calcárico.

El suelo donde se estableció el cultivo de espárrago es de color café-grisáseo con un pH de 7.6. La textura es franco arcillosa (Arcilla = 42.00%, Arena = 33.88% y Limo = 24.12%). Su contenido de materia orgánica es medio (2.40%). Es medianamente pobre en nitrógeno total (0.12%), bajo en fósforo aprovechable (1.1 ppm) y extremadamente rico en potasio aprovechable (468 kg/ha). El contenido de sales solubles (conductividad eléctrica) es de 1.4 mmhos/cm a 25° C determinando que no es salino. La densidad aparente es 1.3 gr/ml. El contenido de cobre es 3.4 ppm, de fierro 6.3 ppm, de manganeso 8.9 ppm y de zinc 7.6 ppm.

El agua utilizada para el riego se clasifica como C_3S_1 (altamente salina y baja en sodio).

Métodos

Diseño del experimento

El diseño experimental que se utilizó fue el de Bloques al Azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos con lo cual se generan 12 unidades experimentales.

El modelo estadístico que corresponde a un diseño de Bloques al Azar es el siguiente:

$$Yij = \mu + Ti + Bj + eij$$

donde:

Yij : es la variable bajo estudio

μ : es la media general

Ti : es el efecto del i-ésimo tratamiento

Bj : es el efecto del j-ésimo bloque

eij : es el error aleatorio asociado a la ij-ésima unidad experimental

los tratamientos fueron:

T1 : Variedad UC - 800 (Universidad de California)

T2 : Híbrido UC - 157 (Universidad de California)

T3 : Variedad Mary Washington W 500.

Hipótesis Experimental.

Las hipótesis experimentales fueron:

$$Ho: Ti = 0 \qquad Ha: Ti \neq 0$$

donde: i : 1, 2, 3 variedades

Ho : los resultados indican que no hay diferencia de rendimientos entre las variedades.

Ha : los rendimientos indican que sí hay diferencia entre las variedades.

Variables consideradas

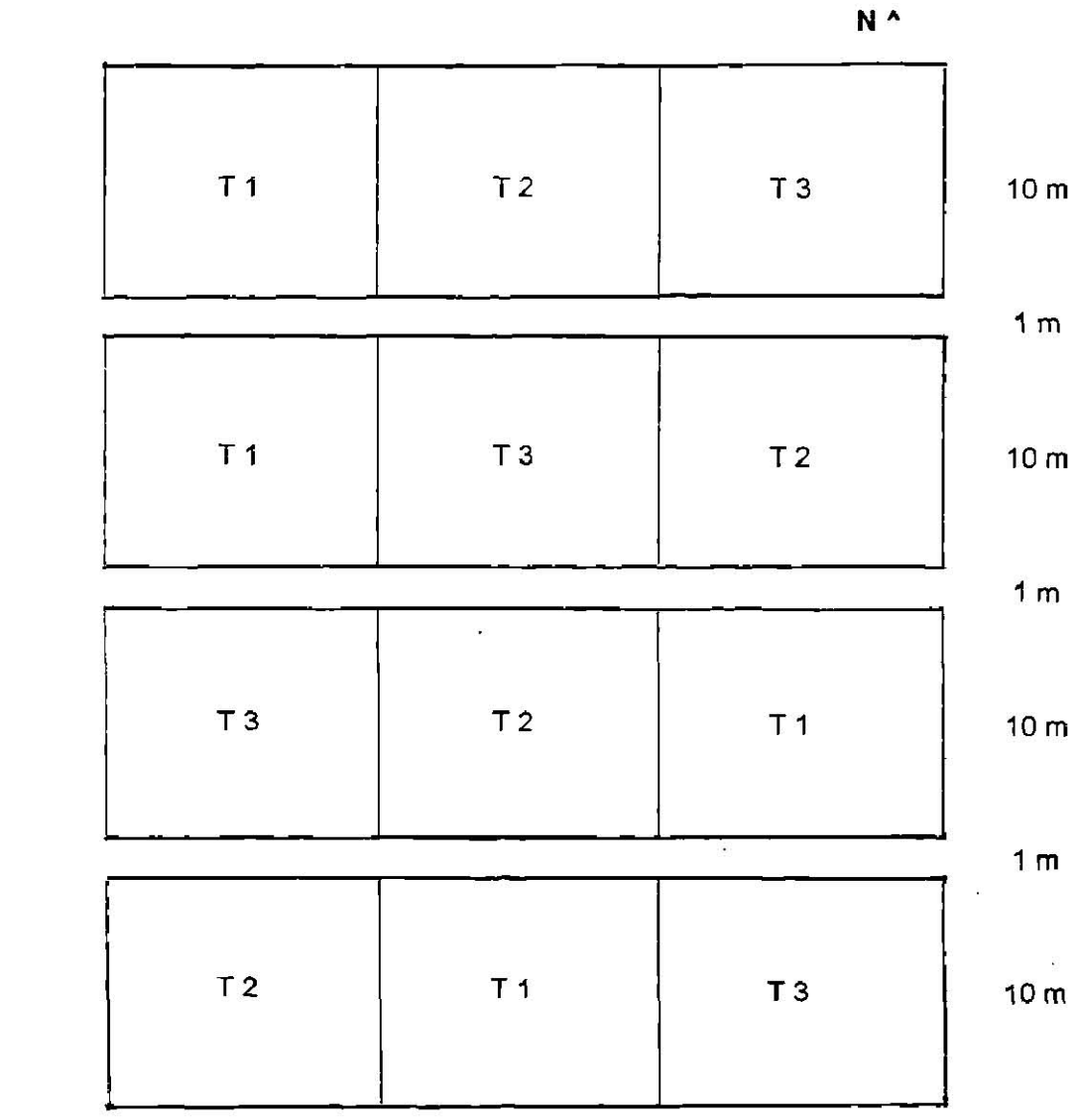
Las variables estudiadas fueron: las alturas de las plantas, el número de fallas totales, el peso de los turiones, el diámetro de cada turión, los cuales se midieron en la base con un vernier, la longitud de cada turión y el número total de turiones cosechados.

Descripción del Experimento

El terreno se dividió en 12 unidades experimentales: tres tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de cuatro surcos de 10 m de largo. Los dos surcos externos fueron de protección y los dos centrales conformaron la parcela útil. La distancia entre surcos fué de 1.80 m y la distancia entre plantas fue de 30 cm. Al tomar los datos, se consideraron los 10 m del surco sin descartar el metro de protección en las cabeceras; posteriormente se establecerían las plantas de protección. Se dejaron distancias de 1 m entre las repeticiones, que se usaron como pasillos. En la Figura 7 se presenta el croquis del terreno.

Las dimensiones del experimento fueron las siguientes:

Area total:	950.4 m^2
Area efectiva:	864.0 m^2
Area por repetición:	216.0 m^2
Area por unidad experimental:	72.0 m^2
Area por parcela útil:	36.0 m^2



Donde:

T 1 = UC 800
T 2 = UC 157
T 3 = Mary Washington

Figura 7. Croquis del terreno donde se estableció el experimento del cultivo de espárrago en Marín, Nuevo León 1989 - 1993.

Desarrollo del experimento

El presente trabajo es el primero que se realiza en el cultivo de espárrago, en la región. El verano apenas terminaba al momento de iniciarlo, no era época de siembra y sólo se consiguió semilla de tres variedades; afortunadamente, una de ellas fue la UC 157 tan difundida en el mundo, especialmente en zonas desérticas, como es el caso de Marín, N.L. con un clima BS_1.

La investigación se realizó en tres fases: la primera se inició con la preparación y siembra del almácigo y terminó 11 meses después, al momento del trasplante. La segunda fase se marca a partir de la preparación del terreno fijo y el trasplante hasta la primer cosecha y la tercer fase define las cosechas y los cuidados en los tres años de estudio subsiguientes.

Primera fase. Por la particularidad del cultivo que requiere espacio para el desarrollo de las coronas, el almácigo se preparó con la ayuda de un tractor. Se hicieron las labores de arado y rastra y por último se trazaron los surcos y el canal de riego.

La siembra del almácigo se realizó el 29 de septiembre de 1988. Los surcos de 10 m de largo se espaciaron a 0.85 m, designando seis surcos a cada tratamiento. Se sembraron dos semillas por punto a cada 5 cm y a una profundidad de 2 cm. A manera preventiva, se aplicó "Tamarón 600", un insecticida, en dosis de 1 lt/ha; por último se proporcionó un riego pesado.

La emergencia de las plántulas se presentó a los seis días de la siembra y con ello, se aplicó un segundo riego. Cuatro días después llovió y la presencia de insectos y malezas fue notoria; para tal caso, se aplicó "Decis" en una dosis de 400 cc/ha y se deshierbó.

Se continuaron los riegos necesarios para mantener a las plántulas favorablemente. Se realizaron dos deshierbes y un aporcado, ya que con los riegos se asentaron los surcos.

A seis semanas de la siembra se presenció la enfermedad del "ahogamiento", también conocida como "damping-off", que se vió favorecida por las condiciones ambientales. Se controló con "Tecto 60" en dosis de 100g por 100 lt de agua/ha, seguido de un riego.

Tres meses después de la siembra, se colocó una cortina de plástico en los lados norte y oeste para proteger el almácigo de los vientos fuertes del invierno.

En el transcurso de los siguientes meses, la plantación se mantuvo saludable y sólo se aplicaron los riegos oportunos y los deshierbes necesarios. Se observó que las esparragueras de la variedad Mary Washington fueron más frondosas y de un porte más alto que las de los otros tratamientos. También su floración se presentó una semana antes. En la Figura 8 se aprecia el follaje del cultivo.

Segunda fase. La preparación del terreno se inició dos meses antes del trasplante. Por ser el espárrago un cultivo perenne que se estudiaría por varios años, se eligió un terreno que no interferiría con otros cultivos. La preparación consistió en un subsoleo, un paso de arado, dos pasos de rastra y un paso con la niveladora. Una semana después se prepararon las zanjas y el canal de riego. Mientras tanto, se extrajeron cinco plantas y se sembraron sólo las coronas en charolas de propagación para observar la emergencia de las nuevas plántulas. Nueve días después despuntaban los brotes a menos 1 cm. Tres días más tarde alcanzaban los 10 cm.

El trasplante realizó el 2 y 3 de agosto de 1989. Resultó ser una labor muy ardua y minuciosa por evitar mayores daños a las coronas (durante la estancia en el almácigo, el follaje no se podó, por lo que se eliminó hasta el momento del trasplante). Las plantas se sacaron con ayuda de palas (del mismo modo como se extrae la zanahoria). Se colocaron en rejas y se transportaron al nuevo terreno. Se apilaron en tres grupos y se les cortó el follaje. Las coronas más grandes se dividieron (o separaron si eran dos) y las mas pequeñas se eliminaron. Los días fueron muy calurosos y las coronas se mojaron constantemente para evitar su deshidratación.

Las coronas se colocaron en el fondo del surco a 30 cm de profundidad y a cada 30 cm una de la otra (Figura 9). Cuidadosamente se colocaron las raíces de manera que quedaran bien desplegadas. Se cubrieron y se les dió un riego pesado. A la semana llovió y se inició la emergencia de las plántulas. Dos días más tarde, la planta había emergido en un 90% y se inició la diferenciación foliar. También se observaron inicios de floración. Se continuaron dando los riegos necesarios, aparte de las lluvias que se presentan en la temporada.

El 16 de agosto se tomó la primer lectura de los brotes por planta. La variedad Mary Washington se observó más vigorosa y con un follaje verde más intenso. En general también se pudo notar planta con flor femenina, ya que la masculina (aunque aparece más temprano) es más pequeña y está a menor altura. Se tomó el primer dato de altura; ésta es muy variable dentro de la variedad y entre variedades; la variedad Mary Washington fue de porte más alto. A los dos días, se aplicó la primera fertilización; se utilizó nitrógeno a razón de 160 kg de N/ha; posteriomente se dió un riego pesado. En las siguientes semanas se realizaron los deshierbes necesarios, se hicieron conteos de los brotes por planta y se aplicó "Lannate" en dosis de 0.5 kg/ha para controlar los grillos que mordisquean los tallos hasta romperlos.

Tanto en el terreno fijo como en el almácigo (donde quedó planta para reponer fallas y colocar las protecciones) se siguieron proporcionando los riegos y deshierbes necesarios para mantener las plantaciones saludables. El 22 de diciembre hubo una helada fuerte (- 8°C) propiciando que el follaje de las tres variedades se marchitaran uniformemente. Este marchitamiento debe ocurrir en forma natural para que la corona permanezca latente el resto del invierno y reinicie su actividad al aumentar la temperatura del suelo en primavera.

El 24 de enero de 1990 se cortó el follaje seco, se limpió el terreno, se aplicó fertilizante en dosis de 160 - 120 - 00 y se regó. Este procedimiento se repitió en los siguientes años, antes del inicio de la cosecha.

Teóricamente, en esta investigación la primer cosecha comercial debería darse hasta la primavera de 1992 y si se adaptaban bien las variedades, entonces podría adelantarse a la primavera de 1991. Aprovechando la presencia de la helada de diciembre de 1989 y por observar el desarrollo de las plantas, se decidió cosechar por unos días. La cosecha ayuda a robustecer las coronas pero no se debe abusar pues también se pueden agotar sus reservas. El período de corte duró del 31 de enero hasta el 19 de febrero de 1990, con un total de 14 cortes en 20 días.

El corte de preferencia se realizó en la mañana, lo más temprano posible. Con la ayuda de un cuchillo bien afilado, se cortaron los turiones (que alcanzaban de 20 a 25 cm de longitud) un poco abajo de la superficie del suelo. Se tuvo mucho cuidado de no dañar los turiones vecinos que se cosecharían hasta el día siguiente, o los que aún no despuntaban del suelo. Los turiones se muestran en la Figura 10.

Al realizar el corte, es muy importante notar que las cimas o la cabeza, estén compactas y cerradas pues esto denota calidad y garantiza la frescura del producto. Cuando se abren las cimas se inicia la diferenciación foliar; al cortar el turión en este momento, la punta se deshidrata rápidamente y se pudre. De aquí, parte de la importancia de cosechar temprano, ya que con las altas temperaturas del medio día, se predispone a que la punta se abra; otra razón es que con estas temperaturas cálidas, el turión se desarrolla más rápido, aumentando su longitud y por consiguiente su contenido de fibra, lo que no es favorable para el mercado.

Conforme se cortaban los turiones, se colocaban en bolsas de papel previamente etiquetadas y se retiraban del campo lo más pronto posible. Primeramente se llevaron al laboratorio donde se pesaron individualmente en una balanza granataria y después se tomaron los diámetros y las longitudes.

La cosecha no se realizó estrictamente a diario, ya que algunos días se observaban pocos turiones debido a las bajas temperaturas, en otras ocasiones llovía y no era posible realizar la cosecha o del mismo modo, el terreno estaba muy mojado por los riegos constantes que se aplicaron durante este período.

Posteriormente a la primer cosecha en 1990, se siguieron proporcionando los riegos, deshierbes y aporques correspondientes, al igual que la toma de las alturas de las plantas. En el transcurso del año no se observaron daños por insectos o enfermedades; aunque sí se observó la presencia de grillos que mordisquean los tallos y de arañas que anidan en el follaje, pero sin ser un daño apreciable.

Tercera fase. La tercera fase empezó con la segunda cosecha, que se llevó a cabo del 1º de febrero al 3 de abril de 1991. El período consistió en 62 días de corte con un total de 31 cortes. Por ser doble en tiempo que el año anterior, se observó un mayor número de turiones para las tres variedades. Este año también se tomaron las tres variables para clasificar a los turiones.

La tercer cosecha se realizó del 1º de febrero al 2 de abril de 1992. Este período constó de 62 días de corte y se efectuaron 35 cortes. Comparado al año anterior, las fechas y el número de cortes coincidieron, pero los rendimientos fueron más altos en este año. Se tomaron solo los datos de rendimiento.

La cuarta cosecha se inició el 19 de febrero y terminó el 14 de abril de 1993. Los días de corte fueron 56 y se realizaron 35 cortes. Este año se tomaron solo los rendimientos generales y en días alternos se midieron los diámetros y el número de turiones cosechados. Todo el producto se vendió en el mercado local a un precio de N$ 15.00 por kg.

Figura 8. Plantación de espárrago en Marín, Nuevo León

Figura 9. Trasplante de coronas de espárrago en Marín, N.L.

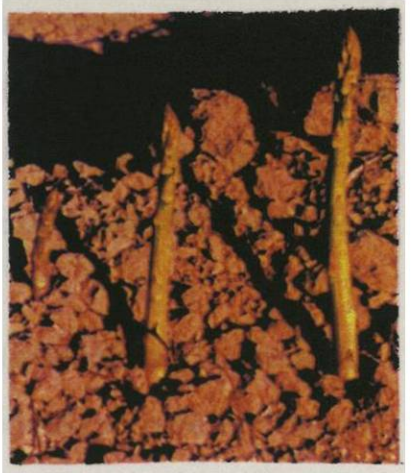


Figura 10. Turiones listos para cosechar; los que empiezan a despuntar, se cortan hasta el día siguiente. Cuando alcanzan 30 cm, ya no son comestibles.

IV. RESULTADOS

Los resultados del comportamiento del cultivo en los cinco años observados son descritos enseguida.

En la primer fase, desde la siembra hasta el momento del trasplante, transcurrieron 11 meses, período durante el cual se formó la corona que fue trasplantada en agosto de 1989.

La segunda fase duró seis meses y abarcó desde el trasplante hasta el primer corte. En esta etapa, la plantación se desarrollo favorablemente alcanzando una altura promedio de 1.80 m. Teóricamente las plantas por parcela útil debian ser 264; no obstante, la variedad UC 800 tuvo 49 fallas, la variedad UC 157 mostró 54 fallas y la variedad Mary Washington, solamente 4 fallas; esto equivale a porcentaje de fallas de un un 18.5%, 20.4% y 2%, respectivamente, y se tomó como un dato de la habilidad de la variedad para resistir el trasplante, por lo que no se replantó. El 22 de diciembre de 1989 una helada aceleró el secado del follaje. El 15 de enero se cortó el follaje y se limpió el terreno.

A partir de esta época se inició la toma de datos para evaluar el rendimiento y la calidad del producto. Se presenta en este trabajo, la evaluación de cuatro períodos de corte, uno por año, los cuales quedaron enmarcados entre el 31 de enero de 1990 al 14 abril de 1993 (Cuadro 8). Como era de esperarse, en el primer año el período de cosecha fue muy corto, el cual se incrementó en los años siguientes.

Cuadro 8. Períodos de cosecha y número de cortes en el experimento de evaluación de tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Marín, N.L.

Cosecha	Inicio del corte	Final del corte	Período de corte	Número de cortes
Primera 1990	Enero 31	Febrero 19	20 días	14
Segunda 1991	Febrero 1	Abril 3	62 días	31
Tercera 1992	Febrero 1	Abril 2	61 días	35
Cuarta 1993	Febrero 17	Abril 14	56 días	35

La fecha de inicio de los cortes varía debido a que la brotación del espárrago depende mucho de la temperatura del suelo; lo mismo sucede con el número de cortes. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia de los últimos dos años es probable que el número de cortes se mantenga alrededor de 35.

El comportamiento de la planta en lo general fue el siguiente: el follaje creció a una altura promedio de 1.80 m durante los años 90, 91 y 92. Se observó también que durante la época de verano, cuando las temperaturas sobrepasan los 35° C, con frecuencia se presentaba un amarillamiento en las partes terminales de las ramas, llegando en algunos casos a secar las puntas. Considerando que el problema pudiera estar relacionado también a una deficiencia de nutrientes, en 1993 se realizó un análisis foliar y los resultados se presentan en el Cuadro 9. De acuerdo a la información proporcionada por el Laboratorio de Suelos Agua y Plantas de la F.A.U.A.N.L, todos los rangos observados se encuentran dentro de los límites normales necesarios para el crecimiento de la planta. En tanto, se procedió a mejorar el riego, lo que resultó en una disminución del problema.

Cuadro 9. Resultados del análisis foliar y radicular en las tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) evaluadas en Marín, N.L.

	kg de nutrientes absorbidos					g. de nutrientes absorbidos			
Variedad	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cu	Fe	Mn	Zn
1	40	11.50	28.50	6.0	4.0	42	285	32	4
2	43	14.00	31.00	7.2	5.6	45	829	47	4
3	19	6.00	3.50	2.7	2.1	18	172	17	2

donde:

1 = UC 800, 2 = UC 157 y 3 = Mary Washington. El rendimiento en verde obtenido en kg/ha para cada variedad fue de 10.85, 12.32 y 4.10 respectivamente.

La fibra es un factor importante en la calidad de los turiones. El contenido y sobre todo la distribución de la fibra en el turión determinan en gran parte, la cantidad comestible del tallo. Se hizo un análisis bromatológico a cada variedad para registrar el contenido de fibra de los turiones; en el Cuadro 10 se presentan los resultados. Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la F.A.U.A.N.L.

Cuadro 10. Resultados de los análisis bromatológicos de las tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) evaluadas en marín, N.L.

Variedad	Humedad	Materia Seca	Fibra
UC 800	94.71	5.28	0.62 %
UC 157	94.92	5.07	0.56 %
Mary Washington	94.73	5.26	0.58 %

Aunque esta determinación se hizo en general y no se procedió a su análisis estadístico, se encontró que la variedad UC 800 resultó con el mayor contenido de fibra. Puede ser que esta variedad sea recomendable para la industria, ya que al enlatarlo en salmuera, la fibra mantiene firmes a los tejidos. En cuanto al contenido de humedad, las tres variedades obtuvieron casi el mismo valor.

Riegos.- Durante el período de cosecha, los riegos se dieron cada tres o cuatro días en surcos alternos de acuerdo a las condiciones de temperatura, vientos y lluvias. La lámina utilizada fue alrededor de 6 cm. Los riegos tan frecuentes llevaron el propósito de favorecer una rápida y vigorosa brotación del turión. Una vez terminado el período de cosecha, los riegos se dieron a intervalos de 20 días (por seis meses) con una lámina promedio de 12 cm. El total de número de riegos durante el ciclo de crecimiento fue de 9 riegos, más 17 riegos alternos durante la época de cosecha. Esto da una lámina total de agua al año de alrededor de 160 cm.

Las lluvias que se presentaron durante los períodos de cosecha dieron un total de: 4.7 mm (1990), 11.7 mm (1991), 18.6 mm (1992) y 76 mm (1993).

Evaluación de las cosechas

Se estudiaron cuatro años de cosechas en los que se evaluaron rendimiento, número de turiones y diámetros del turión; en el Cuadro 11 se presenta el resumen de los análisis de varianza, en la comparación de tres variedades de espárrago.

Cuadro 11. Niveles de significancia observados en los análisis de varianza en la comparación de tres variedades de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Marín, N. L.

Variable	1990	1991	1992	1993
Rendimiento	0.023 * C.V.= 15.34%	0.002 ** C.V.= 16.13%	0.002 ** C.V.= 11.67%	0.000 N.S. C.V.= 13.01%
# de Turiones cosechados	0.1642 N.S. C.V.= 22.28%	5.6403 N.S. C.V.= 17.5%	10.4184 N.S. C.V.= 9.37%	No se estimó
Diámetro A. (< 1 cm)	0.138 N.S. C.V.= 44.39%	0.018 N.S. C.V.= 32.24%	----------	----------
Diámetro B. (1 - 1.49)	0.129 N.S. C.V.= 20.77%	0.079 N.S. C.V.= 21.99%	----------	----------
Diámetro C. (1.5 - 2)	0.006 ** C.V.= 31.88%	0.000 ** C.V.= 13.08%	----------	----------
Diámetro D. (> 2 cm)	Sin datos	0.004 ** C.V. = 46.74%	----------	----------

Nivel de Significancia = 0.05 * = Significativo ** = Altamente Significativo
N.S. = No Significativo C.V. = Coeficiente de Variación.

En 1992 no se evaluaron los diámetros; los de 1993 se presentan posteriormente en gráficas.

La variable longitud no se presenta en el cuadro anterior, ya que los valores obtenidos en los análisis estadísticos correspondientes, no demostraron diferencias significativas.

Rendimiento

Para 1990, el análisis de varianza demuestra que sí hubo diferencia significativa entre las variedades para la variable rendimiento. En el Cuadro 12 se presenta la comparación de medias.

Cuadro 12. Comparación de medias para la variable rendimiento en ton/ha, 1990.

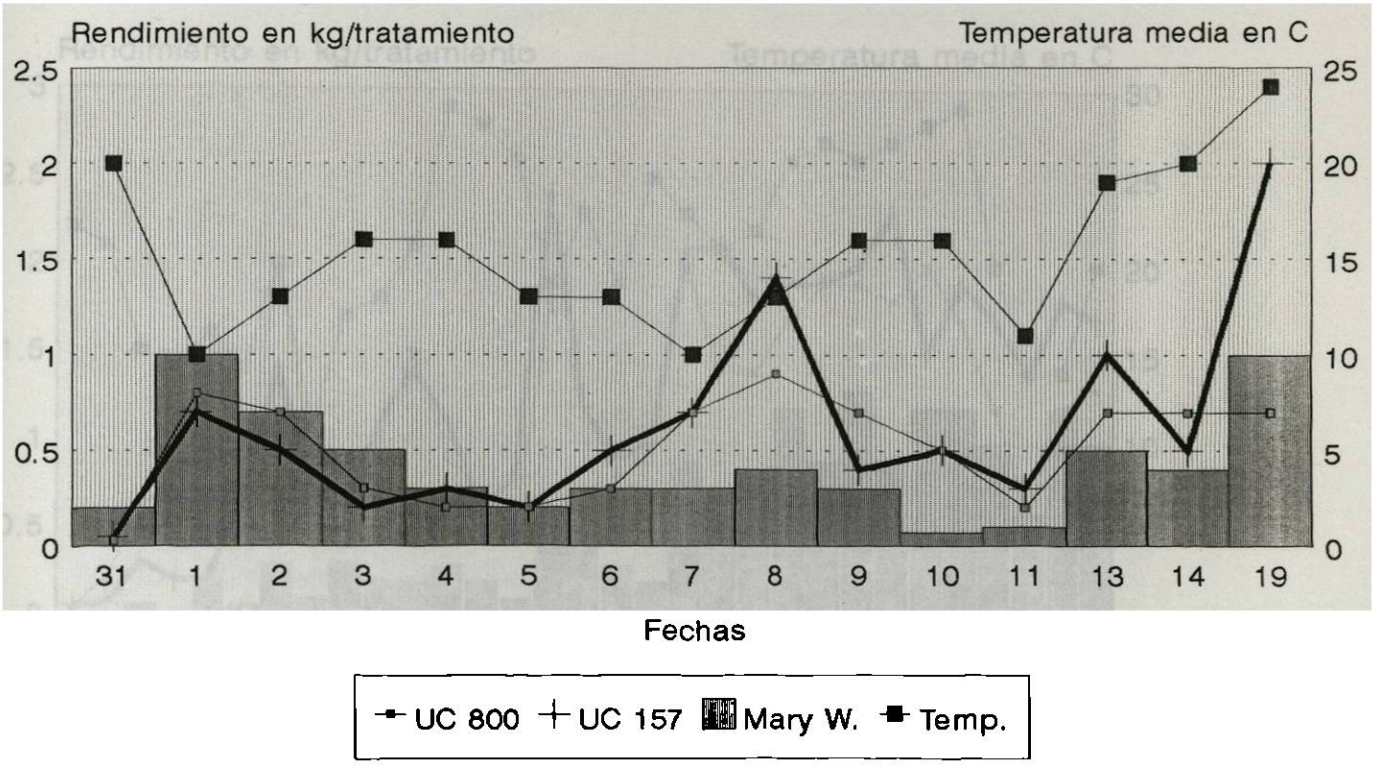
Tratamiento	Media
UC 157	0.529 A
UC 800	0.486 A
Mary W.	0.345 B

D.M.S. = 0.433

En la comparación de medias del Cuadro 12, se observa que la variedad UC 157 fue la de mayor rendimiento, seguida de la variedad UC 800, las que fueron estadísticamente iguales y diferentes de la variedad Mary Washington, que fue la de menor producción.

En la Figura 11 se observa como el comportamiento del rendimiento por corte estuvo muy asociado a la temperatura media en ^{o} C. Se nota claramente que al ascender o descender la temperatura, el rendimiento se comporta igual.

Figura 11. Período de corte del 31 de enero al 19 de febrero de 1990.



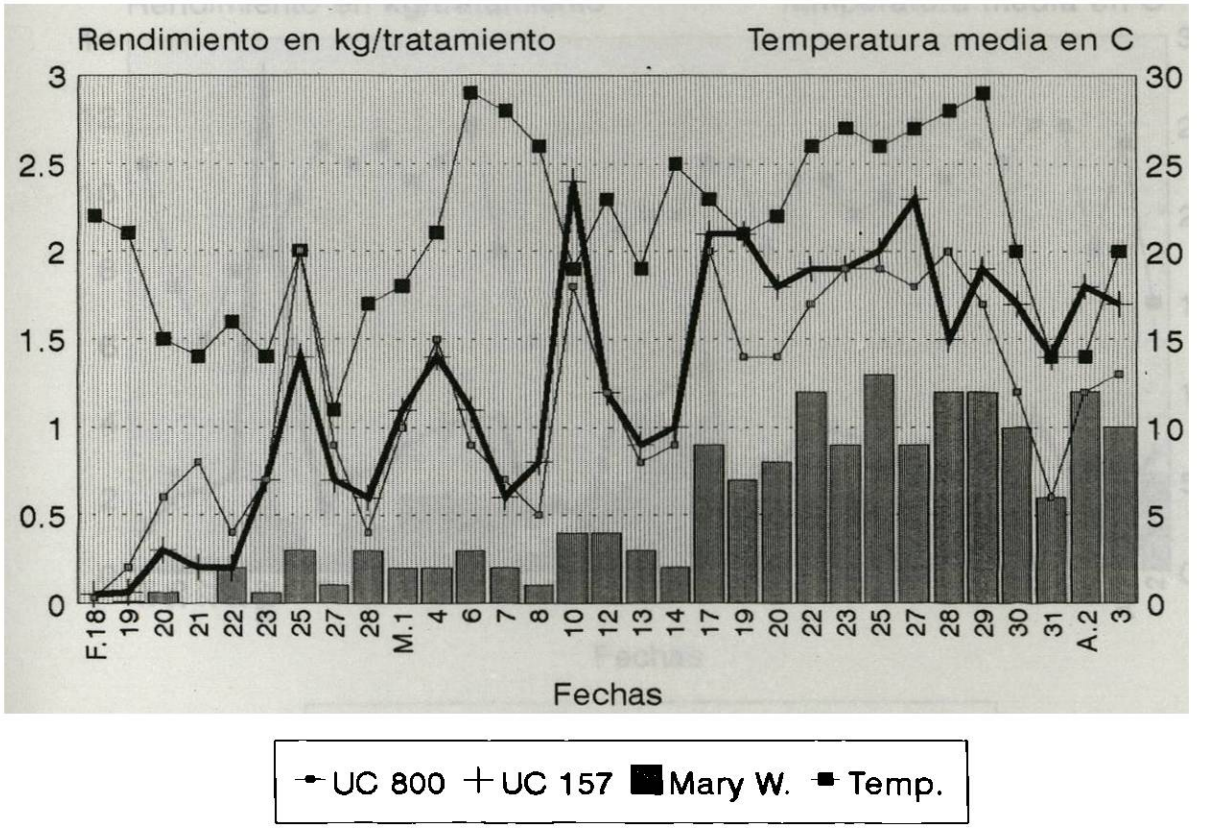
Para el año de 1991, el nivel de significancia observado en el análisis de varianza mostró que hubo una diferencia altamente significativa entre las variedades para la variable rendimiento. En el Cuadro 13 se presenta la comparación de medias.

Cuadro 13. Comparación de medias para la variable rendimiento en ton/ha,1991.

Tratamiento	Media	
UC 157	2.65	A
UC 800	2.45	A
Mary W.	1.15	B
D.M.S. = 0.29		

Los valores demuestran que las variedades UC 157 y UC 800 fueron las más productivas y estadísticamente iguales, mientras que lá variedad Mary Washington tuvo menor producción. En la Figura 12 se demuestran los comportamientos de las tres variedades para el período de 1991 y las temperaturas medias que se presentaron en el ciclo.

Figura 12. Período de corte del 18 de febrero al 3 de abril de 1991.



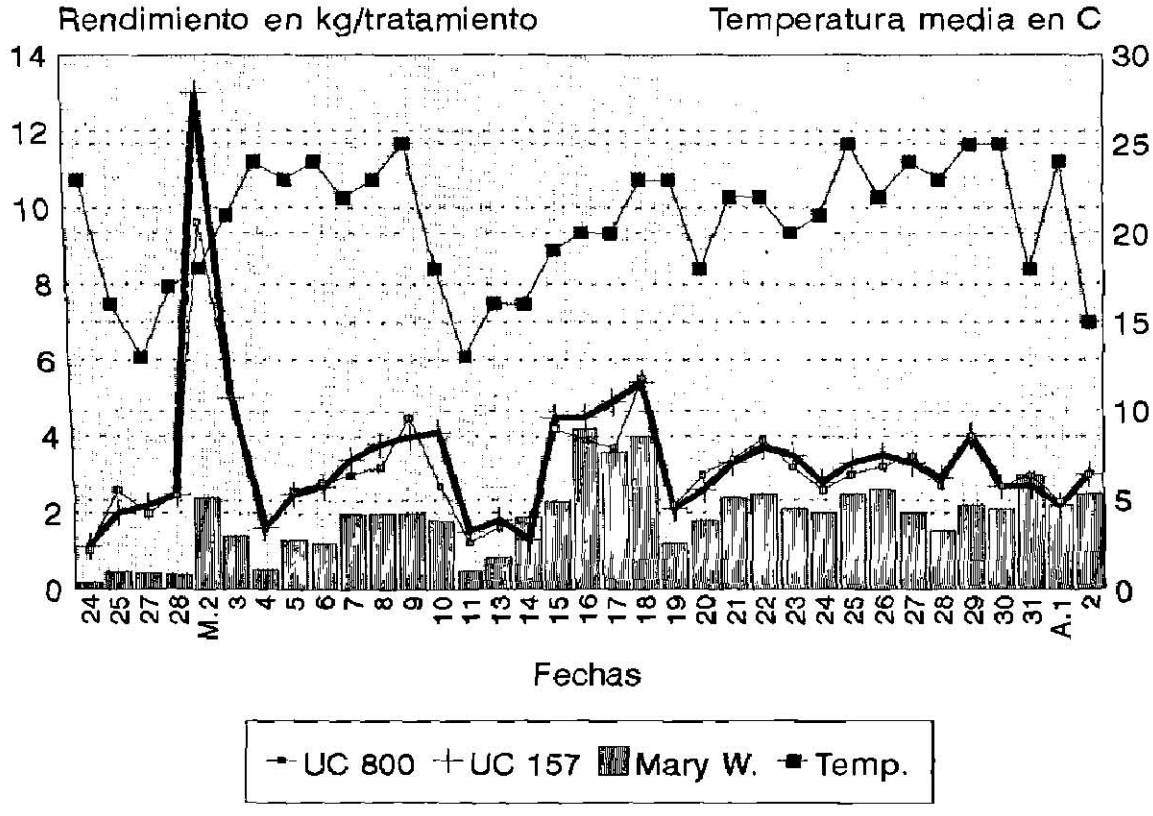
Para el año de 1992, el nivel de significancia observado en el análisis de varianza mostró que hubo una diferencia altamente significativa entre las variedades para la variable rendimiento. En el Cuadro 14 se da a conocer la comparación de medias.

Cuadro 14. Comparación de medias para la variable rendimiento en ton/ha, 1992.

Tratamientos	Medias
1	7.55 A
2	7.51 A
3	4.42 B
D.M.S. = 1.31	

Las variedades UC 800 y UC 157 son iguales estadísticamente pero son diferentes a la variedad Mary Washington que mantiene un rendimiento notablemente más bajo. La Figura 13 presenta el comportamiento de las 3 variedades en 1992.

Figura 13. Período de corte del 24 de febrero al 2 de abril de 1992.



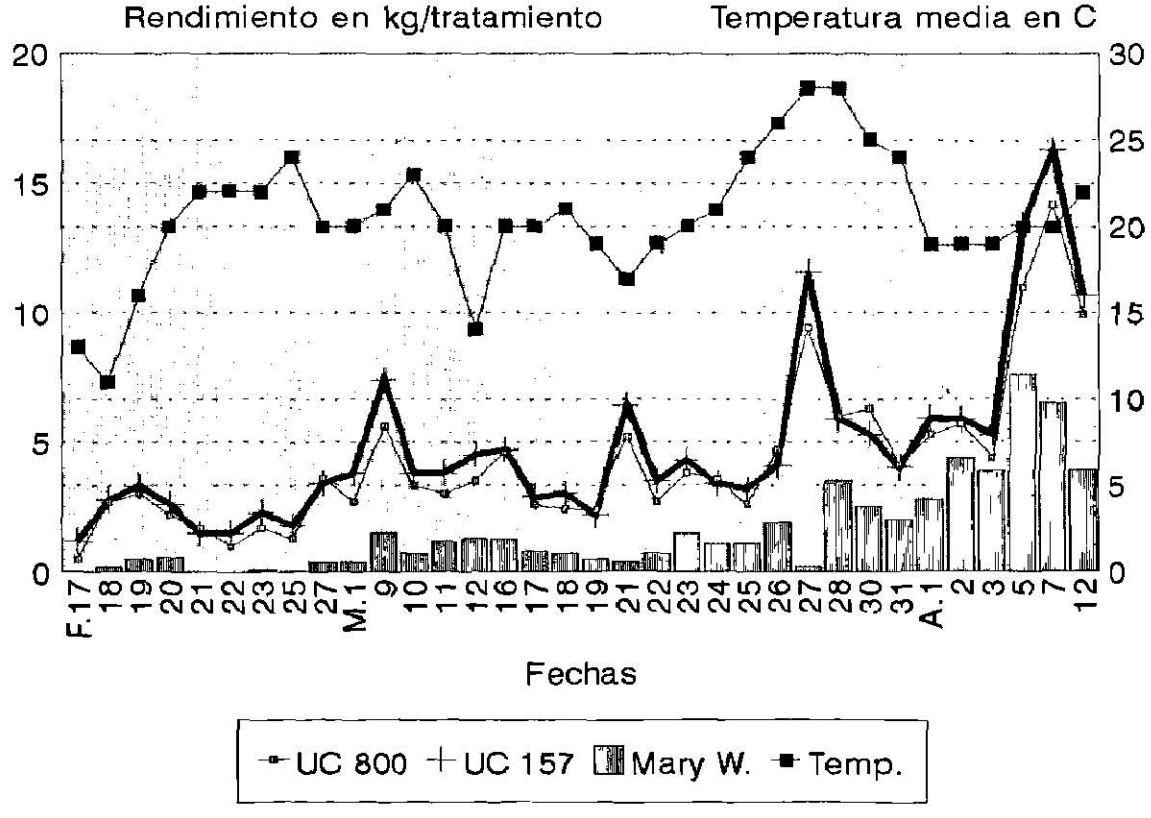
Para el año de 1993, el nivel de significancia observado en el análisis de varianza mostró que hubo una diferencia altamente significativa entre las variedades para la variable rendimiento. En el Cuadro 15 se observa la comparación de medias.

Cuadro 15. Comparación de medias para la variable rendimiento en ton/ha, 1993.

Tratamientos	Medias
UC 157	12.32 A
UC 800	10.85 A
Mary W.	4.10 B
D.M.S. = 1.946	

Nuevamente se observa que las variedades UC 157 y UC 800 son las de mayor rendimiento y son iguales estadísticamente y diferente de la variedad Mary Washington. En la Figura 14 se presentan los rendimientos de las tres variedades para 1993.

Figura 14. Período de corte del 17 de febrero al 12 de abril de 1993.



Número de turiones cosechados

No se reporta diferencia significativa entre las variedades en ningun año estudiado para la variable número de turiones, por lo que no se hicieron las comparaciones de medias correspondientes.

Diámetros

En 1990 se observó que no hubo diferencia significativa entre las variedades para la variable de diámetro clase "A".

Para la variable diámetro clase "B", tampoco hubo diferencia significativa entre las variedades.

Para la variable diámetro clase "C" si hubo diferencia altamente significativa entre las variedades, por lo tanto se hizo la comparación de medias que se dan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Comparación de medias para la variable diámetro clase "C" para 1990.

Tratamiento	Media
UC 157	0.6875 A
UC 800	0.4600 A
Mary W.	0.1650 B
D.M.S = 0.241	

Al igual que la respuesta observada con la variable de rendimiento, Aquí para la variable diámetro también se observó que las variedades UC 157 y UC 800 tuvieron diámetros más grandes, mientras que Mary Washington tuvo turiones de diámetros más pequeños. En este año, 1990 no se cosecharon turiones del diámetro más grande (Clase "D").

En 1991 se observó que no hubo diferencia significativa entre las variedades, para las variables de Diámetro Clase "A", Clase "B" y Clase "D".

Para la variable de Diámetro Clase "C" se observó que hubo una diferencia altamente significativa entre las variedades, por lo que en el Cuadro 17 se da a conocer la comparación de medias.

Cuadro 17. Comparación de medias para la variable diámetro clase "C" para 1991.

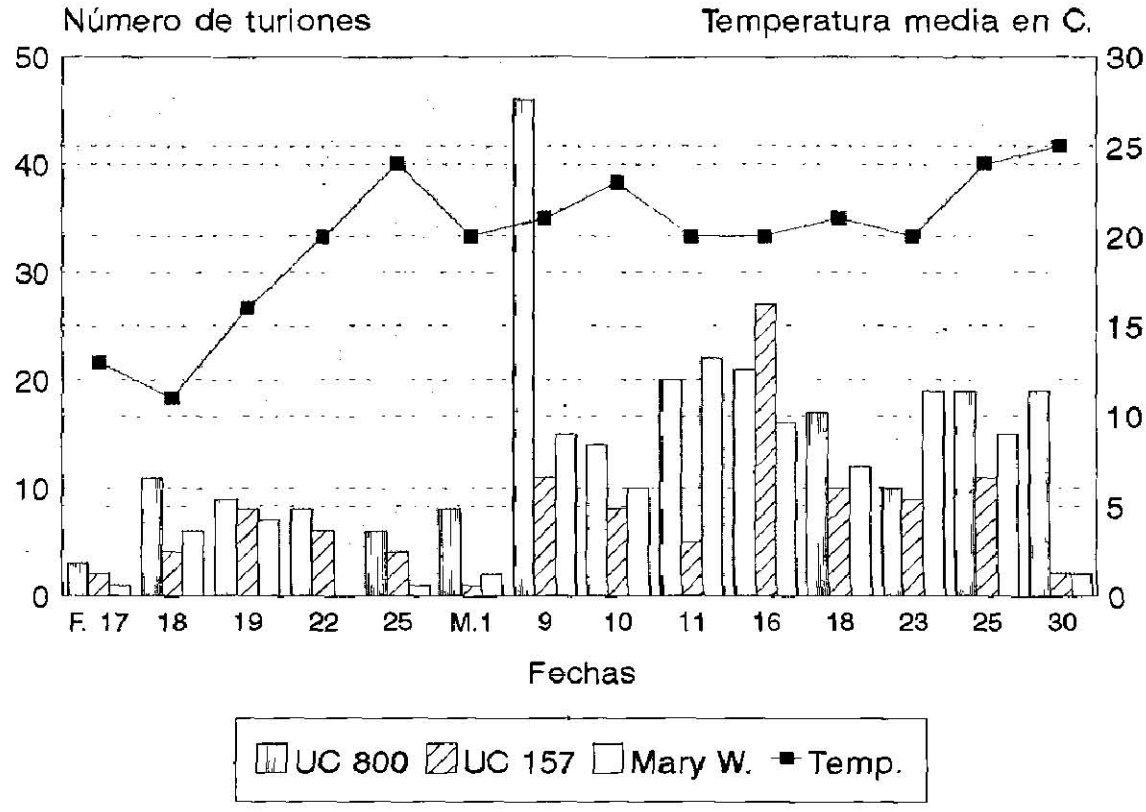
Tratamiento	Media
UC 157	3. 6300 A
UC 800	2.7425 B
Mary W.	0.6050 C
D.M.S. = 0.5262	

Las tres variedades tuvieron diferentes valores en esta clasificación; la variedad UC 157 tuvo mayor cantidad de turiones de este diámetro. La variedad Mary Washington tuvo la menor cantidad de manera considerable.

En 1992 fue el primer año en que el Proyecto de Producción de Semillas y Hortalizas de la F.A.U.A.N.L. se hizo cargo de la plantación de espárrago. Por ser el tercer año de cosecha, el período fue más prolongado. La cantidad de producto fue mayor y por falta de tiempo, sólo se evaluó el rendimiento de cada variedad.

En 1993 el tiempo también apremió pero cada segundo día se registró el número de turiones cosechados y sus diámetros correspondientes. En la Figura 15 se observan el número de turiones que cada variedad tuvo en la clasificación "A" (la categoria con los turiones más pequeños) y como fue el comportamiento con respecto a la temperatura.

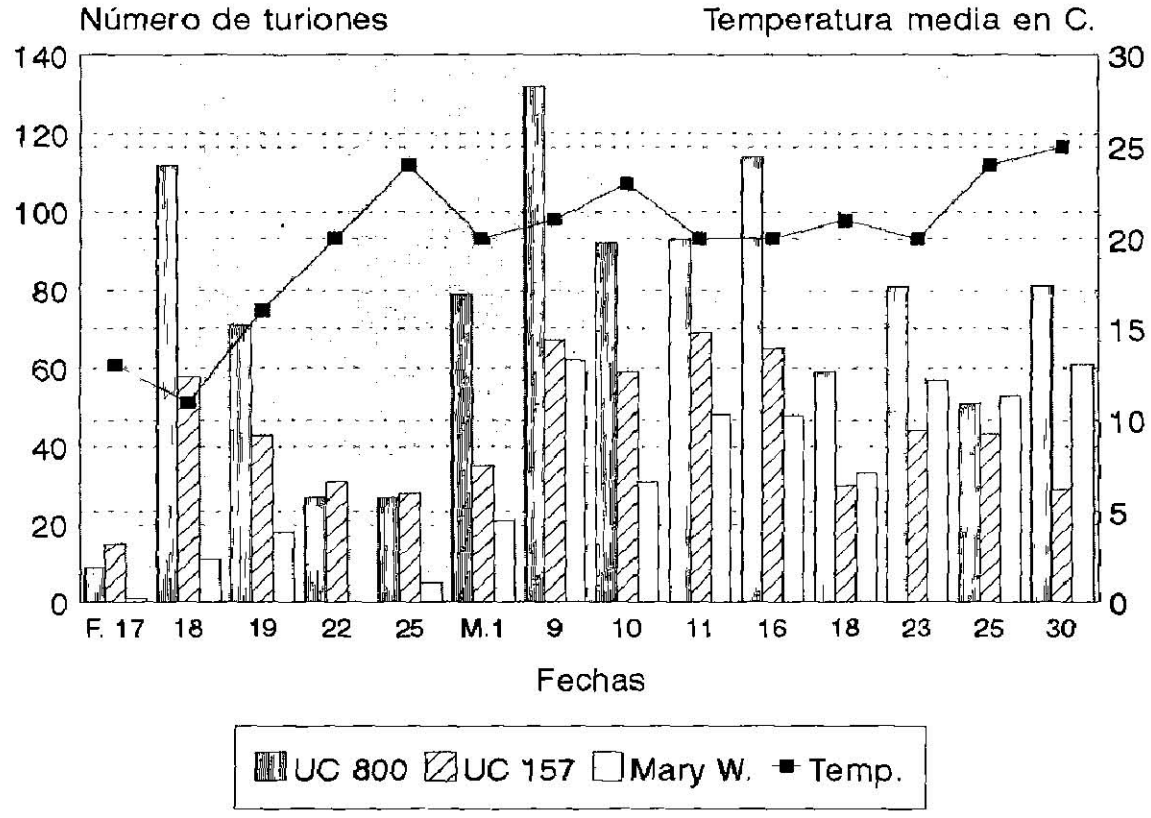
Figura 15. Número de turiones con diámetro clase "A" (< 1 cm), 1993.



En esta categoria, la variedad UC 800 mantuvo el mayor número de turiones, durante todo el periodo de cosecha. Las variedades UC 157 y Mary Washington tuvieron menores cantidades, sobre todo la variedad UC 157 que se caracteriza por sus tallos grandes.

En la Figura 16 se dá a conocer el número de turiones de cada variedad, para el diámetro de la clasificación "B".

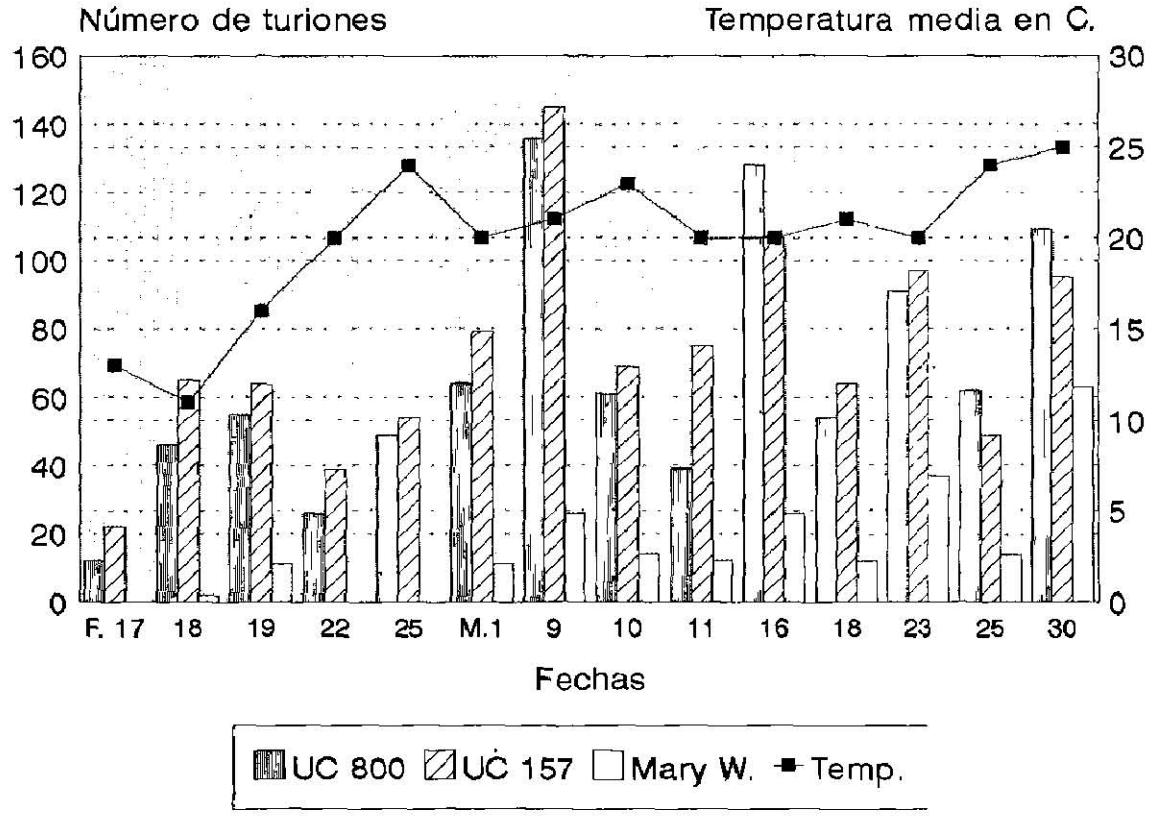
Figura 16. Número de turiones con diámetro clase "B" (1 - 1.49 cm), 1993.



Se observa en esta categoria que la variedad UC 800 tuvo el mayor número de turiones sin que le afectara la temperatura. La variedad Mary Washington tuvo la menor cantidad de turiones en esta clasificación.

Para el diámetro de la clasificación "C", los resultados se grafican en la Figura 17.

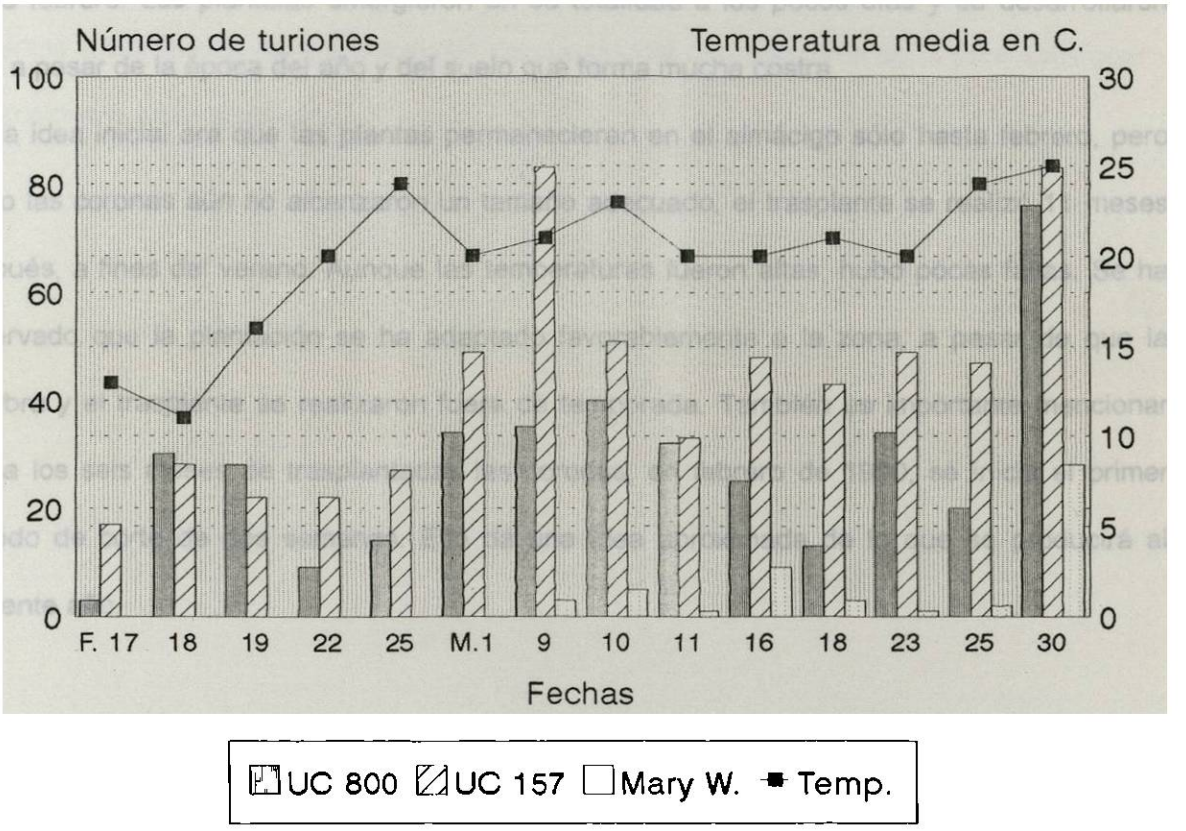
Figura 17. Número de turiones con diámetro clase "C" (1.5 - 2 cm), 1993.



La cantidad de turiones aumenta en general, produciendo la variedad UC 800 casi tantos como la variedad UC 157. La variedad Mary Washington tuvo pocos turiones de este grosor.

En la clasificación "D", los resultados se observan en la Figura 18.

Figura 18. Número de turiones con diámetro clase "D" (> 2 cm), 1993.



El número de turiones de esta clasificación fue significativamente menor que la anterior la ("C"). La variedad UC 157, tuvo una mayor producción de turiones de este diámetro (>2cm). La variedad UC 800 mantuvo una producción media con respecto a las otras dos y la variedad Mary Washington, tuvo un número muy bajo de turiones en esta categoria.

VI. DISCUSION

La semilla de este cultivo se obtuvo en septiembre y aunque no era la fecha de siembra de este cultivo, se decidió realizarla para adelantar el tiempo del almácigo (1 año) y no esperar hasta febrero. Las plántulas emergieron en su totalidad a los pocos días y se desarrollaron bien a pesar de la época del año y del suelo que forma mucha costra.

La idea inicial era que las plantas permanecieran en el almácigo sólo hasta febrero, pero como las coronas aún no alcanzaron un tamaño adecuado, el trasplante se realizó 11 meses después, a fines del verano. Aunque las temperaturas fueron altas, hubo pocas fallas. Se ha observado que la plantación se ha adaptado favorablemente a la zona, a pesar de que la siembra y el trasplante se realizaron fuera de temporada. También es importante mencionar que a los seis meses de trasplantadas las coronas, en febrero de 1990, se inicia el primer período de corte de dos semanas. Ello dá una idea aproximada de lo que se producirá al siguiente año.

A pesar que la variedad Mary Washington tuvo los rendimientos más bajos, estos fueron más altos que algunos registrados en otras zonas productoras del país.

El período de corte en la zona fué alrededor de 60 días lo que coincide con lo señalado para la zona de California, E.U.A. (18) y para el Bajío en México (9).

El rendimiento al 4º año, de las mejores variedades del experimento, llegó hasta las 12 ton/ha, lo que supera los rendimientos de las regiones productoras en México*.

* Cultivos Perennes. SARH. 1990. México.

La calidad de la fibra en las variedades estudiadas ocila entre 0.56 y 0.62 % de la materia seca, lo que las califica de buena calidad comparadas con los reportes de otros autores (41).

El comportamiento general del cultivo en cuanto al crecimiento vegetativo, a la presencia de plagas y enfermedades, se considera bueno, por lo que aunado a los resultados de rendimiento y calidad, se puede concluir que este es un cultivo prometedor para las areas semejantes a Marín, N.L., con la condición de que cuente con suficiente agua para satisfacer las necesidades de la plantación.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del cultivo durante los cuatro años observados en Marín, N.L. y bajo las condiciones que prevalecierón se puede concluir lo siguiente:

1. El espárrago se comportó aceptablemente en este experimento, teniendo una respuesta adecuada al clima, plagas y enfermedades y aún ante el problema de malezas que fue serio.

2. Las variedades UC 800 y UC 157 tuvieron el mejor rendimiento que experimentalmente superó a las reportadas en otras regiones.

3. La calidad del producto es bueno.

4. El espárrago de acuerdo a los resultados puede ser un cultivo de alternativa para la región.

En lo que respecta a las recomendaciones se puede recomendar lo siguiente:

1. Se recomienda usar las variedades UC 157 y UC 800.

2. Se recomienda seguir trabajando en otros aspectos como en riego, fertilización, plagas y enfermedades y sobre todo en el control de malezas.

3. Se recomienda realizar las siguientes cosechas doblando los turiones en vez de cortarlos y analizar el contenido de fibra de los mismos.

4. Se recomienda realizar un estudio de factibilidad económica para su venta, tanto a nivel nacional, como a nivel internacional.

VII. RESUMEN

Este experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. ubicada en el municipio de Marín, N.L. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento del espárrago (*Asparagus officinalis* L.) utilizando tres variedades (UC 800, UC 157 y Mary Washington) de reciente introducción, para presentar otra opción a la horticultura regional.

El experimento se desarrolló en tres fases: La primera se inició con la siembra del almácigo en septiembre de 1988 y durante la permanencia de las plantas en le mismo, hasta 11 meses después al momento del trasplante. La segunda fase consistió en la preparación del terreno fijo, el trasplante (llevado a cabo en agosto de 1989) y la primer cosecha en febrero de 1990, la cúal fue especificamente demostrativa. La tercera fase incluye los cuidados realizados a la plantación y los períodos de cosecha que se presentaron en los tres años subsiguientes.

El diseño experimental que se utilizó para la evaluación estadística fue el de Bloques al Azar, usando tres tratamientos (variedades) y cuatro repeticiones.

Las variables consideradas en este experimento fueron las siguientes: rendimiento de los turiones (en kg), número de turiones cosechados, clasificación de diámetros, altura de la planta y las fallas totales.

Con base en los resultados obtenidos, en general, se observó que la variedad híbrido UC 157 tuvo los rendimientos más altos, al igual que el número de los turiones cosechados. La variedad UC 800 se mantuvo intermedia en las pruebas y Mary Washington mantuvo los valores más bajos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Adler, Paul R., R.J. Dufault, y L. Waters, Jr. 1984. Influence of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Asparagus Transplant Quality. HortScience, Vol.19(4): 565 - 566.

2. Benson, Brian L. 1982. Sex Influences on Foliar Trait Morphology in Asparagus. HortScience, Vol. 17(4): 625 - 627.

3. Benson, Brian L. y J.E. Motes. 1982. Influence of Harvesting Asparagus the Year Following Planting on Subsequent Spear Yield and Quality. HortScience, Vol. 17(4): 744 - 745.

4. Benson, Brian. 1985. Tips Ahoy! American Vegetable Grower. August. Pp. 30 - 31.

5. Benson, Kerry. 1989. Purple Asparagus Targets Specialty Market. American Vegetable Grower. June. Pp. 36 - 37.

6. Bisbal Poveda, Alfonso. 1975. El Espárrago. Ministerio de Agricultura, Madrid.

7. Burrows, Rhoda L. y L. Waters, Jr. 1989. Fall Establishment of Asparagus Using Seedling Transplants. HortScience, Vol. 24(4): 611 - 613.

8. Burrows, Rhoda L., L. Waters, Jr. y A.H. Markhart, III. 1989. Cold Acclimation of Asparagus Seedlings to Low Temperatures or Water Stress. HortScience, Vol. 24(5): 812 - 814.

9. Campbell Institute for Agricultural Research. 1970. Twice a Year Harvest of Asparagus. HortScience, Vol. 5(3): 172.

10. Desjardins, Yves y H. Tiessen. 1984. The Effect of Sucrose Concentration and Ancymidol on the Rooting of Asparagus In Vitro. HortScience, Vol. 19(3-4): 554.

11. Desjardins, Yves, H. Tiessen. y P.M. Harney. 1987. The Effect of Sucrose and Ancymidol on the In Vitro Rooting of Nodal Sections of Asparagus. HortScience, Vol.22(1): 131 - 133.

12. Dufault, Robert. 1991. Response of Spring and Summer-harvested Asparagus to Harvest Pressures. HortScience, Vol. 26(7): 845 - 847.

13. Ellison, J. Howard y E. S. Tiangco. 1970. Differentiating Diploid from Tetraploid Seedlings of *Asparagus officinalis* L. HortScience, Vol.5(3): 173 - 174.

14. Ellison, J. Howard, G. Vest y R.W. Langlois. 1981. "Jersey Centennial" Asparagus HortScience, Vol. 16(3): 349.

15. Ellison, J. Howard y J.J. Kinelski. 1985. "Jersey Giant" An All-male Asparagus Hybrid. HortScience, Vol. 20(6): 1141.

16. Ellison, J. Howard y J.J. Kinelski. 1986. "Greenwich", a Male Asparagus Hybrid. HortScience, Vol. 21(5): 1249.

17. Ellison, J. Howard, J.J.Kinelski y S.A. Garrison. 1989. "Jersey Queen" a Cloned Cultivar of Asparagus. HortScience, Vol. 24(5): 868.

18. Gudiel, Victor Manuel. Per. Agr. 1985-1987. Manual Agrícola Superb. Edit.Productos Superb. VI Edición. Guatemala. P. 127.

19. Halfacre, R. Gordon y J. A. Barden. 1979. Horticulture. Edit. Mc Graw-Hill. New York. Pp. 562 - 564.

20. Khosla, S. y H. Tiessen. 1984. Influence of pH and Temperature on Asparagus Seed. HortScience, Vol. 19(3-4): 536.

21. Kidner, Alfred W. 1965. Esparragos. Traducido por: Alonso Blackaller V. Edit. Continental S.A. Primera Edición en Español. México.

22. Lorenz, Oscar A. 1969. The Mechanized Growing and Harveting of Vegetables Crops in the West. HortScience, Vol. 4(3): 238 - 239.

23. Makus, D. J. y A. R. González. 1991. Production and Quality of White Asparagus Grown under Opaque Rowcovers. HortScience, Vol. 26(4): 374 - 377.

24. Malnassy, Philip y H. J. Ellison. 1970. Asparagus Tetraploids from Callus Tissue. HortScience, Vol. 5(5): 444 - 445.

25. Maroto B., J. V. 1986. Horticultura Herbacea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª Edición Madrid. Pp. 161 - 178.

26. Messian, C. M., y R. Lafon. 1968. Enfermedades de las Hortalizas. Trad. Pedro Camps Llumell. Edit. Oikos-tan S.A. Primera Edición en Español. Barcelona. Pp. 219 - 225.

27. Naegely, Stella K. 1989. Desert Asparagus finds Market Windows. American Vegetable Grower. April. Pp 40 - 43.

28. Nichols, M.A. 1986. Asparagus coming into its own as a high-value field crop. Agribusiness Worldwide. Jul/Aug. Pp. 15 - 16

29. Nichols, M. A. 1991. Asparagus: Cultivar selection and tropical production. Agribusiness Worldwide. Mar/Apr. Pp. 15 - 20.

30. Peirce, L. C. 1982. Inheritance of a Green Stem Mutant in Asparagus. HortScience, Vol 17(3): 389 - 391.

31. Peirce, L. C. 1982. "Emerald" Asparagus. HortScience, Vol. 17(6): 981.

32. Pitman, Barbara Cohea, D.C. Sanders y H. W. Swallow. 1991. Growth and Development of Young Asparagus Plants in Response to N Fertilization. HortScience, Vol.26(2):109 -112.

33. Rigau, Alejo. 1978 Cultivo de Esparragos. Editorial Sintes, S.A. Barcelona.

34. Rigney, M. P. y G. H. Brusewitz. 1992. Asparagus Shape Features for Quality Assessment. Transactions of ASAE. Sep/Oct. Vol.35 No.5 Pp. 1607 - 1608.

35. Robertson, Laurel, et al. 1978. Laurel's Kitchen. Editorial Bantam Books, 7ª Edición New York. P. 554.

36. Saltveit, Jr., Mikal E. y R. F. Kasmire. 1985. Changes in Respiration and Composition of Different Length Asparagus Spears during Storage. HortScience, Vol. 20(6): 1114 - 1116.

37. Secrett, F. A. 1964. Producción Comercial de Esparragos. Trad. Jaime Esain Escobar Editorial Acribia. Zaragoza.

38. SEP. 1984. Horticultura. Editorial Trillas, México. Pp. 84 - 86.

39. Sherf, Arden F. y A. A. MacNab. 1986. Enfermedades de las Hortalizas y su Control Editorial John Wiley & Sons, Inc. Pp. 23 - 28.

40. Sims, William L., F. D. Souther y R. J. Mullen. Growing Asparagus in California. UCLA Cooperative Extension UC Division of Agriculture and Natural Resources Leaflet 21447. Pp. 1 - 23.

41. Sosa-Coronel, Jorge. 1976. Distribution of Fiber Content in Asparagus Cultivars. HortScience, Vol. 11(2): 149 - 151.

42. Takatori, Frank H., T. Murashige y J. I. Stillman. 1968. Vegetative Propagation of Asparagus Through Tissue Culture. HortScience, Vol. 3(1): 20 - 22.

43. USDA. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook No. 86. P. 52.

44. Valadez L., Artemio. 1992. Producción de Hortalizas. Edit. Limusa, México

45. Wilcox-Lee, Darlene. 1987. Soil Matric Potential, Plant Water Relations, and Growth in Asparagus. HortScience, Vol. 22(1): 22 - 24.

46. Yang, Hsu-Jen. 1976. Effect of Benomyl on *Asparagus officinalis* L.Shoot and Root Development in Culture Media. HortScience, Vol.11(5): 473 - 474.

47. Yang, Hsu-Jen y W. J. Clore. 1976. Obtaining Virus-free Plants of *Asparagus officinalis* L. by Culturing Shoot Tips and Apical Meristems. HortScience, Vol. 11(5): 474 - 475.

48. Yang, Hsu-Jen. 1977. Tissue Culture Technique Developed for Asparagus Propagation. HortScience, Vol.12(1-3): 140 - 141.

49. Yang, Hsu-Jen. 1979. Early Effects of Viruses on the Growth and Productivity of Asparagus Plants. HortScience, Vol.14(6): 734 - 735.

TIPO DE ADQUISICION
DONATIVO