

ALFORFON (*Fagopyrum esculentum* Moench.). VALOR NUTRITIVO, USOS, FITOSANIDAD Y MANEJO AGRONÓMICO.

BUCKWHEAT (*Fagopyrum esculentum* Moench.). NUTRITIVE VALUE, USES, PHYTOSANITARY ASPECTS AND AGRONOMIC MANAGEMENT

PATRICIO PARODI P. e ISABEL M. NEBREDA M.

Departamento de Ciencias Vegetales
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, Correo 22, Chile

Summary

Buckwheat is a very short life cycle species, which may be planted in Chile's North Central Zone, approximately 27 to 36° lat. South, as a summer crop in December and early January, immediately after the wheat harvest. In the South Central and Southern Zones, approximately 36 to 42° lat. South, it must be planted as a spring crop, from mid-October to late November. Recommended planting distance is 30 to 50 cm between rows, with a seed rate of 40 to 80 kg-ha⁻¹. Planting depth is 4 to 6 cm. Effects of nitrogen fertilization in the North Central Zone have been inconsistent. Recent research suggests an application of 40 kg-ha⁻¹ of N at planting, and a similar rate 40 days later. In trumao soils, with low P and high Al content, response to N and P has been positive and significant. Crop diseases are scarce, and none have been described in Chile; insect attacks are seldom seen and have been of minor importance. Weeds, including wheat volunteer plants, must be controlled. Several cultivars studied in Chile have produced yields above 2 ton-ha⁻¹. Current information suggests that buckwheat is a viable agronomic alternative as a spring crop in the country's Southern Zone, and as a second crop after wheat in the irrigated North Central Zone. Its economic viability depends on the international market, dominated by Japan as the main importer, and China, as the largest exporter.

Key words: Buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench, cholesterol, cropping, phytosanitary status.

Ciencia e Inv. Agr. 25: 91-101

INTRODUCCION

Existen al menos tres especies de alforfón cultivado, de las cuales las dos más importantes son *Fagopyrum esculentum* Moench. y *F. tartaricum* Gaertn. Su centro de origen ha sido descrito en China. El cultivo está documentado en la Edad Media en Europa; actualmente, además de Europa, se le cultiva en China, Japón, Rusia, Canadá y Estados Unidos. Su uso comercial en Chile, todavía es incipiente y esporádico.

El alforfón cultivado es una especie muy precoz, 7 a 10 semanas de siembra a madurez; se desarrolla en una amplia variedad de suelos, además de adaptarse a suelos pobres. En general, las aplicaciones de fertilizantes aumentan significativamente los rendimientos de semilla en suelos de baja fertilidad (Marshall, 1969). La especie tiene una mejor respuesta si se cultiva bajo condiciones frescas y húmedas. La temperatura y el estrés hídrico son los factores de mayor incidencia en la reducción del rendimiento. En zonas templadas, el alforfón debe sembrarse 10 a 12 semanas antes de la fecha probable de la primera helada de otoño. Esto

aumenta la probabilidad de que el máximo de floración ocurra después de las más altas temperaturas del verano. Las temperaturas altas aumentan la absorción de agua y acortan el ciclo de vida de la planta (Hall, 1950). Las temperaturas diurnas más satisfactorias durante el período de floración son de 17 a 19°C (B.O. Ruzkowska, 1965; M. Ruzkowska, 1965). A mayores temperaturas, es posible que el desarrollo del tubo polínico se detenga antes de haber alcanzado suficiente extensión para la fertilización (Sugawara, 1958).

El alforfón necesita unos 70 mm de precipitación desde siembra hasta floración, y otros 20 mm desde floración hasta madurez (M. Ruzkowska, 1965). Sus hojas tienden a marchitarse cuando la mayoría de las otras especies no muestran signos de estrés; un déficit de agua puede inhibir los efectos de la fertilización o causar el aborto del cigoto.

Es recomendable regar durante períodos de sequía y alta temperatura (Marshall, 1980).

En Chile se ha realizado investigación científica sobre esta especie, la mayor parte en forma de tesis

de grado no publicadas formalmente; parte de esa información se resumirá en esta publicación. Actualmente se cultiva comercialmente alforfón en la Zona Sur del país, pero debido a que la presencia de la especie en la agricultura nacional todavía es incipiente, no hay datos estadísticos de superficie, producción, y rendimiento. Sin embargo, se pretende demostrar que el alforfón también tiene la posibilidad de cultivarse con éxito como segunda siembra, después de la cosecha del trigo, en la Zona Central Norte regada de Chile, ocupando recursos como suelo y agua, que de otra manera pueden permanecer ociosos.

Valor nutritivo

El contenido de proteína del alforfón es de alrededor de 13,7%, dentro de la cual el amino ácido esencial lisina constituye más de un 6%, por lo que tiene un alto valor nutritivo. Sin embargo, presenta un alto contenido en fibra cruda (15%), y taninos (1,6%), lo que hace que la proteína digestible verdadera sea menor al 80%. Tiene alto contenido de potasio y fósforo y el doble de vitamina B que el trigo (Pomeranz y Robbins, 1972). Los ácidos palmítico, oléico y linoléico conforman el 95% del total de los ácidos grasos de la semilla. El contenido de lípidos es similar al encontrado en los cereales (De Jong, 1972).

Los estudios de Lifschitz, Nebreda y Parodi (1981), realizados con siete cultivares de alforfón en segunda siembra, indicaron contenidos de proteína entre 19,46 y 22,08% para los cultivares UTI-India y Bogatyr, respectivamente. El promedio del contenido de proteína de los siete cultivares analizados fue 20,94%, el cual es alto si se compara con el promedio de 13,7% antes citado.

La proteína del alforfón ha demostrado tener efectos hipocolesterolemicos. Kayashita, Shimaoka y Nakajyoh, 1995, para investigar el efecto de la proteína de alforfón sobre el metabolismo del colesterol, prepararon un extracto de proteína de harina de alforfón. Se alimentó durante 3 semanas ratas macho Sprague-Dawley con una dieta semipurificada rica en colesterol en la cual la fuente de proteína fue extracto de proteína de alforfón, proteína de soya o caseína. No hubo diferencias significativas en consumo de alimentos ni tasa de crecimiento en las ratas alimentadas con las tres fuentes de proteína. El nivel de colesterol del plasma disminuyó en las ratas alimentadas con proteína de alfor-

fón en comparación con las que fueron alimentadas con proteína de soya o caseína. La concentración de colesterol hepático también disminuyó en las ratas alimentadas con las otras fuentes de proteína. Estos resultados sugieren que la proteína de alforfón es uno de los factores de la dieta disponibles para mejorar el metabolismo del colesterol.

Un estudio posterior de Kayashita *et al.*, 1997, demostró que los efectos de la proteína de alforfón en la disminución del colesterol y en un aumento de los esteroides fecales neutros podría deberse a la baja digestibilidad de este producto. El mismo grupo de investigadores en 1996 había demostrado además que el extracto de proteína de alforfón reducía la concentración de triglicéridos hepáticos, peso del tejido adiposo y la lipogénesis hepática en ratas.

Utilización nutricional

Los usos principales del alforfón son como alimento humano y animal, en forma de harinas y concentrados. En alimentación humana, en Japón se elaboran tallarines llamados soba, en mezcla con harina de trigo candeal (*Triticum turgidum* var. *durum*); en Estados Unidos y Canadá se produce una harina oscura para panqueques y otros productos de repostería. En la ex Unión Soviética, y en algunos países de Europa del este, se consume el grano como guiso. Dentro de la alimentación animal, es especialmente importante en aves; el afrecho es indicado para ganado bovino por ser rico en proteínas, carbohidratos y grasas. Además, la planta de alforfón puede usarse directamente como forraje, y también como abono verde.

Utilización medicinal

El alforfón tiene importancia farmacológica al obtenerse de este el rutín, un glucósido flavonoide extraído de hojas, flores y semillas, que es usado para el tratamiento de vasos sanguíneos débiles, ciertas hemorragias e hipertensión. Además, previene la gangrena y se afirma que tiene efectos curativos sobre los efectos de rayos X y gama de seres humanos y animales (Ohara *et al.*, 1991). En un estudio de Kitabayashi *et al.*, 1995, se demostró diferencias significativas en el contenido de rutín en 14 genotipos de alforfón tártaro, determinado utilizando HPLC. El contenido de rutín de las semillas varió desde 1.110 y 1.950 mg/100 g de peso seco, y el de las hojas desde 2.460 a 3.610 mg/100 g de peso seco.

Esta información demuestra que el valor nutritivo del alforfón es alto, y que su utilización en dietas humanas, por ejemplo en alimentación escolar de adultos mayores, puede ser de interés nacional. Además, los usos medicinales del rutín pueden agregar valor al cultivo, en especial considerando la tendencia mundial de utilizar productos naturales para resolver problemas de salud.

MANEJO CULTURAL DE PRECOSECHA

Fecha de Siembra

Un factor condicionante para el rendimiento de alforfón es la fecha de siembra, debido a la susceptibilidad de esta especie a las heladas tardías de primavera y tempranas de otoño. Las temperaturas altas o sequías en época de floración, pueden producir aborto floral (Delorit y Alhgren, 1967). Con temperaturas menores a 10°C, el alforfón detiene su crecimiento y a mayores que 20°C, la tasa de crecimiento se mantiene constante (Angus *et al.*, 1982). La temperatura óptima de germinación es 26,6°C con un rango entre 5,8 y 32,4°C.

Martini (1982)¹, determinó que la fecha óptima de siembra para alcanzar los mayores rendimientos en la Zona Centro Norte de Chile sería entre noviembre y diciembre, logrando un rendimiento promedio de 2.300 kg·ha⁻¹. El atrasar la fecha de siembra hasta comienzo de enero, indujo una disminución de los rendimientos alcanzando un promedio de 1.900 kg·ha⁻¹. Las plantas sembradas tardíamente siguieron expresando una alta precocidad aunque se produjo una disminución del número de entrenudos y de la altura de plantas. No obstante lo anterior, no son competitivos con los de otras especies, como maíz, a los precios actuales de mercado.

En las Zonas Centro Sur y Sur el alforfón debe sembrarse como cultivo de primavera, posiblemente no más tarde que a fines de noviembre. Las condicionantes climáticas de mayor trascendencia son heladas de primavera y/o períodos de sequía cuando no se dispone de riego. La precocidad de la especie le permite madurar antes de las primeras heladas de otoño. La fecha óptima de siembra en la Zona Sur de Chile sería entre el 21 de noviembre y

el 5 de diciembre para el cultivar Mancan, recomendándose no efectuar siembras más tempranas por el riesgo de daños por heladas (Barriga *et al.*, 1988). En la Zona Centro Sur la siembra puede realizarse desde mediados de Octubre.

Distancia, profundidad de siembra y población

El rango de distancias entre hileras informado en la literatura es amplio, 15 a 75 cm. Se ha realizado investigación nacional con el objetivo de determinar la distancia óptima que maximice el rendimiento por la vía de lograr un óptimo desarrollo de las plantas, aprovechamiento del agua de riego, y competencia con las malezas.

Pefaur (1982)², en la zona Centro Norte, usando los cultivares Bogatyr y Tempest sembrados a distancias de 35 y 50 cm entre hileras, con dosis de semilla de 40,55 y 70 kg·ha⁻¹, observó que los mayores valores promedio de rendimiento y peso de semillas se obtenían, en ambos cultivares, con una distancia entre hileras de 50 cm.

Respecto a la dosis de semilla, Kalus (1977) sugiere 50 a 75 kg·ha⁻¹, lo que equivale a una población entre 1,6 y 2,5 millones de plantas por hectárea, dependiendo del tamaño y peso de la semilla. Raghuvir, Arya y Singh (1996) condujeron experimentos durante 2 años para investigar el efecto de tres distancias entre hileras, 20, 30 y 40 cm, y tres dosis de semilla, 20, 30 y 40 kg·ha⁻¹. El mayor rendimiento de semilla, 1,84 ton·ha⁻¹ se obtuvo con hileras espaciadas a 30 cm y con 30 kg·ha⁻¹ de semilla.

En la investigación de Pefaur (1982), en ambos cultivares y en las dos distancias de siembra, el número de plantas aumentó al incrementar la dosis de semilla de 40 a 70 kg·ha⁻¹. A diferencia de Kalus (1977), el rendimiento tendió a disminuir con dosis mayores a 55 kg·ha⁻¹. Los mayores rendimientos se observaron en el cultivar Tempest con 40 kg·ha⁻¹ de semilla.

En experimentos realizados por Segovia (1986)³ y Barriga *et al.* (1988), en la zona Sur, el menor rendimiento se obtuvo con la dosis más baja de semilla utilizada, 20 kg·ha⁻¹; sin embargo, no hubo dife-

1 Martini, C. 1982. Respuesta del alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench), a diferentes fechas de siembra. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

2 Pefaur, M. 1982. Efecto de la distancia de siembra y dosis de semilla en el comportamiento agronómico del alforfón. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

3 Segovia, J.H. 1986. Efecto de época y dosis de siembra sobre características agronómicas y de calidad en alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile..

rencias significativas entre las dosis de 40, 60 y 80 kg·ha⁻¹.

Se recomienda una profundidad de siembra entre 4 y 6 cm, dependiendo de la humedad del suelo.

Singh (1968), determinó que el rendimiento estaba positivamente correlacionado con el número de ramas por planta, pero no con la altura de la planta. Esto sugiere una población de plantas relativamente baja para permitir ramificación y evitar el excesivo crecimiento en altura.

Fertilización

Si las condiciones climáticas son húmedas y templadas, la utilización de los nutrientes del suelo por el alforfón es mayor que la de otras especies en suelos de baja fertilidad o mal preparados. Aparentemente el alforfón sería capaz de usar nutrientes que no están disponibles para otros cultivos, especialmente fósforo.

El alforfón es un cultivo más bien rústico, con el cual es factible obtener buenos rendimientos en suelos pobres, delgados, de alta acidez y en localidades con clima fresco y húmedo (Delorit y Ahlgren, 1967).

En general, la planta de alforfón responde bien a la fertilización cuando el contenido de nutrientes del suelo es bajo. Campbell y Gubbels (1978) estiman que, en promedio, un cultivo que rinde 1.600 kg·ha⁻¹, extrae del suelo 47 k·ha⁻¹ de N, 22 k·ha⁻¹ de P₂O₅ y 40 kg·ha⁻¹ de K₂O.

Marshall (1980) afirma que los análisis de suelo son la mejor guía para establecer los requerimientos de fertilizantes; sin embargo, en ausencia de esta información, se debería aplicar 168 a 224 kg·ha⁻¹ de una mezcla fertilizante que contenga 10-20-20 partes de nitrógeno, fósforo y potasio.

Fertilización Nitrogenada

La fertilización nitrogenada no parece tener una incidencia consistentemente positiva sobre el rendimiento del alforfón. Experimentos de Kusiorska y Maykowski (1978) demostraron que dosis de N

sobre 90 kg·ha⁻¹ aumentaban el rendimiento de paja, pero no el de semilla. Trusova, Amantova y Arknipov (1976) observaron diferencia en la respuesta al N asociados al clima y a la distancia entre hileras. Bajo condiciones climáticas favorables, niveles de 30 a 60 kg·ha⁻¹ de N aumentaron el rendimiento entre 190 y 340 kg·ha⁻¹ con el cultivo sembrado en hileras separadas a 15 cm, y sobre 500 kg·ha⁻¹ en hileras separadas a 45 cm. Al incrementar la dosis de N a 90 kg·ha⁻¹ aumentó la tendencia y disminuyó el rendimiento. Marshall (1980) estima que la fertilización nitrogenada no es recomendable en suelos de alta fertilidad, ya que tiende a producir un exceso de crecimiento vegetativo a expensas de la producción de semillas.

Los estudios realizados en Chile han producido resultados inconsistentes. Castillo (1982)⁴ usó cuatro niveles de N, 0, 30, 60 y 90 kg·ha⁻¹ con los cultivares Mancan y Odesskaya, sembrados en hileras espaciadas a 50 cm, con una población de 1,3 millones de plantas por hectárea. El contenido inicial de N del suelo era de 24 ppm. No se observó efectos estadísticamente significativos sobre el rendimiento de semillas con los cuatro niveles de N. Montiel (1984)⁵ trabajó con cuatro dosis de N, 0, 32, 64 y 96 kg·ha⁻¹, sobre los cultivares Manor, Mancan y Odesskaya, sembrados en hileras separadas a 35 cm, con una población de 2,3 millones de plantas por hectárea. El contenido inicial de N del suelo era de 21 ppm.

En ambas investigaciones, se observó un significativo deterioro en el número de plantas cosechadas con relación al número de semillas sembradas, lo que se atribuyó en forma empírica a una toxicidad de N.

En un estudio realizado por Valle (1987)⁶, con los cultivares Manor y Mancan, se empleó cinco dosis de N, 0, 20, 40, 60 y 80 kg·ha⁻¹, con hileras espaciadas a 35 cm, y una población de 2,3 millones de plantas por hectárea. El contenido inicial de N del suelo era de 33 ppm. Los resultados mostraron, a diferencia de los trabajos anteriores, efectos diferenciados de los cinco niveles de N utilizados sobre la población de plantas a cosecha, número de racimos por planta, número de semillas por raci-

4 Castillo, G. 1982. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento de dos cultivares de alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

5 Montiel, M.C. 1984. Comportamiento agronómico, respuesta al nitrógeno y análisis económico de tres cultivares de alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

6 Valle, R. 1987. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, caracteres agronómicos y producción de materia seca de dos cultivares de alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

mo, peso de 100 semillas, rendimiento y contenido de proteína. Ambos cultivares mostraron un deterioro significativo de la población de plantas a cosecha a partir de la aplicación de 40 kg·ha⁻¹ de N, Cuadro 1. La respuesta de los tres componentes del rendimiento, número de inflorescencias por planta, número de semillas por inflorescencia y peso de semillas, a dosis crecientes de N, fue positiva, Cuadro 1. Los resultados sugieren la capacidad de estos dos cultivares de incrementar simultáneamente sus componentes de rendimiento por efecto

de dosis crecientes de fertilización nitrogenada. Esto diferenciaría al alforfón, al no producirse las clásicas compensaciones entre componentes observables en otras especies, por ejemplo, trigo.

En ambos cultivares se produjo un incremento del rendimiento a partir de la dosis de 40 kg·ha⁻¹ de N. En Manor se alcanzó el mayor rendimiento, 2.976 kg·ha⁻¹, con la dosis de 80 kg·ha⁻¹ en Mancan, el mayor rendimiento fue de 2.640 kg·ha⁻¹ con la dosis de 60 kg·ha⁻¹ (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Población de plantas a cosecha, número de inflorescencia por planta, número de semillas por inflorescencia peso de semillas y rendimiento de los cultivares Manor y Mancan bajo cinco niveles de fertilización nitrogenada¹

Plant population at harvest, number of inflorescens per plant, number of seeds per inflorescence, seed weight and yield of cultivars Manor and Mancan under five levels of nitrogen fertilization.

Cultivares	Dosis de nitrógeno kg·ha ⁻¹	Población de plantas a cosecha x 1.000	Número de inflorescencias por planta.	Número de semillas por inflorescencia.	Peso de 100 semillas g	Rendimiento kg·ha ⁻¹
Manor	0	252,75 a ²	17,23 f	47,33 e	2,71 e	1.158 e
	20	225,25 a	18,85 ef	51,10 a	2,72 e	1.355 e
	40	209,75 cd	26,30 cd	103,30 bcd	2,85 d	2.099 d
	60	195,50 cde	27,18 cd	112,78 abc	2,95 b	2.235 cd
	80	180,25 de	31,58 bc	139,03 ab	3,01 ab	2.976 a
	Promedio	218,10 A³	21,23 A	90,71 B	2,85 A	1.965 A
Mancan	0	218,00 bc	18,30 f	75,30 cde	2,79 de	1.166 e
	20	242,25 ab	24,00 de	69,98 de	2,77 de	1.456 e
	40	171,25 ef	38,28 a	149,30 a	2,93 bc	2.105 d
	60	144,00 f	36,28 ab	148,30 a	2,95 ab	2.640 ab
	80	144,00 f	36,28 ab	146,50 a	3,05 a	2.513 bc
	Promedio	183,90 B	30,73 A	117,88 A	2,90 A	1.976 A

¹ Valle, R., 1987

² Los valores unidos por la misma letra minúscula, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

³ Los valores unidos por la misma letra mayúscula, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

Los estudios de Valle (1987) mostraron en Manor un incremento en la producción de materia seca asociada a las dosis crecientes de fertilización nitrogenada.

Este incremento fue significativo en los primeros 40 días después de la emergencia, hasta la dosis de 40 kg·ha⁻¹. Desde los 50 días hasta los 80 días después de la emergencia, la producción de materia seca se incrementó hasta 80 kg·ha⁻¹ de N. Esto sugiere que en la primera mitad de desarrollo del cultivo, este presenta una menor demanda de N que en la segunda mitad de su ciclo de desarrollo, en lo que respecta a la producción de materia seca.

La producción de materia seca en Mancan presentó algunas variaciones; sin embargo, la respuesta general permitió elaborar una estrategia conjunta de fertilización para ambos cultivares.

Esta consiste en aplicar hasta 40 kg·ha⁻¹ de N junto con la siembra, evitando así efectos fitotóxicos

sobre la semilla, y efectos depresivos de las dosis altas de N sobre la producción de materia seca en la primera mitad del ciclo de desarrollo de las plantas. Luego, 40 días después de la emergencia, se deben agregar otros 40 kg·ha⁻¹ de N para permitir una máxima expresión del potencial de rendimiento del cultivo.

Al estudiar la incidencia de la fertilización nitrogenada, Sokolov, Kudayarov y Leoshko (1979), trabajando sobre la asimilación y distribución del N en diferentes órganos de la semilla, determinaron que a medida que aumentaba el nivel de N en el suelo, este era depositado principalmente en el embrión, aumentando su contenido de proteína. Esto fue corroborado por Castillo (1982) en los cultivares Odessakaya y Mancan. En la investigación de Valle (1987) el contenido de proteína, en respuesta a dosis crecientes de N, demostró un incremento de 4,6% y de 8,3% en los cultivares Manor y Mancan, respectivamente.

Valle también analizó el efecto del N sobre la coloración de las plantas, medida como intensidad del color verde. Se determinó que la intensidad de la coloración aumentó en forma significativa en respuesta a dosis crecientes de N, lo que sugiere que este es un indicador adecuado del estado nutricional de las plantas. El vigor de las plántulas no mostró una asociación directa con el incremento de las dosis de N, asociación que tampoco se observó en la altura de planta adulta.

Fertilización Fosforada

Osipova (1970) informó que la aplicación de fósforo (P) al suelo indujo un aumento en el índice de área foliar, el contenido de clorofila, la productividad fotosintética y la producción de grano.

Los estudios realizados en la zona Centro Norte de Chile se condujeron sobre suelos cuyos contenidos de P eran adecuados, y por lo tanto sólo se aplicó este nutriente en dosis de mantención. En los suelos de trumano de las zonas Centro Sur y Sur, la disponibilidad de P está restringida por la fijación de aluminio (Al). Estudios de Ma *et al.* (1997) han demostrado capacidad de alforfón de detoxificar aluminio; la secreción de ácido oxálico por las raíces de alforfón se produjo dentro de los 30 min de exposición a una solución de $AlCl_3$.

Jequier (1983)⁷ estudió el comportamiento del cultivar Mancan en siembra de primavera bajo tres combinaciones de N y P en un suelo trumao de la IX Región, con un bajo contenido inicial de P (6 ppm) y un contenido medio de N (16 ppm). La dosis de N y P_2O_5 aplicadas fueron de 0, 40 y 60 $kg\cdot ha^{-1}$, respectivamente, lo que se expresó en nueve combinaciones de nutrientes.

Los resultados, Cuadro 2, mostraron que la población de plantas a cosecha aumentó en respuesta al P en ausencia de N, presentó una leve tendencia al deterioro con 40 $kg\cdot ha^{-1}$ de N, y se comportó en forma inconsistente con 60 $kg\cdot ha^{-1}$ de N; la respuesta de la población a dosis crecientes de N se caracterizó por una tendencia al deterioro bajo los tres niveles de P.

La altura de planta adulta, Cuadro 2, aumentó en respuesta al P bajo las tres dosis de N, y también lo hizo en respuesta al N bajo las dosis de P. El número de inflorescencias por planta, Cuadro 2, en ausencia de N aumentó hasta los 40 $kg\cdot ha^{-1}$ de

P_2O_5 , y hasta los 60 $kg\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 con 40 y 60 $kg\cdot ha^{-1}$ de N. También hubo respuesta positiva de N en cada una de las dosis de P_2O_5 . El número de semillas por planta, Cuadro 2, mostró una positiva respuesta al P bajo los tres niveles de N, alcanzando incrementos del 97,5, 89,4 y 143,3% con la mayor dosis de P_2O_5 , con 0, 40 y 60 $kg\cdot ha^{-1}$ de N, respectivamente. El comportamiento de este componente en respuesta al N tuvo algunas diferencias asociadas al nivel de P.

Cuadro 2.- Población de plantas a cosecha, altura de planta adulta, número de inflorescencia por planta, número de semilla por planta y rendimiento del cultivar Mancan, bajo tres niveles de fertilización nitrogenada y fosforada.

Plant population at harvest, adult plant height, number of inflorescences per plant, number of seeds per plant and yield of cultivar Mancan, under three levels of nitrogen and phosphorous fertilization.

Dosis de nitrógeno $kg\cdot ha^{-1}$	Dosis de P_2O_5 $kg\cdot ha^{-1}$		
	0	40	60
Población de plantas a cosecha			
0	111,7 cd ¹	124,7 abc	133,3 a
40	121,0 bc	116,0 bcd	118,3 bc
60	116,7 bcd	98,0 d	129,0 ab
Altura de planta adulta			
0	67,8 f	83,0 e	92,0 c
40	67,8 f	96,9 bc	100,6 ab
60	87,2 d	99,0 ab	103,8 ab
Número de inflorescencias.			
0	7,9 d	9,3 bc	9,2 bc
40	7,9 d	9,4 bc	10,3 ab
60	10,1 ab	10,0 ab	11,0 a
Número de semillas por planta			
0	94,7 g	93,7 g	187,0 c
40	113,0 f	159,3 d	214,0 b
60	96,3 g	140,3 e	234,3 a
Rendimiento $kg\cdot ha^{-1}$			
0	760 h	3.100 e	4.170 b
40	1.720 g	3.500 d	4.070 b
60	2.430 f	3.770 c	4.630 a

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada variable, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

Así, con 0 y 40 $kg\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 aumentó hasta los 40 $kg\cdot ha^{-1}$ de N, para luego decaer con la dosis mayor de N, aunque a valores superiores a los observados en ausencia de N. Con 60 $kg\cdot ha^{-1}$ de P la respuesta fue positiva hasta la mayor dosis de N.

⁷ Jequier, J. 1983. Datos no publicados.

El efecto de las combinaciones de nutrientes sobre el rendimiento fue notorio, Cuadro 2. En ausencia de N y P, el rendimiento fue de 760 kg·ha⁻¹, aumentando a 4.630 kg·ha⁻¹ con la dosis 60-60 de N y P₂O₅, un incremento del 509,2%. En ausencia de N, el rendimiento aumentó de 760 hasta 4.170 kg·ha⁻¹ al incrementar la dosis de P de 0 a 60 kg·ha⁻¹, lo que significó un aumento del 448,7%; con 40 kg·ha⁻¹ de N, la respuesta al P se expresó en un incremento del 136,6%, desde 1.720 hasta 4.070 kg·ha⁻¹, y con la mayor dosis de N se observó un incremento del rendimiento desde 2.430 hasta 4.630 kg·ha⁻¹, equivalente al 90,5%. También hubo respuesta positiva de N en los tres niveles de P. En ausencia de P las dosis crecientes de N se expresaron en un incremento lineal del rendimiento, desde 760 hasta 2.430 kg·ha⁻¹, un 219,7%; con la dosis intermedia de P₂O₅, el rendimiento aumentó de 3.100 a 3.770 kg·ha⁻¹ con 40 kg·ha⁻¹ de N, un incremento de 21,7%, para luego disminuir a 3.500 kg·ha⁻¹ con la mayor dosis de N. Finalmente, con 60 kg·ha⁻¹ de P₂O₅, el rendimiento no varió estadísticamente (4.170 y 4.070 kg·ha⁻¹, respectivamente) al aumentar el N de 0 a 40 kg·ha⁻¹, para luego subir a 4.630 kg·ha⁻¹ con la dosis de N.

Estos resultados sugieren que en suelos con bajo contenido inicial de P, la adición de este nutriente es esencial para inducir altos rendimientos del alforfón, aun en ausencia de N.

Los incrementos atribuibles al N fueron de menor magnitud, excepto en ausencia de fertilización fosforada. Se aprecia también que el alforfón presenta un alto potencial de rendimiento como cultivo de primavera en la Zona Sur.

Fertilización Potásica

Ivanov y Bondarchuck (1976) señalan que a mayor cantidad de potasio (K) en el suelo, mayor será la absorción del cultivo. Experimentos realizados en macetas, mostraron que la absorción de K por el alforfón, determinada usando ⁸⁵Rb, aumentó con el incremento del contenido de K en el suelo. Aumentos en la dosis de fertilizante potásico aumentó la absorción de K desde el fertilizante pero no tuvo efecto sobre el K tomado desde el suelo. El coeficiente de utilización de K aumentó con el incremento en los niveles nutricionales de N y P. La información de Campbell y Gubbels (1978) indica que el requerimiento de K de un cultivo de

alforfón que rinde 1.600 kg·ha⁻¹ es de 40 kg·ha⁻¹ de K₂O. Teniendo en consideración estas cifras, no se ha realizado investigación nacional para determinar la respuesta del alforfón al K.

La investigación nacional no ha abordado la fertilización potásica, omisión que debe ser corregida para desarrollar una visión completa de los requerimientos nutricionales de la especie.

FITOSANIDAD

Enfermedades

Los organismos patógenos que atacan al alforfón son escasos. No obstante, la literatura internacional recomienda como medida preventiva no sembrar alforfón en el mismo suelo dos años consecutivos. Esto no tendría trascendencia en la Zona Centro Norte de Chile, donde el alforfón sería un constituyente de la rotación de cultivos.

Entre las enfermedades descritas en la literatura se puede mencionar una pudrición de raíz por *Rhizoctonia sp.*, manchas foliares causadas por *Ramularia sp.* y "Aster yellow" causado por un micoplasma. Estas enfermedades, ni otras, no han sido identificadas en Chile.

Plagas

La literatura indica un limitado número de especies que atacan al alforfón, entre ellas larvas de *Agrostis*, gusanos alambre y áfidos de las especies *Aphis fabae*, *A. nasturtii*, *A. gossypii* y *Macrosiphum euphorbiae* (Blackman y Eastop, 1988). Los ataques observados en Chile han sido de baja intensidad y controlables con los productos disponibles en el mercado.

Malezas

Un factor que interfiere directamente sobre el rendimiento del alforfón son las malezas presentes durante el desarrollo del cultivo. El trigo (*Triticum sp.*), ballica (*Lolium perenne*), pega-pega (*Setaria sp.*), y piojillo (*Poa annua*), son algunas de las malezas que se encuentran con mayor frecuencia en el cultivo de alforfón realizado como segunda siembra después de trigo en la zona Centro Norte.

La literatura señala al alforfón como un buen competidor de las malezas, pero una alta incidencia de estas durante los primeros estados de desarrollo del cultivo pueden deteriorar la población de plantas.

En labranza tradicional, el período crítico de com-

petencia corresponde a un 44,1% del lapso desde la emergencia a cosecha. Dentro de este período crítico el cultivo podría permanecer el 50% del tiempo con malezas, sin que se afecte el rendimiento (Guzmán, 1985)⁸.

Vlasova *et al.* (1978), determinaron que con aplicaciones de preemergencia de 1,5 L·ha⁻¹ de 2,4 D, 1,2 a 1,5 L·ha⁻¹ de 2,4 D amina a 1,0 a 1,5 L·ha⁻¹ de MCPA, las poblaciones de malezas anuales disminuyeron entre 68 y 87%, y los rendimientos aumentaron notoriamente.

Jequier⁹, al comparar tres sistemas de preparación de suelo, labranza tradicional, mínima labranza y cero labranza, determinó que bajo el sistema de cero labranza se produjo los menores rendimientos, debido al exceso de población de malezas, lo cual se manifestó en un efecto depresivo sobre los componentes de rendimiento, número de racimos por planta, número de semillas por plana y peso de semillas. Cabe destacar que bajo este sistema la temperatura sobre la superficie del suelo fue superior al de mínima labranza y labranza tradicional; la temperatura más alta se produjo en floración traduciéndose en aborto floral que disminuyó el rendimiento. Guzmán⁸ llegó a conclusiones similares, indicando que el sistema de labranza tradicional del suelo fue el más adecuado para el desarrollo de esta especie, a diferencia de cero labranza en el que se observó limitado desarrollo del cultivo debido al enmalezamiento, tendadura, altura de planta adulta, población a cosecha, granos, rendimiento, índice de cosecha, días de siembra a floración y madurez.

Jequier⁹ estudió el efecto de aplicar dos herbicidas desecantes en presiembra (glifosato y paraquat) y tres herbicidas de post-emergencia (sethoxydim, haloxyfop-metil y bentazon) sobre el control de malezas y manejo de rastrojo en el alforfón como segundo cultivo después de trigo en la zona Central de Chile. Con respecto al control total de las malezas, el mejor resultado se logró con la aplicación de glifosato seguido de haloxyfop-metil. También la combinación paraquat con haloxyfop-metil fue satisfactoria; sin embargo, subsistieron algunas malezas anuales de hoja ancha. Por otra parte, paraquat en mezcla con sethoxydim se identificó

como la combinación de herbicidas de menor costo; sin embargo, la combinación paraquat-haloxyfop-metil presentó una mejor relación costo-beneficio, a los precios de la fecha en que se hizo el experimento.

MANEJO DE COSECHA, TRILLA, RENDIMIENTO Y ALMACENAMIENTO

El cultivo puede ser cosechado con automotriz cerealera. La cosecha debe comenzar cuando un 75% de la semilla está madura, y debe realizarse en horas de la mañana cuando la humedad relativa es alta, de manera de evitar el desgrane, que puede llegar a un 22% (Campbell y Gubbels, 1978).

Es conveniente aplicar un desecante para uniformar la madurez; el momento óptimo de aplicación se produce cuando el 70% de la semilla está madura. El desecante produce defoliación en 3 a 4 días, facilitando así la cosecha, y reduciendo el volumen total de cosecha en 0,5 ton·ha⁻¹, sin afectar los rendimientos de semilla o su calidad.

Para un almacenamiento seguro, el contenido de humedad del grano no debe exceder al 16%. Si se requiere de secado, la temperatura no debe ser mayor a 43°C tanto para su uso industrial o como semilla (Campbell y Gubbels, 1978).

Rendimiento

Como se indicó, no existen estadísticas oficiales respecto al rendimiento del alforfón. La literatura internacional señala para *F. esculentum* y *F. tartaricum*, rangos entre 500 y 4000 kg·ha⁻¹ (Espig, 1990). Borghi *et al.*, 1996, informan de rendimientos en Italia entre 1200 y 1500 kg·ha⁻¹, donde las nuevas variedades superaban a un 20 a 30% a las poblaciones locales.

Bjorkman (1995a) indicó que una posible limitación en el rendimiento del alforfón se deba a su reducida producción de polen; las flores del alforfón cultivado reciben cargas de polen inferiores a 10 granos, y presentan además alta variabilidad genética para el carácter producción de polen. En estudios realizados en invernadero con el cultivar Manor, se demostró que la penetración de los sacos embrionarios era universal con 10 o más granos de polen; sin embargo, la producción de semillas aumentó cuando las cargas de polen llegaron hasta

⁸ Guzmán, M.T. 1985. Período crítico de competencia de alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench) con malezas, bajo tres sistemas de preparación del suelo y control químico de malezas. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

⁹ Jequier, J.C. 1983. Comparación de tres sistemas de preparación de suelo y control de malezas en alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

30 granos por flor. Mayores cargas de polen, lo que intensifica la selección entre gametofitos, resultó en una progenie más vigorosa. Las plántulas producidas por altas cargas de polen (15-20 granos) fueron 40% superiores en peso que las resultante de cargas bajas (cinco granos de polen). Los resultados constituyen evidencia que en alforfón puede ocurrir competencia entre los granos de polen, lo que beneficia al comportamiento de la progenie. El mismo investigador (Bjorkman, 1995b) señala que la carga de polen puede aumentar por la presencia de insectos polinizadores eficientes. En el estado de Nueva York, EUA, el alforfón es polinizado principalmente por abejas melíferas, cuyo comportamiento no parece estar bien adaptado al cultivo; la efectividad de las abejas como polinizadores no aumentó a mayores densidades poblacionales.

Toda nuestra investigación para evaluar rendimiento se condujo colocando el equivalente a cuatro colmenas por hectárea; aunque no se estudió el comportamiento de los insectos, la actividad de estos fue intensa, en parte debido a la baja disponibilidad de flores de otras especies en la misma época. Los resultados de rendimiento parecen indicar que en las condiciones locales las abejas serían un buen insecto polinizante; no obstante, dados los resultados, sería interesante estudiar otras alternativas para evaluar eficiencia comparativa.

La investigación nacional indica en general un alto potencial de rendimiento. La primera prueba de germoplasma, realizada por Lifschitz *et al.* (1981) informó de un rango de rendimiento, en siembra de verano, entre 395 y 1.916 kg-ha⁻¹. Estos valores se comparaban en 984 kg-ha⁻¹ de un cultivar de soya perteneciente al grupo de madurez 00, y de 1.885 kg-ha⁻¹ de un híbrido precoz de maravilla.

Como se indica en el Cuadro 3, en siembras de verano, en la zona Centro Norte del país, se han informado rangos de rendimiento entre 395 kg-ha⁻¹ para el cultivar UTI-India, un genotipo completamente inadaptado a las condiciones locales, hasta 3.900 kg-ha⁻¹ para el cultivar Mancan, el cual consistentemente ha demostrado amplia adaptación a las condiciones agroecológicas del país.

Los cultivares Mancan, Manor, Tempest, Bogatyr y Odesskaya, produjeron rendimientos sobre 2 ton-ha⁻¹, lo que permitirá su cultivo comercial con precios internacionales de más de US\$350 por tonelada. Con el cultivar Mancan, en la zona sur del país, se obtuvieron resultados superiores a los de la zona Central.

Cuadro 3.- Rendimientos experimentales producidos por el Alforfón en Chile.

Experimental yields produced by buckwheat in Chile.

Cultivar	Rendimiento kg-ha ⁻¹	Referencia
Zona Centro Norte (segunda siembra)		
Mancan	1.916	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
	2.395	Martini, 1982
	1.783	Castillo, 1982
	2.397	Jecquier, 1983
	3.900	Montiel, 1985
	1.159	Guzmán, 1985
	2.640	Valle, 1987
Manor	3.780	Montiel, 1985
	2.976	Valle, 1987
Tempest	1.559	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
	1.869	Martini, 1982
	2.570	Pefaur, 1982
Bogatyr	1.230	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
	1.920	Martini, 1982
	2.041	Pefaur, 1982
Odesskaya	1.229	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
	2.514	Martini, 1982
	2.520	Castillo, 1982
UTI-India	395	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
Pennquad	750	Lifschitz <i>et al.</i> , 1981
Zona Sur (Siembra primaveral)		
Mancan	3.390	Segovia, 1986
	3.300	Barriga <i>et al.</i> , 1988
	4.006	Barriga <i>et al.</i> , 1988
	4.630	Jecquier, 1983

CONCLUSIONES

Los cultivares de alforfón, Manor, Mancan, Bogatyr y Odesskaya, todos con rendimientos experimentales sobre 2 ton-ha⁻¹, constituyen una alternativa variable para ser sembrados a comienzos de verano después de un cereal en la zona Centro Norte del país, y como cultivo de primavera el cultivar Manca, sembrado en Noviembre en la Zona Sur, si el nivel de precios del mercado internacional, principalmente Japón, es superior a US\$ 350 por tonelada. Los estudios realizados muestran una buena adaptación de las especies a las condiciones agroecológicas del país.

En la Zona Sur, como cultivo de primavera, se han obtenido rendimientos superiores a los de la Zona Centro Norte, donde el cultivo se debe sembrar inmediatamente después de un cereal.

No obstante, en la Zona Centro Norte, el cultivo

del alforfón sucesivo a la cosecha de trigo permitiría incrementar la rentabilidad del suelo, utilizando recursos como suelo y agua que de otra manera pueden ser subutilizados. Esto es especialmente importante en consideración a la necesidad de mejorar el negocio agrícola, optimizar la utilización de recursos, y buscar alternativas de competitividad en el mercado internacional.

La dosis de semilla recomendada está entre 40 y 80 kg·ha⁻¹, para asegurar una adecuada población de plantas. Las distancias entre hileras determinadas por la investigación nacional son variables pero, en general, con espaciamiento entre 30 y 50 cm se han obtenido rendimientos sobre 2 ton·ha⁻¹, en las Zonas Centro Norte y Sur del país.

Como estrategia de fertilización nitrogenada en la Zona Centro Norte, se recomienda una dosis de 80 kg·ha⁻¹ de N aplicado en dos parcialidades. Los bajos requerimientos del cultivo durante la primera mitad de su ciclo permiten aplicar 40 kg·ha⁻¹ de N al momento de la siembra, y una dosis igual 40 días después de la emergencia de las plantas, para permitir la expresión del máximo potencial de rendimiento del cultivo. En la Zona Sur, la fertilización fosforada es indispensable para alcanzar los altos rendimientos que la especie ha presentado, asociada a nitrógeno de acuerdo al historial de manejo del suelo. Los requerimientos de potasio no han sido determinados.

Dado el daño que producen las malezas sobre el rendimiento y para cosechar semilla limpia se justifica el uso de herbicidas. La mezcla de los productos paraquat y haloxyfop-metil parece una alternativa rentable de control. No se han detectado organismos patógenos que ataquen al alforfón en el país; los insectos que pudieran presentarse

son de fácil control.

RESUMEN

El alforfón es una especie de hábito de crecimiento primaveral, caracterizada por su alta precocidad, la cual puede sembrarse en la zona Centro Norte de Chile, aproximadamente 27° a 36° lat. Sur, como cultivo de verano, en diciembre y comienzos de enero, sucesivo al trigo. En las Zonas Centro Sur y Sur, aproximadamente 36° a 41° lat. Sur, debe sembrarse como cultivo primaveral, desde mediados de octubre hasta fines de noviembre. La distancia óptima de siembra varía entre 30 y 50 cm entre hileras, con una dosis de semilla entre 40 y 80 kg·ha⁻¹. La profundidad de siembra se recomienda entre 4 y 6 cm. El efecto de la fertilización nitrogenada en la Zona Centro Norte ha sido inconsistente. Investigación reciente permite proponer una estrategia de fertilización que recomienda la aplicación de 40 kg·ha⁻¹ de N con la siembra, y una dosis igual 40 días después. En suelos trumao, con bajo contenido de P y alto de Al, la respuesta al N y P ha sido positiva y significativa. Los organismos patógenos que atacan al cultivo son escasos, ninguno descrito en Chile; los ataques de plagas han sido de baja intensidad. Las malezas, incluyendo plantas voluntarias de trigo, deben ser controladas. Varios de los cultivares estudiados en el país han producido rendimientos superiores a las 2 toneladas por hectárea

La información generada sugiere que el alforfón es una alternativa viable como cultivo de primavera en la Zona Sur, y como cultivo sucesivo al trigo en la Zona Centro Norte regada. Su rentabilidad depende del precio en el mercado internacional, dominado por Japón como el principal importador y por China como el mayor exportador.

LITERATURA CITADA

- ANGUS, J., D. MACKENZIE, R. MYERS y M. FOOLE. 1982. Phasic development in field crops. III. The pseudo-cereals buckwheat and grain amaranth. *Field Crops Research* 5: 305-318.
- BARRIGA, P., R. FUENTES, J. SEGOVIA, J. THOMBERT y M. MANRÍQUEZ. 1988. Rendimiento y calidad del alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench.) en el sur de Chile. *Agro Sur* 16:94-102.
- BARRIGA, P. 1989. Producción de alforfón en el sur de Chile. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- BJORKMAN, T. 1995a. The effect of pollen load and pollen grain competition on fertilization success and progeny performance in *Fagopyrum esculentum*. *Euphytica* 83: 47-52.
- BJORKMAN, T. 1995b. Role of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in the pollination of buckwheat in eastern North America. *J. Econ. Ent.* 88:1739-1745.
- BLACKMAN, R.L. y V.F. EASTOP. 1988. Aphids on the world's crops. An identification guide. Wiley. Toronto, Ontario, Canadá.
- BROVARENKO, S. y A. GONCHAROV. 1975. Dependence of seed yield of buckwheat on fertilizers and soil moisture. *Referativnye Zhurnal* 6. *In* Field Crops Abstr. 31:95.

- CAMPBELL, C. G. y G. H. GUBBELS. 1978. Growing buckwheat. Pub. 1468. Agr. Canada. Research Station, Morden, Manitoba, Canadá.
- DE JONG, H. 1972. Buckwheat. Review article. Canada Dept. of Agr. Research Station, Morden, Manitoba, Canadá.
- DELORIT, R. y H. AHLGREN 1967. Crop production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, EUA. 662p.
- ESPIG, G. 1990. A plea for pseudocereals buckwheat, quinoa and amaranthus. *In* Field Crops Abst. 43:1.
- HALL, W.C. 1950. Growth and development of buckwheat under differential temperature gradients. *Bot. Gaz.* 111: 331-343.
- IVANOV, S. y A. BONDARCHUCK. 1976. Potassium nutrition of buckwheat from fertilizers and soil. *Doklady Akademil Nauk.* 20. *In* Field Crops Abst. 33:175.
- KALUS, Y.O. 1977. Cultivation of buckwheat in Odessa province and some methods of increasing its yields. *In* Field Crops Abst. 31:7708.
- KAYASHITA, J., I. SHIMAOKA y M. NAKAYJOH. 1995. Hypocholesterolemic effects of buckwheat protein extracts in rats fed cholesterol enriched diets. *Nutrition Research* 15: 691-698.
- KAYASHITA, J. I. SHIMAOKA, M. NAKAYHOH y N. KATO. 1996. Feeding of buckwheat protein extract reduces hepatic triglyceride concentration, adipose tissue weight, and hepatic lipogenesis in rats. *J. Nutr. Biochem.* 7: 555-559.
- KAYASHITA, J. I. SHIMAOKA, M. NAKAYJOH, M. YAMASHAKI y N. KATO. 1997. Consumption of buckwheat protein lowers plasma cholesterol and raises fecal neutral sterols in cholesterol-fed rats because of its low digestibility. *J. Nutr.* 127: 1395-1400.
- KITABAYASHI, H., A. UJIHARA, T. HIROSE y M. MINAMI. 1995. On the genotypic differences for rutin content in tartary buckwheat, *Fagopyrum tartaricum* Gaertn. *Breeding Sci.* 45: 189-194.
- KUSIORSKA, K. y K. MAYKOWSKY. 1978. The effect of nitrogen top-dressing and defoliation on yield and harvest of buckwheat. *Nauk Rolniczych* 102. *In* Crop Abst. 31: 409.
- LIFSCHITZ, M., I. M. NEBREDA y P.C. PARODI. 1981. Comportamiento del alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench.) como cultivo sucesivo al trigo en la zona central de Chile. *Cien. Inv. Agr.* 8: 197-206.
- MA. J.F., S.J. ZHENG, H. MATSUMOTO, y S. HIRADATE., 1997. Detoxifying aluminum with buckwheat. *Nature:* 390: 569-570.
- MARSHALL, H.G. 1969. Description and culture of buckwheat. Bull. 754. Pennsylvania State Univ., University Park, PA, EUA.
- MARSHALL, H.G. 1980. Buckwheat. *In* W. R. Fehr y H.H. Hadley (Eds.) Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Publishers, Madison, WI, EUA.
- OHARA, T. H. OHINATA, N. MURAMATSU y T. MATSUHASHI. 1991. Studies on buckwheat rutin. I. Determination of rutin in buckwheat foods by high performance liquid chromatography. *In* Food Science and Technology Abst. 23:95.
- OSIPOVA, P. 1970. Effect of P nutrition on some physiological processes and yield of buckwheat. *Referativnyye Zhurnal* 55. *In* Field Crops Abst. 25: 361.
- POMOVERANZ, Y. y G. ROBBINS. 1972. Ammino acid composition of buckwheat. *Agr. Food Chem.* 20: 270-274.
- RAGHUVI, S., M. P. S. ARYA y R. SINGH. 1996. Effect of row spacing and seed rates on the yield of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Indian J. Agron.* 41: 315-317.
- RUSZKOWSKA, B.O. 1965. Studies on buckwheat. XIII. Analysis of the fructification structure of buckwheat on the background of environmental conditions. *Zaklad Roslin Zbozowych IUNG, 1965: 77-97.*
- RUSZKOWSKA, M. 1965. Studies on buckwheat. Effect of growth and development on the yield. *Zaklad Rslin Zbozowych IUNG, 1965: 3-76.*
- SINGH, K.B. 1968. Correlation studies in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). *In* Field Crops Abst. 84.
- SOKOLOV, O., V. KUDEYAROV y V. LEOSHKO. 1979. Aspect of increasing protein contents of buckwheat seeds. *Sel Biologiya* 36. *In* Field Crops Abst. 32: 752.
- SUGAWARA, K. 1958. On the injury of pistil growth. Retardation of pistil growth as influenced by day-length. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 26: 264-265. (Plant Breed. Abst 27, 1648).
- TRUSOVA, N., N. AMANTOVA y V. ARKHIPOV. 1976. Effect of nitrogen rates, sowing methods and meteorological conditions on buckwheat yield. *Referativnyye Zhurnal* 5. *In* Field Crop Abst. 32: 222.
- VLASOVA, E.P., B.P. GONCHAROV, V.E. LOSER y S.S. SALOBNIKOR. 1978. Control of weeds in buckwheat on gray forest soils. *Referativnyye Zhurnal* 55. *In* Field Crops Abst. 32: 1911.
- WOLFE, T.K. y M.S. KIPPS. 1953. Production of field crops. McGraw-Hill, New York, NY, EUA.

