

MANUAL DE PRODUCCION DE PAPA CON SEMILLA SEXUAL

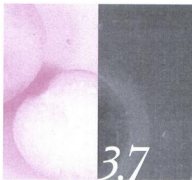
3. Siembra de Semilla Sexual

3.7

Fascículo



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)



Fascículo **Fertilización de los almácigos de papa**

S. Vilagardá

Las plántulas de papa son cultivadas en almácigos en alta densidad y durante un periodo corto de tiempo. El objetivo de la fertilización de estos almácigos es abastecerlos de la máxima cantidad de nutrientes sin incurrir en riesgos de salinidad o interacciones negativas. Es muy importante conocer las propiedades físicas y químicas, así como el grado de salinidad del sustrato.

Introducción

Una cama de almácigos requiere un sustrato en condiciones físicas y químicas adecuadas para producir plántulas o tubérculos que provienen de semilla botánica de papa. En el sustrato se debe optimizar la permeabilidad, la capacidad de retención de agua y la capacidad de retener y proporcionar nutrientes.

En la estación experimental del CIP en La Molina (Lima) se ha encontrado que una mezcla de musgo proveniente de los Andes y arena lavada, en una proporción de 1:1 en volumen, parece ser el sustrato más indicado para las camas de almácigo de semilla botánica. Sin embargo, el Departamento de Fisiología continúa probando nuevos sustratos que podrían ser utilizados en otros países donde no hay musgo.

Para la fertilización de las camas de almácigos es de vital importancia el conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los fertilizantes disponibles en el mercado local. Estos insumos, aplicados en altas dosis, incrementan la conductividad eléctrica del sustrato y afectan la germinación y el desarrollo de las plántulas de papa. Los más peligrosos son el nitrato de amonio y el cloruro de potasio, especialmente en aquellos sustratos de bajo poder retentivo de agua.

Cuando la cama del sustrato está preparada mayormente con arena, la aireación del medio radicular será excelente, pero la capacidad retentiva del agua y de los nutrientes será muy pobre. Como las camas deben mantenerse en un nivel adecuado de humedad, la irrigación frecuente provoca un fuerte lavado de nutrientes y exceso de sales; si la irrigación no es frecuente se corre el riesgo de que el movimiento rápido de las sales hacia la superficie perjudique el desarrollo de las plántulas de papa. Este fenómeno es más grave cuando se ha forzado la fertilización nitropotásica, razón por la cual recomendamos fraccionar el abonamiento con estos nutrientes.

Cuando el sustrato o cama de las plántulas está preparado a base de compost, que tiene alta capacidad retentiva de agua y nutrientes, los problemas de sequía y salinidad son mínimos, aun cuando se hayan aplicado altos niveles de fertilización. Debemos recordar que a mayor capacidad retentiva de agua del sustrato el efecto de la salinidad es menor por su grado de dilución.

La fertilización en el caso de plántulas que provienen de semilla botánica, ya sea por siembra directa o trasplante, se puede resumir en la respuesta a las preguntas qué, cuándo, cuánto y cómo fertilizar:

¿Qué Fertilizante Aplicar?

Las plántulas de papa requieren los mismos macro y micronutrientes esenciales que todas las especies vegetales (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, etc.). N, P y K son los macronutrientes esenciales y los más importantes en la fertilización. Mg y algunos micronutrientes son ocasionalmente aplicados directamente al sustrato o en aplicaciones foliares.

Ca, Mg y S son macronutrientes secundarios y la mayoría de los sustratos usados en las camas contienen estos elementos en cantidades suficientes; sólo cuando hay deficiencia se puede recurrir a fertilizantes que contengan estos elementos en su composición. Por ejemplo, el sulfato de amonio contiene 21% de N y 23% de S, el superfosfato simple contiene 18% de P_2O_5 , 19% de Ca y 12% de S, el sulfato de potasio contiene 50% de K_2O y 18% de S, el Sul-Po-Mag 22% de K_2O , 21% de S y 18% de MgO, etc.

Índice de Salinidad

Para este índice se toma como patrón referencial el nitrato de sodio y se refiere a la variación de la presión osmótica de la solución de suelo extraída del mismo suelo. Cuanto más gruesa es la textura tanto más fácilmente aparecen los síntomas de quemaduras por las sales de los fertilizantes.

Cuadro 1 Índice de salinidad de los principales fertilizantes:

Fertilizante	Índice
Nitrato de sodio	100
Cloruro de potasio	114
Nitrato de amonio	105
Urea	75
Nitrato de potasio	74
Sulfato de amonio	69
Amoniaco anhidro	47
Sulfato de potasio	46
Fosfato diamónico	35
Fosfato monoamónico	30
Superfosfato triple	10
Superfosfato simple	8
Fosfato monopectásico	8
Fosfato bicálcico	8

Los fertilizantes de mayor índice de salinidad son los nitrogenados y potásicos, y los de menor índice son los fosfatados (Cuadro 1).

Fertilizantes nitrogenados

- a. La urea ($CO(NH_2)_2$) contiene 45–46% de N en la forma amidica (orgánica) que una vez aplicada al suelo se mineraliza rápidamente y pasa a las formas de NH_4^+ y NO_3^- que son absorbidas por el sistema radicular.

Es importante recordar que la urea puede perderse por volatilización como NH_3 cuando se aplica superficialmente y no se cubre con una delgada capa de tierra húmeda. Igualmente debemos mantener en condiciones óptimas los factores que afectan la nitrificación, como pH, aireación y humedad. El pH muy ácido, la falta o exceso de agua y la temperatura extrema pueden minimi-

zar la nitrificación provocando un exceso en la absorción de la forma amoniacal con el consiguiente amarillamiento de las plántulas, unos días después de la aplicación de la urea.

Un litro de agua disuelve 1 kg de urea a 22°C.

- b. Sulfato de amonio $[(NH_4)_2SO_4]$ Contiene 20% - 21% de N en la forma amoniacal y 23% de S. Como en el caso de la urea se debe cuidar el pH, temperatura, aireación y humedad para la buena nitrificación de la forma amoniacal y evitar así que se acumule en los tejidos de la planta.

Un litro de agua disuelve 754 gramos de sulfato de amonio a 20°C.

- c. Nitrato de amonio (NH_4NO_3) . Contiene 33% - 34% de N como N-NH₄ y N-NO₃, formas químicas bajo las cuales es absorbido por las plantas.

El nitrato de amonio tiene un alto índice de salinidad (105). No es aconsejable aplicar toda la dosis al momento de la siembra o trasplante, salvo que el sustrato sea de naturaleza orgánica y/o tenga una alta capacidad retentiva de agua. Es el fertilizante más indicado para suelos de fuerte acidez, cierta permeabilidad y baja temperatura.

Un litro de agua a 20°C disuelve 2 kg de NH_4NO_3 .

- d. Fosfato de amonio $[(NH_4)_2NPO_4]$ Contiene 18% de N como N-NH₄ y 46% de P_2O_5 soluble en agua. Es una excelente fuente de N y P para la fertilización de camas de plántulas por su alta concentración y solubilidad, y su bajo índice de salinidad.

Fertilizantes fosfatados

- a. Superfosfato simple de calcio. Contiene 18-20% de P_2O_5 , 19% a 21% de Ca y 11% a 13% de S, por consiguiente es una fuente adecuada de Ca y S a niveles razonables de P_2O_5 ; por otra parte su índice de salinidad es bastante bajo (8).
- b. Superfosfato triple de calcio. Contiene 45-47% de P_2O_5 , soluble en agua. Igualmente contiene Ca pero no S. Su índice de salinidad también es bajo.
- c. Roca fosfatada molida en malla mayor a 150. Contiene 28-36% de P_2O_5 en forma soluble (tricalcica), tiene reacción alcalina y es recomendable para sustratos orgánicos y ácidos. El fosfato peruano contiene 30% de P_2O_5 , es una buena fuente de P y Ca, y su reacción es alcalina.

d. Fosfato de amonio (NH_4NPO_4 , anteriormente descrito).

Fertilizantes potásicos

- Cloruro de potasio (KCl). Contiene 60%-62% de K_2O soluble en agua. Tiene un alto índice de salinidad (114). En su composición tiene casi 50% de cloro. En sustratos de buen drenaje la acumulación de cloro no afecta negativamente la germinación y el crecimiento de las plántulas de papa.
- Sulfato de potasio (K_2SO_4). Contiene 50%-52% de K_2O y 18% de S. Su índice de salinidad es 47, muy inferior al del cloruro de potasio.
- Sul-Po-Mag (K_2SO_4 y MgSO_4). Contiene 22% de K_2O , 21% de S y 18% de MgO. Es una buena fuente de K, S y Mg.

Fertilizantes compuestos

Un gran número de fertilizantes compuestos se venden en el mercado, como el $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ de fórmula 18-46-0, KNO_3 de 13-0-45 y abonos compuestos de equilibrio 1-1-1 (Ej 12-12-12; 15-15-15; etc.) y 1-2-1 (Ej 7-14-7; 15-30-15; 11-22-11; etc.). Los fertilizantes compuestos generalmente tienen al nitrato de amonio como fuente de N, fosfatos solubles en agua como fuente de P_2O_5 y cloruro de potasio como fuente de K.

¿Cuánto Fertilizante Aplicar?

La cantidad de fertilizante depende de la riqueza del sustrato y de la cantidad de nutrientes extraídos durante el desarrollo de las plántulas.

Para el cálculo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Cantidad de materia seca producida por unidad de superficie
- Nutrientes disponibles en el sustrato
- Pérdidas por lavado o volatilización de los nutrientes minerales
- Eficiencia en el uso de los fertilizantes relacionada con las pérdidas y el efecto residual

La eficiencia en el uso de los fertilizantes, para el caso de camas de plántulas, no reviste importancia considerando las cantidades requeridas por unidad de superficie. Recomendamos no exagerar las aplicaciones para no incurrir en problemas de salinidad y en caso necesario fraccionar las aplicaciones, especialmente con los fertilizantes nitropotásicos. Para el trasplante aconsejamos re-

tardar la aplicación de los referidos nutrientes hasta que las plántulas hayan prendido. Fertilizar en forma fraccionada con el agua de irrigación.

Cálculos para la fertilización

Las necesidades de fertilizantes están en función de la cantidad de materia seca que se va a producir y de la capacidad de retención de los nutrientes del sustrato. A continuación se da un ejemplo para calcular las necesidades de fertilizantes en función de un rendimiento esperado.

a. Para producir 1000 g de peso fresco de plántulas de papa (raíces, tallos, hojas, etc.):

- Peso seco: 15% de 1000 g = 150 g

- Concentración promedio de NPK en la materia seca:

N	: 2.5%
P ₂ O ₅	: 0.5%
K ₂ O	: 2.2%

- Absorción total de NPK:

N	: 2.5% de 150 g = 3.75 g
P ₂ O ₅	: 0.5% de 150 g = 0.75 g
K ₂ O	: 2.2% de 150 g = 3.30 g

- Eficiencia de uso:

N	: 50%
P ₂ O ₅	: 10%
K ₂ O	: 50%

Nota: Cuanto mayores son las dosis de fertilizantes la eficiencia de uso es menor. Igualmente cuanto más rico es el sustrato menor será la eficiencia de uso.

- Cantidad de NPK que se debe aplicar:

$$N : \frac{100}{50} \times 3.75 \text{ g} = 7.50 \text{ g}$$

$$P_2O_5 : \frac{100}{10} \times 0.75 \text{ g} = 7.50 \text{ g}$$

$$K_2O : \frac{100}{50} \times 3.30 \text{ g} = 6.60 \text{ g}$$

- Cantidad de fertilizante o producto:

$$\text{Urea CO(NH}_2)_2 \text{ de 45\% de N} : \frac{100}{45} \times 7.5 = 16.7 \text{ g}$$

$$\text{Superfosfato triple de 45\% de P}_2\text{O}_5 : \frac{100}{45} \times 7.5 = 16.7 \text{ g}$$

$$\text{Sulfato de potasio K}_2\text{SO}_4 \text{ de 50\% de K}_2\text{O} : \frac{100}{50} \times 6.6 = 13.2 \text{ g}$$

b. Cálculo de la cantidad de fertilizantes requerida para la producción de tubérculos-semilla

En el ejemplo anterior no se consideró la cantidad de NPK del sustrato dado que se trata de una superficie muy pequeña. En cambio, en este ejemplo sí se considera, teniendo en cuenta la capacidad del sustrato de proporcionar NPK y otros nutrientes minerales que no son materia de cálculo. Esta habilidad del sustrato se puede estimar con base en los análisis de nutrientes disponibles o en los resultados de experimentos biológicos.

Se debe tener mucha experiencia para estimar con base en los resultados de los análisis químicos del sustrato. Evidentemente los sustratos a base de arena son los más pobres y los de compost los más ricos.

Para averiguar el N disponible se usa el tratamiento O-P-K, para el P el N-O-K y para el K el N-P-O.

	Peso seco (g/m ²)	Concentración de NPK en tejidos (%)			Absorción total NPK (g/m ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Tubérculos	1200	1.2	0.20	2.0	14.4	2.40	24.0
Parte aérea	600	3.2	0.40	3.0	19.2	2.40	18.0
Raíces	300	0.4	0.12	1.0	1.2	0.36	3.0
TOTAL	2100				34.8	5.16	45.0
					N	P₂O₅	K₂O
Absorción total de NPK (g/m ²)					34.8	5.16	45.0
Capacidad del sustrato de proporcionar NPK (determinada por análisis o por experimentos) (g/m ²)					14.8	1.16	30.0
Necesidad de fertilización NPK (g/m ²)					20.0	4.00	15.0
Eficiencia de uso estimado o determinado (%)					50.0	10.0	50.0
Cantidad neta de NPK a aplicarse (g/m ²)					40.0	40.0	30.0
Cantidad de urea, superfosfato triple y sulfato de potasio (g/m ²)					90.0	90.0	60.0
					Urea	S.T.	K ₂ SO ₄

Por consiguiente, para una producción estimada de 1.2 kg/m² de peso seco de tubérculos (aproximadamente 6.0 kg/m² de tubérculo fresco), superponiendo que el sustrato puede proporcionar 14.8, 1.6 y 30.0 g/m² de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente y considerando una eficiencia de 50% para la fertilización nitrogenada, 10% para la fosfatada y 50% para la potásica, será necesario abonar con 90 g/m² de urea, 90 g/m² de superfosfatotriple y 60 g/m² de sulfato de potasio.

Recomendaciones sobre la Fertilización para el Trasplante al Campo

El principio es igual que para el caso de cultivares provenientes de tubérculo-semilla.

Es necesario estimar la cantidad de NPK extraída a la cosecha y la cantidad que proviene del suelo. Por lo tanto, la cantidad que se debe aplicar será la diferencia entre el total requerido menos la cantidad que proviene del suelo, reajustada con la eficiencia de uso.

Por ejemplo, para una producción de 20 t/ha de tubérculo fresco en un suelo deficiente en N y P, y mediano en K, se podría recomendar la fórmula 120-120-90. Para producir 1 t/ha de tubérculos el cultivo necesita en total 5, 2 y 8 kg de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente; por consiguiente una producción de 20 t/ha significa una extracción total de 100-40-160 kg/ha de N, P_2O_5 K_2O . Si se asume que el suelo está en capacidad de proporcionar 30-20-100, la diferencia sería 70-20-60. Considerando una eficiencia de 60% para el N, 20% para el P_2O_5 y 70% para el K_2O , la fórmula recomendada sería 107-100-86, que puede redondearse a 120-120-90.

La producción y eficiencia de los fertilizantes dependen de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aparte de los factores climáticos y del manejo del cultivo durante el periodo vegetativo.

¿Cuándo y Cómo Aplicar los Fertilizantes?

Para almácigos en camas

- a. Es recomendable aplicar toda la dosis de fertilizante fosfatado en la preparación de la cama, puesto que no existe riesgo de pérdida por lavado ni se presentan problemas de salinidad (los fertilizantes fosfatados tienen bajo índice de salinidad).

Para la germinación de las semillas sembradas en almácigos, no es recomendable aplicar los fertilizantes nitrogenados y potásicos en el momento de la siembra para evitar retardos en la germinación por efecto de la salinidad de estos fertilizantes. En caso necesario la aplicación no debe sobrepasar el 20% de la cantidad total recomendada.

Es oportuno recordar que las necesidades de nutrientes al inicio del periodo vegetativo son muy pequeñas debido a la cantidad de biomasa formada. El 20% recomendado es una medida de seguridad pero muy bien se puede aplicar el resto de las dosis de N y K después de la emergencia completa, como se indica más adelante.

- b. De 15 a 20 días después de la emergencia el ritmo de crecimiento se incrementa en forma acelerada y en ese momento no debe faltar ni agua ni nutrientes. Si no se aplicó ningún fertilizante nitropotásico en el primer abonamiento, es el momento de hacerlo en forma fraccionada y diluida con el agua de riego.

Fertilización en el Campo Definitivo de Trasplante de las Plántulas

Se puede escoger entre dos modalidades de abonamiento: a) de fondo y b) de mantenimiento.

- a. **Abonamiento de fondo:** Se aplican altas dosis de P y K al voleo antes de la preparación del campo que se mezclan homogéneamente con la capa arable. Se recomienda aplicar 300 a 400 kg de P_2O_5 y 250 a 300 kg de K_2O , usando como fuente de P el superfosfato simple o el superfosfato triple. En el caso de suelos ácidos puede usarse la roca fosfatada como parte de la dosis de P. Como fuente de K se puede recurrir al ClK o K_2SO_4 . En caso de deficiencia de Mg puede usarse Sul-Po-Mag como parte de la fuente de K.

A pesar de las altas dosis de P y K, en esta modalidad de fertilización realmente no existe riesgo de salinidad por efecto de la dilución, porque los abonos se mezclan con la capa arable durante la preparación del campo.

La dosis de N puede variar de 120 a 200 kg/ha según la cosecha que se espera, la cantidad de N disponible en los suelos y la eficiencia en el uso del fertilizante.

La primera aplicación de N puede hacerse algunos días después del trasplante, si el fertilizante se cubre con una capa de suelo húmedo para evitar pérdidas, y el resto de la dosis de N puede aplicarse inmediatamente antes del aporte. La ventaja del "abonamiento de fondo" es que deja efecto residual de P y K para los cultivos subsiguientes.

- b. **Abonamiento de mantenimiento:** Es la modalidad más usada por razones económicas y no deja mucho efecto residual de P y K como en el caso del abonamiento de fondo.

Las dosis recomendadas varían de 120 a 200 kg/ha de N, 120 a 200 kg/ha de P_2O_5 y 80 a 120 kg/ha de K_2O , para una producción de 20 a 30 t/ha de tubérculo fresco.

El 20–30% de la dosis de N y toda la dosis de P y K deben ser aplicadas unos días después del trasplante, una vez que las plántulas trasplantadas

hayan prendido. El resto de la dosis de N se aplica inmediatamente antes del aporque para tener la oportunidad de cubrir el fertilizante nitrogenado.

Los Manuales de Capacitación constituyen materiales impresos de estudios para los profesionales involucrados en actividades de capacitación desarrolladas por el CIP y están constituidos por una serie de fascículos susceptibles a ser actualizados.