

Obtención de soportes de macro y micro nutrientes con base en zeolitas mexicanas

Córdova H. A.,¹
Islas M. M.¹
Bascuñan S. C.¹
Martines G. M.¹
Nikolaev N. S.²

Resumen

Se estudió el efecto de aplicación de las zeolitas modificadas por el intercambio iónico con fertilizantes (NPK), N-P en la producción de tomates. El cultivo de tomates se realizó en los terrenos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de México, tomando cuadrantes iguales con los siguientes tratamientos de suelo: 1) zeolita intercambiada con fertilizantes, 2) zeolita intercambiada con una solución que contenía solo N-P, 3) zeolita natural sin modificación iónica y un cuadrante testigo representado por el suelo sin ningún tratamiento. Los datos obtenidos muestran un incremento en la cosecha de tomates, así como la retención de la descomposición de los tomates cosechados. Además, se determinó que las concentraciones óptimas en el caso de la zeolita tratada con el 3% de fertilizante NPK son: 0,91% de potasio y 0,61% de nitrógeno. Estos resultados permiten sugerir el uso de zeolitas modificadas por intercambio iónico en la agricultura para elevar el nivel de las cosechas del tomate.

Introducción

El tomate designado por Muller como *Lycopersicon esculentum* [1] es una de las hortalizas de mayor importancia no solo por su popularidad y amplia adaptación, sino también porque representa un fuerte renglón de ingresos para el comercio de los productos comestibles frescos y procesados con un alto valor nutritivo. Su origen según los investigadores se centra en una región limítrofe de Ecuador y Perú, aunque también existe la opinión de Jenkins acerca del origen de este fruto en un área comprendida entre Puebla y Veracruz [2].

El tomate activa la secreción gástrica; además, su composición se basa en un conjunto de aminoácidos orgánicos, vitaminas de tipo A, B, C, D y sales de Fe, K, Mg. Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad. Este fruto prospera en climas de cálido a moderado que se encuentran en zonas tropicales desde los 0 hasta los 2.100 metros sobre el nivel del mar.

1 Instituto de Ciencias de la BUAP. México.

2 Universidad Nacional. Costa Rica.

Desde los primeros años de la década de 1970-1980 y cada vez en forma más intensa, se vienen usando hidroalumosilicatos cristalinos (zeolitas) para, por una parte, elevar el nivel de las cosechas, y por otra reducir no solo el uso de fertilizantes, sino también el grado de contaminación que estos producen al ser adicionados en el suelo [3].

Una de las zeolitas más empleadas es la clinoptilolita por sus efectos positivos en la agricultura y además por su difusión en la corteza terrestre, lo que puede redituar un efecto económico de alto rendimiento [4]. Gracias a las propiedades de intercambio iónico, los cationes dislocados en los canales y cavidades que conforman las estructuras de las zeolitas pueden en forma preferencial ser sustituidos por iones de NH_4 , K, PO_4 . Estos iones pueden ser retenidos tanto en el volumen interno, como en la superficie de estos hidroalumosilicatos; luego de su saturación, en un grado insignificante son desplazados por el agua; sin embargo, con mucha facilidad son asimilados por el sistema de raíces de las plantas.

Estas zeolitas modificadas por intercambio iónico e introducidas en los suelos en pequeñas cantidades permiten variar no solo la composición química de los suelos, sino también que varíe la micro y la macro flora tanto cualitativa como cuantitativamente, y que predominen las bacterias micolíticas que causan los procesos de lisis; es decir, la devoración de los hongos filamentosos a resultas de lo cual quedan sus estuches. Este efecto probablemente se puede explicar a través de un incremento sustancial de pH del medio imperante en los suelos de 4,9 a 6,3. En las muestras analizadas se encontraron amebas gigantes de 50 a 60 micras, que posiblemente contribuyan a incrementar la porosidad del suelo, haciéndolo más esponjoso, mejorando su estructura y favoreciendo el crecimiento de las *amebas* mismas. Al

mismo tiempo, se ha observado que la presencia de zeolitas en los suelos favorece el desarrollo de algas azul-verdosas que tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire, que, además, permite la manifestación de nuevos organismos desconocidos [5-9].

Objetivo general

Comprobar el efecto de las zeolitas modificadas por intercambio iónico con fertilizantes (NPK), N-P, así como mezcladas en forma mecánica y su aplicación en la agricultura, valorando a su vez el probable incremento del nivel de cosechas, por una parte y por otra reducir el costo de elaboración del cultivo del tomate.

Objetivo particular

Optimizar el cultivo del tomate en sus diferentes etapas de desarrollo: crecimiento, maduración y conservación empleando para ello la clinoptilolita natural modificada por intercambio iónico con fertilizante (NPK) y N-P.

Parte experimental

En un terreno de 91 metros cuadrados pertenecientes a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se empleó la clinoptilolita tanto en su estado natural, como las muestras modificadas por intercambio catiónico con fertilizante NPK, con N-P, y las muestras fertilizante solo. El intercambio iónico con el fertilizante NPK (20, 30, 10) al 1 y 3% y con N-P a molaridades de 0,1 y 0,01 M se realizó a temperaturas de 50 y 100 °C. El análisis elemental nos reportó que el contenido de N_2 fue de 0,61; de P 0,91; de K 0,30 para las muestras intercambiadas con fertilizantes al 3%, en tanto que para el 1 % estos parámetros fueron de 0,2; 0,3 y 0,1, respectivamente. Para las muestras intercambiadas con N-P

al 0,1 M se obtuvieron los siguientes resultados 1,38% N₂, y de 2,97 % P, respectivamente; para el 0,01 M el contenido de N₂ fue 0,138% y del P 0,3 %. Las variaciones en la estructura, así como la posible ubicación de los cationes, se analizó con la ayuda de la espectroscopia de infrarrojo, empleando un equipo de tipo NICOLET FTIR-400.

El procedimiento de preparación mecánica de las muestras zeolíticas con fertilizantes consistió en un mezclado que contenía una relación de 1:3.

El cultivo de tomate se realizó en cuadrantes iguales para cada uno de los tratamientos siguientes del suelo:

1. zeolitas intercambiada con fertilizante,
2. zeolita intercambiada con una solución que contenía solo N-P,
3. zeolita natural sin modificación iónica.

Además, se tomó un cuadrante testigo representado por el suelo sin tratamiento, a

fin de tener parámetros de comparación para cada uno de los experimentos.

La primera parte de la experimentación incluyó el análisis del suelo destinado a la siembra del tomate para conocer su composición, pH, densidad, textura P, K y N.

Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 1.

Como puede observarse los datos del cuadro, el suelo es pobre en minerales y manifiesta un mal drenaje; su densidad es alta, lo cual nos indica que se trata de un suelo compacto, y según la textura, la penetración del agua es mediana. Es un suelo extremadamente pobre en materia orgánica; el calcio tiene un nivel de asimilación mediano; es rico en potasio, con un pH medianamente alcalino. El terreno seleccionado para los experimentos presenta características muy desfavorables para el cultivo de hortalizas (específicamente tomate), estas mismas características se encuentran en una gran cantidad de suelos en la región del estado de Puebla.

En el Cuadro 2 se presenta la composición química de la clinoptilolita original, así como las formas modificadas por intercambio iónico con fertilizantes NPK y con N-P a diferentes concentraciones.

Cuadro 1.

Análisis del suelo de experimentación, comparado con los valores normales para suelos agrícolas

Parámetros	Valores normales	Valores registrados
Densidad g/cm ³	1-2	0,94
Color	Variable	café oscuro grisáceo
Textura	Variable	franco -arenoso-arcilloso
Mat. orgánica	2-3	0,44
pH	3,5-10,5	7,99
Calcio. p.p.m.	900	546,70
Potasio p.p.m.	50-1000	2,65

Cuadro 2

Composición química de la clinoptilolita

SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂	OSO ₃	P ₂ O ₅
65,9	11,7	0,07	1,98	3,8	1,02	1,28	1,36	0,32	0,96

Preparación del sustrato

El terreno de investigación para el estudio de crecimiento, desarrollo y maduración del tomate en función de las distintas muestras hidroalumosilíceas fue dividido en siete cuadrantes, según se puede observar en la Figura 1.

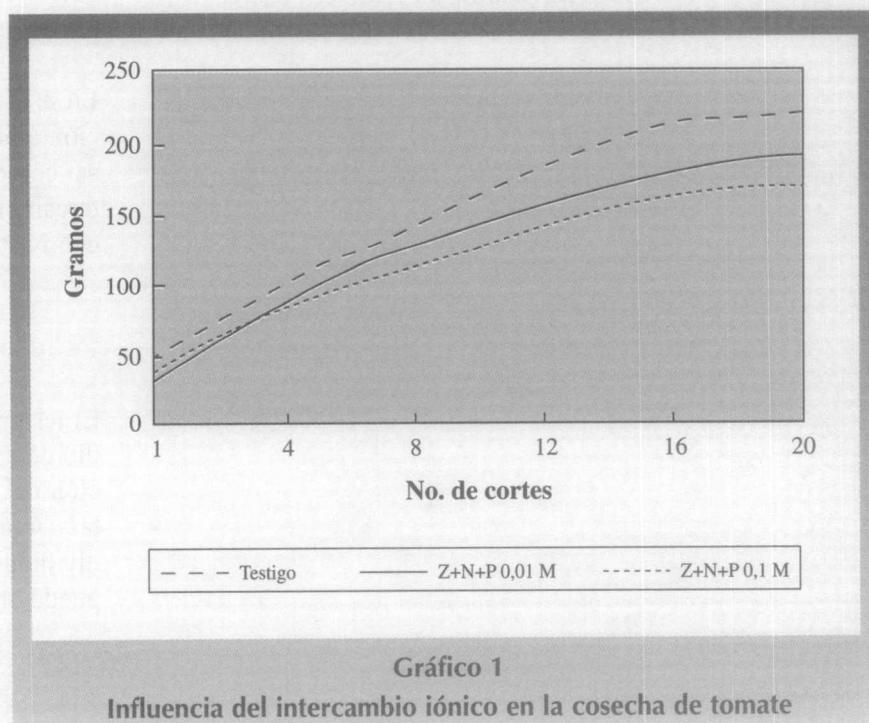
Discusión de los resultados

En el Gráfico 1 se presentan los resultados de los experimentos realizados con el suelo testigo y las muestras de suelo

Cuadro 3 Modificaciones de los cationes			
1 % NPK	3 % NPK	0,1 M. N-P	0,01 M. N-P
N= 0,2	N= 0,61	N= 1,38	N= 0,14
P= 0,3	P= 0,91	P= 2,97	P= 0,31
K= 0,1	K= 0,3		

Z+P 3 % I.C	TESTIGO	Z+F MEZCLA
Z+F 1 % I.C		Z+F 1 % I.C
Z+N-P 0,1 M		Z+N-P 0,1 M

Figura 1
Cuadro comparativo de experimentos realizados con suelo que contenía zeolitas intercambiadas y suelo testigo sin zeolitas



tratadas con zeolitas modificadas con intercambio iónico denominadas ZNP 0,1 y 0,01 M. Se puede observar un incremento de la cosecha del tomate cuando en el suelo se introducen zeolitas intercambiadas a 0,1 M.

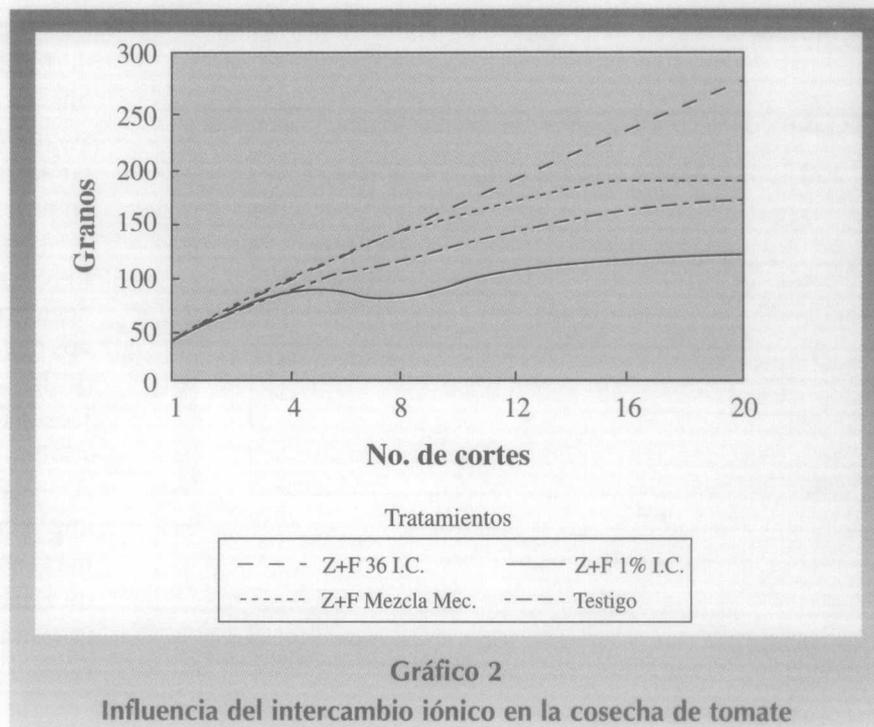
El análisis elemental realizado nos indica que al intercambiar las zeolitas con soluciones 0,1 M el aumento en la producción de tomate al parecer se encuentra en función de la concentración de los macronutrientes introducidos en la zeolita natural durante el intercambio iónico.

En el Gráfico 2 se presentan a su vez los resultados obtenidos de los experimentos realizados con el suelo testigo, con clinoptilolita intercambiada con fertilizantes NPK (10-30-20) a porcentajes de 1 a 3% y también con una zeolita tratada en forma mecánica por simple mezclado. De los datos del Gráfico 2 se observa que el tratamiento de zeolita NPK al 3% da mejores resultados que cuando la zeolita es tratada al 1%,

en este caso incluso la cosecha es menor que en el testigo. La zeolita tratada en forma mecánica, según se desprende del Gráfico 2, ocupa una posición intermedia entre el suelo testigo y el suelo tratado con fertilizantes al 3%, lo que nos permite considerar que aun la zeolita sin realizar un intercambio iónico riguroso da la posibilidad de mejorar el rendimiento de las cosechas.

El análisis realizado para determinar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio indica que cuando la zeolita es tratada con 3% de fertilizantes NPK en el suelo se está introduciendo junto con el aluminosilicato cristalino 0,61% de N_2 , 0,91% de P y 0,30% de K. Estos valores indudablemente se reducen cuando se introduce el 1% de fertilizante (N_2 - 0,2%, P - 0,3% y K - 0,1%).

En el caso de la mezcla mecánica el contenido de fertilizantes NPK se presenta en una relación de 1:3 con respecto al contenido de zeolita; es decir, que



hidroalumosilicato cristalino se está introduciendo en el suelo aproximadamente un 6,8% más de N_2 en comparación con la zeolita tratada con 3% de fertilizante NPK y por consiguiente el contenido de P y K también se eleva al 10% y 3,33%, respectivamente.

Para el caso de la clinoptilolita tratada a 0,1 M con NP el contenido de nitrógeno es de 1,38% y el de fósforo de 2,97% y para la tratada con 0,01M fue de 0,14 de N y 0,31 de P.

En el Gráfico 3 se compara el contenido de N y P para los diferentes tratamientos y se muestra que la cantidad óptima de N se encuentra en el rango de 0,61% en el caso de la zeolita tratada con el 3% de fertilizante NPK.

El Gráfico 4 muestra el comportamiento de la cosecha de tomate en función del contenido de fósforo para los diferentes tratamientos, observándose que los mejores rendimientos se encuentran en la región de 0,91% de P.

En los Gráficos 3 y 4 se observa que a grandes contenidos tanto de P, como de N_2 el rendimiento en la cosecha de tomate se ve disminuido.

Los datos permiten concluir que se puede obtener resultados óptimos de cosecha si se logra determinar el rango de intercambio iónico idóneo, pues el tratamiento de la zeolita al 3% nos rinde el mayor nivel de cosecha de tomate, el segundo nivel de cosechas del tomate nos lo da el tratamiento al 0,1 M con N-P. En el primer caso se tiene un mejor contenido de nitrógeno y fósforo que en el caso del intercambio al 0,1M; esto podría indicarnos que para obtener cosechas mayores de tomate, es necesario introducir menos nitrógeno y menos fósforo en el suelo; sin embargo, no debemos descartar la influencia del potasio contenido en el fertilizante.

En el Gráfico 5 se presenta el infrarrojo de las muestras empleadas, indicándonos que para la muestra 0,1M la simetría de la valencia cambia completamente. Desaparición de las bandas ($640-725\text{cm}^{-1}$), y las oscilaciones que caracterizan las entradas a las cavidades (426cm^{-1}) han sido desplazados a campos más cercanos (466cm^{-1}), lo cual nos indica que se cubrió la superficie, y para la muestra tratada a 0,01M el desplazamiento es aún mayor (537cm^{-1}), esto

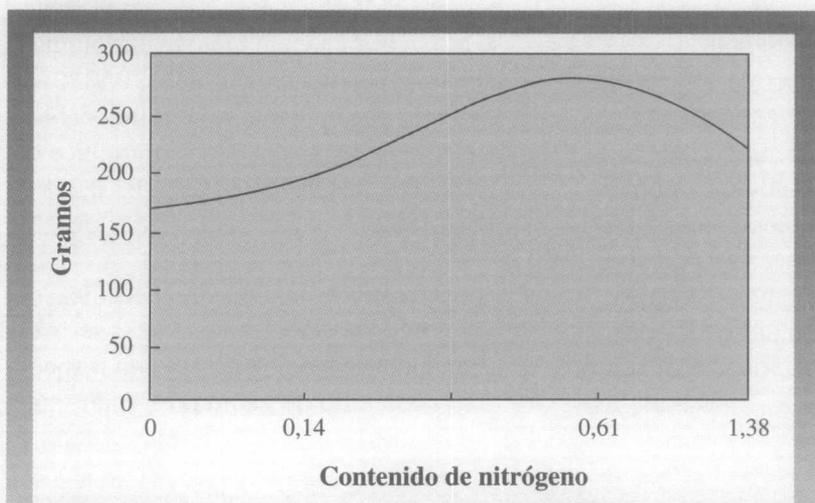


Gráfico 3

Crecimiento de tomate en función del contenido de nitrógeno

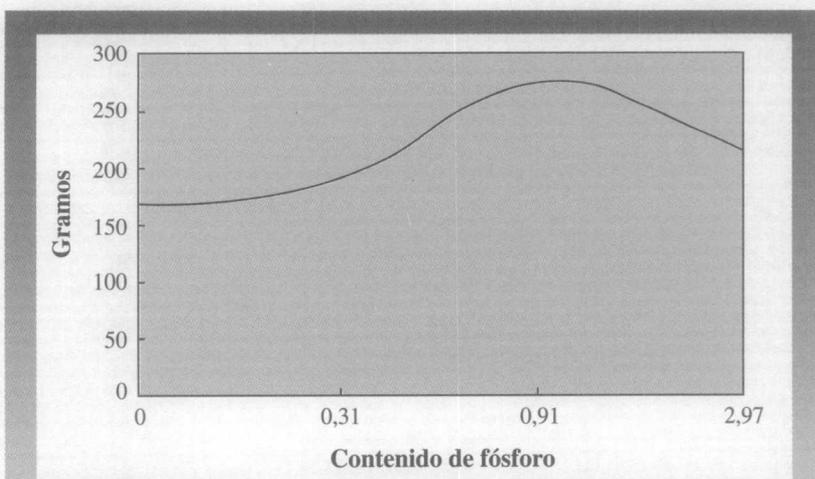


Gráfico 4

Crecimiento de tomate en función del contenido de fósforo

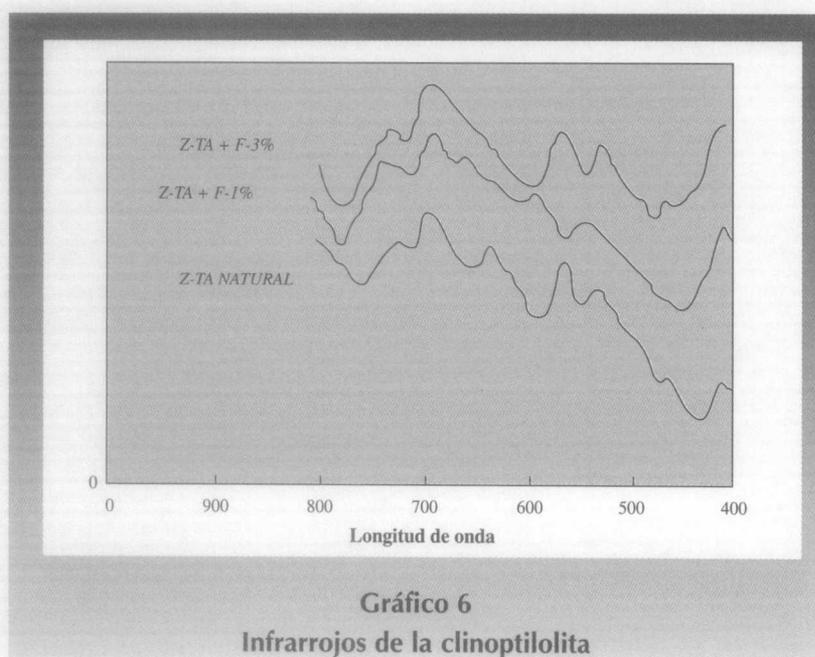
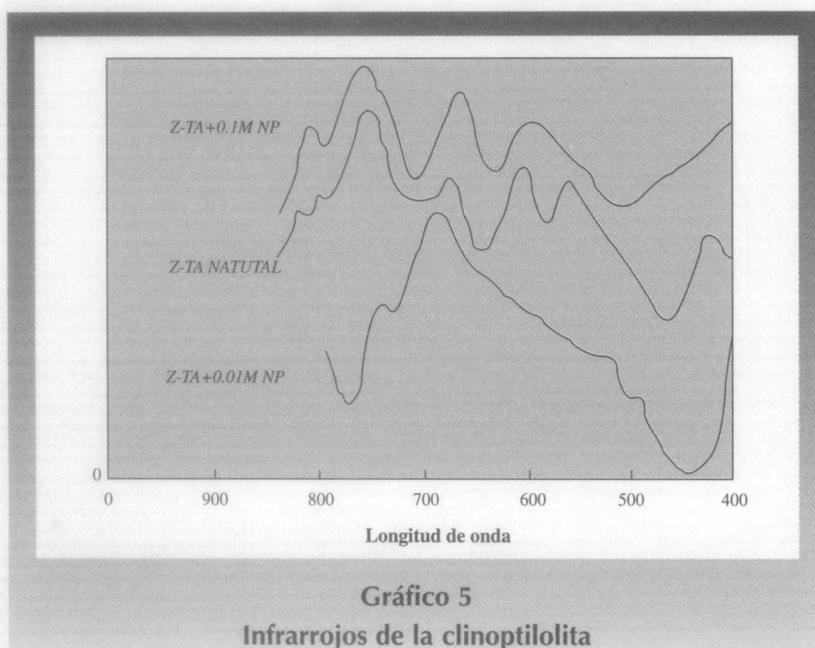
puede ser consecuencia de un desplazamiento de ión hacia la superficie.

En el Gráfico 6 se aprecia el infrarrojo de las muestras al 1 y 3% de NPK; se puede observar que la simetría de valencia cambia completamente (desaparición de las bandas 640-725 cm^{-1}), también se

nota un pequeño desplazamiento en la banda de la entrada a las cavidades (455 cm^{-1}); para el espectro de la muestra tratada al 1% de NPK los desplazamientos de las bandas son muy pequeños.

Conclusiones

1. Las concentraciones óptimas de N₂ y P responden a los valores de 0,61% y 0,91%, según se observa al comparar la adición de NPK y N-P en cantidades de 3% y 0,1M.
2. La maduración de los frutos cosechados tiene una prolongación de 7, 8 días desde su color verde-amarillo hasta el rojo.
3. Los frutos comienzan a descomponerse después de un mes de haber sido cosechados.
4. Los resultados obtenidos nos permiten sugerir el uso de la clinoptilolita modificadas por intercambio iónico tanto para elevar el nivel de las cosechas de tomate, como para reducir el gasto de agua y mejorar las características del suelo, especialmente para hacerlo más poroso según se puede observar en la rotulación posterior a la cosecha.



Bibliografía

- Casares, E. *Producción de hortalizas*, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Edit. I.I.C.A., Lima Perú, 1966.
- Guía para la asistencia técnica agrícola*, Área de la influencia del campo experimental Zcatepec. S:A.RH., I.N.I.C.A., México, 1978.
- Minato, H. *Characteristic and Uses of Natural Zeolites*, Kaotusugsu, 1960, 5.
- Breck, D.W. *Zeolite Molecular Sieves*, Edit. Mir, Moscú, 1976, p. 653.

Aripov, E.A. y otros, *Uso de zeolitas naturales en la ganadería y agricultura*, Mietsnierieba, Tbilisi, 1984, p. 206-209.

Bielyakova, E.T. y otros, *Uso de las zeolitas naturales en la agricultura*, Mietsnierieba, Tbilisi, 1980, pp. 116-123.

Pantskhova, I.D. y otros, G.E Alieksidze, *Uso de las zeolitas naturales en la agricultura*, Mietsnierieba, Tbilisi, 1980, pp. 132-14.

Gamisonya, M.K. y otros, *Uso de zeolitas naturales en la ganadería y agricultura*, Mietsniereiba, Tbilisi, 1984, pp. 230-233.

Pietkov, V.V.; V.V. Bairakov, *Uso de zeolitas naturales en la agricultura*, Mietsniereiba, Tbilisi, 1980, pp. 141-151.