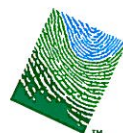




Plantmaster™ de Patata



Desarrollando Su Potencial

Plantmaster™ de Patata

Yara es una empresa líder en asesoramiento especializado a agricultores en nutrición de cultivos y fertilizantes en todo el mundo.

Como consecuencia de su compromiso con la industria agraria, la compañía ha desarrollado Programas de Gestión de la Nutrición para una serie de cultivos bajo la denominación **Plantmaster™**.

Estos programas recopilan los resultados de actividades de investigación y desarrollo, así como las experiencias prácticas de los agrónomos de Yara en todo el mundo, para ofrecer estrategias de gestión de los fertilizantes en un cultivo específico. Este **Plantmaster™ de Patata** resume los principales requerimientos del mercado y el manejo nutricional necesario para obtener altas producciones de patatas, de la mayor calidad, tanto para consumo en fresco como para procesado.

Existe más información disponible sobre el cultivo de la patata, a través de los agrónomos de Yara o de sus socios de alianza –SQM y Phosyn, que incluyen los detalles de los ensayos, los documentos científicos y las recomendaciones locales que constituyen la base de este manual, así como una detallada guía de productos y su aplicación.

Yara reconoce que no existe un programa universal para la producción de patatas. Sin embargo, trabajando con su agrónomo local de Yara, SQM o Phosyn, asegurará la obtención de altos rendimientos en el cultivo, respaldado por uno de los programas de gestión nutricional más completos que se puede encontrar, desarrollado y apoyado por uno de los especialistas en fertilizantes, líder en el mundo.



Este Manual Plantmaster™ de la Patata ha sido producido con la cooperación de nuestros socios de alianza.



Contenidos

Producción Mundial de Patatas	4
Tipos de patatas	4
Requerimientos de Mercado	5 - 6
Principios Agronómicos	7 - 9
Influenciando cosecha y calidad	10 - 11
Resumen Nutricional	12 - 13
Análisis de suelo y planta	14 - 15
Aplicación de fertilizantes	16
El papel específico de cada nutriente	17
N Nitrógeno	18 - 19
P Fósforo	20 - 21
K Potasio	22 - 23
Ca Calcio	24 - 26
Mg Magnesio	27
S Azufre	28
B Boro	29
Cu Cobre	30
Fe Hierro	30
Mn Manganeso	30
Mo Molibdeno	30
Zn Zinc	31
Programa Nutricional	32 - 33
Glosario	34
Unidades	35
Productos y otra información	Cartera



Producción Mundial

Tipos de Patatas

En el mundo se producen aproximadamente 310 millones de toneladas de patatas al año, en alrededor de 20 millones de hectáreas.

El mayor productor es China, con unos 60 - 65 millones de toneladas cosechadas cada año. Otros grandes productores son Rusia, India, Polonia, Ucrania, Alemania, Holanda y Bielorrusia.

El promedio mundial de producción está cercano a las 17 t/ha, aunque es muy variable y muchos de los países desarrollados están produciendo por encima de las 40 t/ha.

En los países desarrollados, el consumo de patatas en fresco es estable, mientras que las patatas procesadas continúan incrementando su popularidad debido a que son alimentos fáciles de preparar.

El consumo de patatas frescas de los países en desarrollo se está incrementando en la medida en que la dieta humana se diversifica.



Pivot central

Existe una gran variedad de tipos diferentes de patatas, con más de 85 géneros y cerca de 3.000 especies en el mundo.

Este Manual Plantmaster se centra en la 'patata blanca' - *Solanum tuberosum* - que es la patata más cultivada globalmente.

Pese a que la mayoría de los cultivares son de carne blanca o amarilla y tienen la piel blanca, hay un amplio rango de variaciones de color.

Las patatas son principalmente cultivos de estación fría, producidas con temperaturas que fluctúan entre los 10-20° C de promedio.

Los tubérculos son susceptibles a las heladas y tienen que ser cosechados antes del inicio de las heladas de otoño o invierno.

En la mayoría de las regiones, los rendimientos son mejores cuando las semillas son sembradas después de la última helada. Esto asegura una temporada de crecimiento larga.

En áreas libres de heladas, las patatas pueden ser cultivadas durante todo el año.

Por naturaleza, las variedades de patatas pueden ser **determinadas** o **indeterminadas**.

Las variedades indeterminadas continuarán creciendo durante mucho tiempo, y en determinadas condiciones de cultivo, requerirán alguna forma de manejo para detener el crecimiento de las hojas y los tallos antes de la cosecha.

La desecación o destrucción del rastrojo en las variedades indeterminadas debe ser programada para maximizar el rendimiento y las características de calidad del tubérculo.

Requerimientos de Mercado

En muchos países ya no es posible cultivar patatas para el mercado en general. Los productores ahora tienen que cumplir unos criterios de calidad exigentes, establecidos por los consumidores finales específicos. En caso contrario, pueden recibir penalizaciones económicas o, en el peor de los casos, el rechazo del producto.

Como resultado de esto, el programa completo de cultivo, desde la variedad, distancia de siembra, manejo agronómico, desecación y almacenamiento, está diseñado para lograr una alta producción que cumpla los requerimientos de calidad del mercado.

El Mercado de las patatas en fresco

La calidad de la patata, en términos de aspecto y calidad culinaria, es de gran importancia para el consumidor. Esto depende en gran medida de la variedad elegida, pero también de la forma en que es cultivada.

Para el consumo en fresco, los tubérculos deben ser consistentes en forma y tamaño (45-85 mm), con una buena piel, y libres de enfermedades y manchas.

El contenido de materia seca (MS) también es importante, puesto que los tubérculos con un contenido de MS por encima del 18-20% son más susceptibles de oscurecerse y pueden deshacerse durante la cocción.

Las patatas en fresco son, cada vez más, vendidas en paquetes preparados. Las categorías de menor precio se venden a granel o en "paquetes ahorro".



Variedad de patatas de piel blanca, Atlantic



Variedad de patatas de piel roja, Désirée



Patatas en fresco embolsadas

Patatas para Procesado

Las patatas para procesado deben ser uniformes, y de calidad y tamaño estándar de punta a punta del tubérculo.

Para patatas fritas en tiras (chips o french fries) y en rodajas (crips), se requiere de un alto contenido de MS para asegurar un buen color de fritura. Los procesadores utilizan tablas de colores estándar para asegurar un color de fritura consistente. En el pasado los contratos establecían un 18% de MS como mínimo. Sin embargo, los estándares actuales de la industria buscan patatas con un 20 a 25% de MS.



Un color uniforme de fritura es una calidad importante

Ciertos tipos de azúcares – particularmente azúcares reductores – deben ser bajos, ya que de lo contrario las patatas fritas se vuelven marrones al cocinarse. Los contratos usualmente especifican un rango aceptable de azúcares reductores.

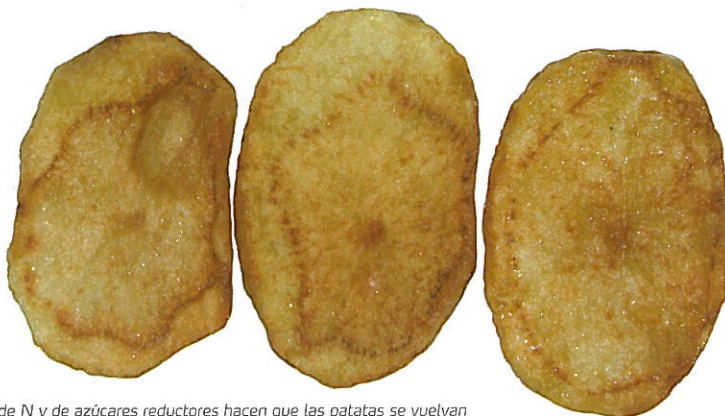
Es común que los procesadores penalicen en los contratos las pérdidas debidas a manchas, decoloraciones, daños por plagas, enverdecimiento, grietas de crecimiento, etc. Un contrato estándar suele especificar un máximo del 5% de patatas fuera de categoría en peso, p.e. 1,25kg en 25kg.

Producción de Almidón

Las patatas son una de las fuentes más importantes de almidón existentes. La elección de la variedad es muy importante, y en países como Alemania, se requiere por encima del 13% de contenido en almidón. Cuanto más alto sea el contenido de almidón, más bajo es el desecho. Los tubérculos de patata contienen un gran rango de tamaños de gránulos de almidón (10 - 100 μm frente a 5 - 40 μm para los cereales) así como un alto contenido de fosfatos. La calidad del almidón influencia las propiedades finales de la pasta, en especial su viscosidad.



Algunas fincas realizan sus propios ensayos de fritura para asegurar un buen color. Izquierda pobre, derecha bueno



Un exceso de N y de azúcares reductores hacen que las patatas se vuelvan marrones al cocinarse

Tabla 1
Estándar Típico para Procesado

	Tamaño	Materia Seca %	Azúcares Reductores %	Defectos %	Otros
Patatas fritas tiras (Chips o French fries)	>45mm (67 tubérculos/10kg)	22 - 25	<0.25	<5	USDA Chart Fry Colour - 2
Patatas fritas rodajas (Crips)	40-80mm (60 - 100 tubérculos /10kg)	23 - 25	0.01 - 0.1	<5	Temperatura Mínima de Almacenaje 8°C
Enlatado	20 - 40mm	<19	No importante		

Las recomendaciones pueden variar según adaptaciones locales

Producción de Semillas

El rendimiento del cultivo y su calidad dependen fundamentalmente del estado sanitario de la semilla. Para que los productores puedan estar seguros de la calidad de las semillas que compran, algunos países controlan la producción de semillas mediante "Producción de semilla certificada".

Las patatas cultivadas para semilla deben mostrar un grado uniforme de tubérculos pequeños y bien formados, normalmente de 30-35mm de diámetro. Cuando se utilizan cortes de semilla se debe usar funguicidas para reducir el riesgo de enfermedades.



Patatas de siembra germinadas



Producción de minitubérculos

Principios Agronómicos

El objetivo de los productores es lograr cultivos con altos rendimientos y de calidad, que se ajusten a las necesidades del mercado de destino.

Características del Cultivo

Las patatas producen un sistema radicular fibroso. Estas raíces son como máximo de 60cm de longitud. De modo que las patatas tienen las raíces más superficiales que, por ejemplo, los cereales, que pueden enraizar hasta al menos 120cm de profundidad. Como resultado, las patatas son generalmente incapaces de extraer nutrientes y agua de la parte profunda del perfil del suelo.

Mientras el crecimiento radicular ocurre cuando la temperatura del suelo está entre 10 y 35°C, el mejor desarrollo, y más activo, de raíces ocurre con temperaturas entre 15 y 20°C.

El crecimiento de la hoja ocurre con temperaturas de entre 7 y 30°C, pero el crecimiento óptimo es entre 20 y 25°C. La temperatura óptima para el crecimiento del estolón es similar.

El tubérculo de patata es una porción agrandada del estolón. La iniciación del tubérculo es activada por el acortamiento de la luz del día (fotoperíodo), e involucra hormonas del crecimiento. Cuanto más fría sea la temperatura del suelo, más rápida es la iniciación de la tuberización y mayor el número de tubérculos formados. La temperatura óptima de suelo para el inicio de tuberización es de 15 a 20°C.

Bajo esas condiciones, las plantas de patatas tendrán estolones y tallos cortos.

Días de periodo largo de luz retardarán la iniciación del tubérculo y favorecerán el crecimiento de estolón y brotes. Altas temperaturas reducen también la formación del tubérculo. Las variedades tardías parecen ser más sensibles a periodos de luz largos o condiciones de altas temperaturas.

Niveles bajos de nitrógeno y altos de sucrosa en la planta favorecen la formación de más tubérculos.

Una vez formados, los tubérculos crecen rápido, llegando a una tasa máxima de crecimiento de 1.400 kg/ha/día en climas templados.



Fases del desarrollo del tubérculo: estado de gancho, inicio de tuberización y nuevo tubérculo.

Figure 2

Tasa de crecimiento del tubérculo Alemania

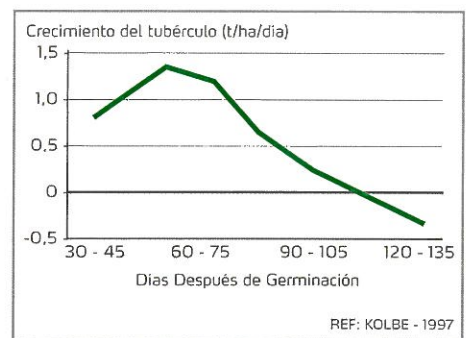
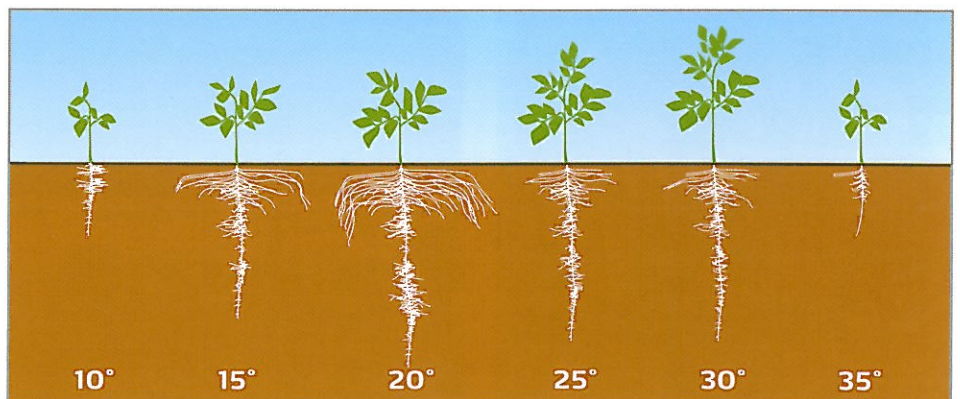


Figura 1

Efecto de la temperatura del suelo en el desarrollo radicular



Envejecimiento Fisiológico

Si se plantan semillas brotadas el crecimiento del cultivo puede ser adelantado. La magnitud de esta respuesta y el efecto en el incremento del rendimiento se relacionan con la edad fisiológica de la semilla plantada.

La temperatura de almacenamiento de la semilla es la clave para controlar el envejecimiento fisiológico. Elevar la temperatura de almacenaje por encima de 4°C promueve la rotura de la dormancia y el crecimiento de brotes.

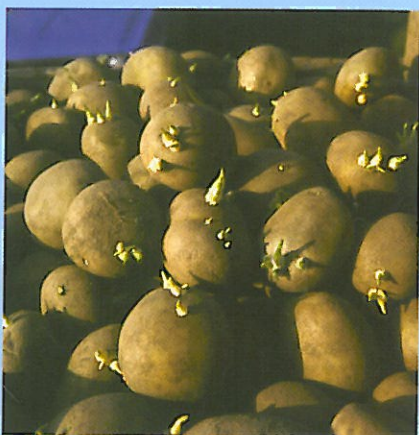
La acumulación de grados día, desde el fin de la dormancia, regula la edad fisiológica del tubérculo en plantación.

Las distintas variedades necesitan de diferentes cantidades de grados día para alcanzar la edad necesaria antes de plantación.

Los tubérculos viejos son una ventaja cuando se plantan variedades tempranas o cuando la temporada de cultivo es corta.

Los tubérculos mínimamente envejecidos son mejores para temporadas largas de cultivo en las que es deseable mantener las patatas creciendo para asegurar el máximo rendimiento.

Cuando se siembran semillas brotadas es necesario controlar el número de brotes y su longitud (máximo 2cm), para asegurar un crecimiento óptimo de acuerdo a la distancia de plantación, y asegurar el menor daño de los brotes al plantarlos.



Los brotes tienen que ser menores de 2 cm

Tipo de Suelo y Manejo

Las patatas se cultivan en un rango de suelos que varía desde arenosos a franco arcillosos, todos ellos con distintas capacidades de retención de agua.

El suelo ideal para las patatas es uno bien estructurado, con buen drenaje para permitir una apropiada aireación de la raíz, el desarrollo del tubérculo y minimizar las enfermedades de raíz.

Las patatas prefieren suelos con un pH de 5,5 a 7,0 y de baja salinidad. Sin embargo, en la práctica las patatas son cultivadas en suelos con pH de 4,5 a 8,5 y esto tiene influencia en la disponibilidad de ciertos nutrientes (Figura 2). Los suelos con pH

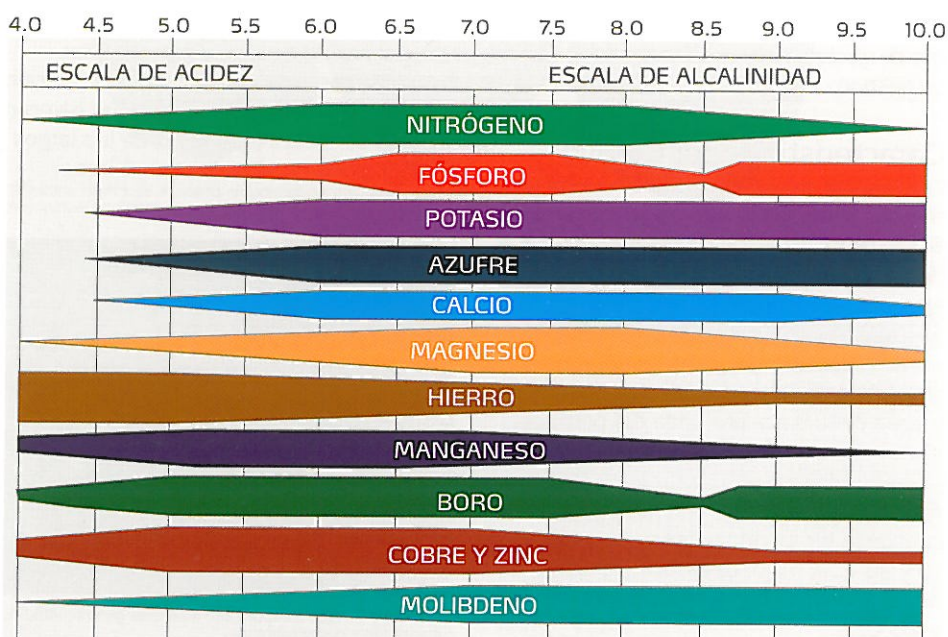
extremos deben ser enmendados cuando sea práctico hacerlo. Con valores de pH bajos, las patatas pueden sufrir toxicidad por aluminio y otros metales pesados, así como una disponibilidad restringida de P o Mo.

Con valores de pH mayores de 7,5, la disponibilidad de nutrientes -en particular fósforo y micronutrientes- puede ser reducida, incluso cuando haya una cantidad alta de estos elementos presentes en el suelo.

El encalado puede mejorar los valores bajos de pH, pero se debe tener la precaución de aplicar la caliza al menos 6 meses antes de que las patatas sean plantadas. Las patatas son más propensas a la sarna común (*Streptomyces scabies*) cuando crecen en suelos de pH alto.

Figura 3

Influencia del pH del suelo sobre la disponibilidad de nutrientes.



El encalado debe hacerse como mínimo 6 meses antes de la plantación del cultivo

Caballones/Mesetas

Las patatas son a menudo plantadas en caballones o mesetas porque esto asegura un buen drenaje y un medio con una buena aireación para el crecimiento fuerte del cultivo.

En los suelos más fríos, el asurcado aumenta la temperatura del suelo, permitiendo una germinación más rápida y un crecimiento más precoz.



La aplicación en banda de fertilizantes puede hacerse durante la restauración de los caballones

Cuando se aplica fertilizante en la banda, rehacer el caballón permite la incorporación del fertilizante en el suelo alrededor del tubérculo.

El asurcado también maximiza la cobertura de los tubérculos en desarrollo, previene el enverdecimiento y asegura que los tubérculos estén bien formados, que sean de tamaño más homogéneo y con menor riesgo de daños.

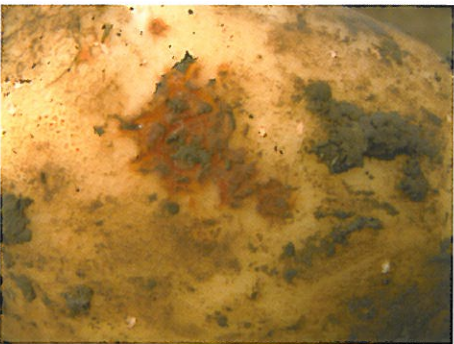


Los caballones proporcionan un buen drenaje y facilitan la cosecha.

Manejo del Agua

Las patatas tienen un alto requerimiento de agua, aproximadamente 25mm/semana durante el llenado. De modo que el riego puede ser beneficioso para obtener altos rendimientos.

El manejo del riego es esencial para minimizar los problemas en los tubérculos. Mantener el suelo del caballón húmedo al inicio de la tuberización puede reducir el desarrollo de sarna común. En una fase más avanzada del cultivo, el exceso de agua alrededor del tubérculo favorece la aparición de sarna pulverulenta (*spongospora subterranea*) y el crecimiento de lenticelosis.



Sarna común (*Streptomyces scabies*)



El exceso de humedad favorece el desarrollo de lenticelas



Fluctuaciones de la humedad del suelo pueden provocar el crecimiento secundario de tubérculos

Las fluctuaciones de humedad en el suelo dentro del caballón provocarán un llenado desparejo de los tubérculos, patatas malformadas y rajadas. Incluso un 10% de variación en la humedad del suelo puede ser crítico. Por esta razón, cuando se utilizan sistemas de riego por goteo, la manguera debe ser colocada en lo alto del caballón para asegurar una humedad del suelo homogénea.



Cuando se fertirriga, colocar la manguera o cinta de riego en lo alto del caballón

El manejo del dosel también es crítico para la máxima eficiencia en el uso del agua. Los productores de zonas con temperaturas altas deben asegurarse que el dosel se cierre pronto, para evitar así pérdidas de agua debidas a la evaporación el suelo.



El riego excesivo provoca el rajado del tubérculo



Pulverización

Protección fitosanitaria del Cultivo

La alternaria (*Alternaria solani* - tizón temprano) y el tizón tardío o mildiu (*Phytophthora infestans*) son las principales enfermedades, y ambas pueden tener efectos devastadores en el cultivo.



Alternaria (*Alternaria solani*)

La alternaria es un problema, particularmente en las variedades tempranas, que se esparce desde las hojas a los tubérculos jóvenes. Puede ocasionar una defoliación severa, pero con un buen manejo, las plantas pueden desarrollarse sin infectarse.

El tizón tardío o mildiu aparece bajo condiciones de frío y humedad, y si no se controla, avanza rápidamente al tubérculo, provocando su oscurecimiento y pudrición.

Ciertos tipos de virus de mosaico también afectan el crecimiento de las hojas de patata, reduciendo el rendimiento. El control de áfidos y otros vectores de la infección reduce los daños.

Además, varios nematodos libres y/o nematodos que enquistan la patata pueden causar daños significativos. En algunos países son necesarias rotaciones amplias para minimizar las pérdidas del cultivo.



Daños de chancro severo (costas oscuras) en raíces y en campo



Influenciando Rendimiento y Calidad

Tamaño del Tubérculo

El tamaño y uniformidad del tubérculo es crítico en todos los mercados, ya sea para patatas en fresco, semilla o procesado.

Todo lo que el productor pueda hacer para prolongar la salud de las hojas del dosel incrementará el tamaño medio de los tubérculos.

Los productores pueden manipular el tamaño de los tubérculos mediante:

- Plantar lo más temprano posible para extender la temporada de crecimiento en áreas donde las horas de luz día son limitadas
- Plantar patatas fisiológicamente maduras, que emergen rápidamente
- Plantando con la temperatura óptima del suelo para asegurar una rápida emergencia del cultivo (es deseable un mínimo de 12°C)
- Aplicando correctamente el riego, la nutrición del cultivo y los métodos de protección para asegurar la máxima vida del dosel y un crecimiento ilimitado de los tubérculos
- Desecando durante el momento adecuado para cumplir los requerimientos del mercado

La nutrición del cultivo es esencial:

- El **nitrógeno** y los **fosfatos** aseguran un fuerte crecimiento de hojas y tubérculos
- El **potasio** mejora la extracción de agua y la producción de materia seca

- El **magnesio** maximiza la fotosíntesis
- El **Manganeso** y el **boro** incrementan la producción de materia seca



Efecto de los nutrientes

Número de Tubérculos

El número de tubérculos producidos por cada planta está determinado por el potencial agronómico y el propio de la variedad.

Un gran número de tubérculos por hectárea producirán una cosecha de tubérculos predominantemente pequeños, lo que es ideal en patatas para enlatado, ensaladas o para semilla. Un número de tubérculos relativamente bajo provoca una menor competencia por unidad de área y permite que la energía, y los recursos de la planta, sean utilizados en producir patatas grandes para el mercado en fresco o de procesado.



Los productores pueden manejar el número de tubérculos a través de:

- Seleccionar la variedad correcta
- Minimizar los obstáculos al crecimiento en el inicio de tuberización (p.e. sequía, compactación)
- El riego para mantener unas buenas condiciones de crecimiento
- Con semillas fisiológicamente maduras para producir el número de brotes por tubérculo deseado
- Espaciando las semillas para asegurar un número óptimo de tallos por metro cuadrado
- Utilizando si es necesario productos para la protección del cultivo –tales como herbicidas o nematicidas– que aseguren un crecimiento del cultivo sin problemas

La nutrición del cultivo también es esencial:

- Los **fosfatos** disponibles en el inicio del desarrollo del tubérculo aseguran una máxima producción de tubérculos
- El **potasio** puede incrementar el número de tubérculos iniciados
- Un aporte alto de **calcio** puede limitar el número de tubérculos, cuando se busca producir patatas grandes

Calidad de Tubérculo

Por su contenido de materia seca, desórdenes internos, bajos niveles de azúcar o su capacidad para ser cocinado, la calidad del tubérculo es crítica para el usuario final.

Los productores pueden influenciar la calidad mediante:

- La Selección de la variedad correcta para alcanzar la producción necesaria de materia seca
- Cosechando temprano para minimizar la aparición de enfermedades tardías o el deterioro del tubérculo
- Asegurándose de que los programas de pulverizaciones contra podredumbres son efectivos
- Teniendo cuidado de reducir el daño físico y las magulladuras durante la cosecha y clasificación

La nutrición del cultivo también es esencial:

- El **nitrógeno** fomenta el crecimiento de hojas y tubérculos, y maximiza la producción de almidón
- El **fosfato** mantiene el crecimiento de hojas y tubérculos e influye en el contenido y calidad del almidón
- El **potasio** maximiza la absorción de agua y la producción de materia seca. El uso de una fuente adecuada de potasio puede reducir el nivel de magulladuras
- El **calcio** minimiza las manchas de moho internas y las manchas negras
- El **magnesio** asegura una fuerte capacidad fotosintética y un buen crecimiento
- El **boro** ayuda a reducir las manchas de moho internas y el ennegrecimiento enzimático

Terminación de la Piel

Las patatas vendidas sueltas o preenvasadas son las que tienen los mayores requisitos de una piel limpia y atractiva, de modo de que sean más apetecibles al consumidor. Los tubérculos con enfermedades superficiales, no sólo son menos atractivos, si no que tienden a tener menos vida útil.

Los productores pueden influenciar la calidad de piel:

- Evitando seleccionar terrenos con factores adversos tales como enfermedades, mal drenaje o baja capacidad de retención de agua



El mercado demanda patatas con la piel limpia

- Seleccionando semillas de calidad con un menor riesgo de enfermedades
- Desinfectando las áreas de almacenamiento para reducir el contagio de enfermedades
- Regando para prevenir o minimizar enfermedades como la sarna común
- Cosechando en buenas condiciones para evitar daños físicos e infecciones

La nutrición del cultivo también es esencial:

- El **calcio** fortalece la piel del tubérculo y le proporciona una mayor resistencia a las enfermedades (p.e. la viruela – *Rhizoctonia solani*.)
- **Boro, magnesio y manganeso** pueden reducir los niveles de sarna común
- El **zinc** puede minimizar los niveles de sarna pulverulenta cuando la infección es baja
- El **azufre** puede reducir el grado de escriturado y la infección de sarna



Las patatas de estación (nuevas) a menudo tienen la piel suelta



Podredumbre blanda debida a Erwinia

Almacenaje y calidad para cocinado

Una vez que se cosecha el cultivo la historia todavía no termina. En muchos países las patatas deben ser almacenadas para tener un suministro continuado durante el año.

Las patatas dañadas o infectadas que van al almacén producirán pérdidas significativas durante el almacenamiento.

Una ventilación adecuada es importante para secar los tubérculos después de la cosecha y para eliminar el calor, agua y el CO₂ liberados por la respiración de los tubérculos durante el almacenaje.

La temperatura apropiada de almacenamiento dependerá del destino de la patata.

- Las patatas para semilla son almacenadas a bajas temperaturas, entre 2 y 4°C, para minimizar el decaimiento y controlar la edad fisiológica de los tubérculos.
- Las patatas para consumo en fresco se mantienen de 3 a 5°C para reducir la pérdida de peso y mantener un tubérculo fresco y de buen aspecto.
- Las patatas de frituras, en rodajas o tiras, requieren ser almacenadas a temperaturas más altas, 7 a 9°C, para minimizar el nivel de azúcares reductores. Los azúcares reductores se acumulan por debajo y por encima de los 9°C, y los cambios provocados por las altas temperaturas son irreversibles.

Los productores pueden influenciar la calidad para el almacenaje y la aptitud para el cocinado a través de:

- Seleccionando la variedad adecuada para cada uso culinario específico.
- Programando el riego para maximizar las características de calidad
- Minimizando el daño durante la cosecha
- Mediante tratamientos de almacenaje (p.e. fungicidas) para reducir la aparición de enfermedades en los tubérculos
- Controlando la temperatura de almacenaje

La nutrición también es esencial:

- El **potasio** afecta la aparición de magulladuras, el ennegrecimiento enzimático y el oscurecimiento después del cocinado
- El **calcio** ayuda a prevenir las podredumbres de almacenamiento causadas por *Erwinia spp* y también enfermedades de la piel
- El **boro** puede reducir el ennegrecimiento enzimático

Resumen Nutricional

Macronutrientes

Para una máxima productividad, un cultivo sano de patatas requiere de todos los macronutrientes. La asimilación de nutrientes varía según las etapas de crecimiento del cultivo (Figuras 4 & 5).

El **potasio** es el elemento usado más ampliamente en el cultivo de patatas.

Aunque existen diferencias en la extracción de nutrientes dependiendo del terreno y los rendimientos, el cultivo de patata puede utilizar un 50% más de potasio que de **nitrógeno**. Un cultivo de 35 t/ha puede tomar sobre 200 kg/ha de **potasio** y 115 kg/ha de **nitrógeno**. (Figura 6).

Tanto el **potasio** como el **nitrógeno** son necesarios durante el crecimiento vegetativo, la formación del tubérculo y el llenado (Figuras 4 & 5).

El **potasio** es particularmente importante para lograr altos rendimientos y también para mantener la integridad del tubérculo. La "absorción de lujo" de **potasio** es típica en patatas.

El **nitrógeno** es importante para el crecimiento de las hojas y los tubérculos. Tal como con el **potasio**, una gran cantidad de **nitrógeno** es reciclado desde las hojas al tubérculo durante el llenado del tubérculo.

El **fosfato** es también necesario en cantidades relativamente grandes, en particular durante el inicio del crecimiento, para potenciar las raíces y el establecimiento de los tubérculos y también durante el llenado al final de temporada.

Figura 4
Absorción diaria de macroelementos – Toda la planta

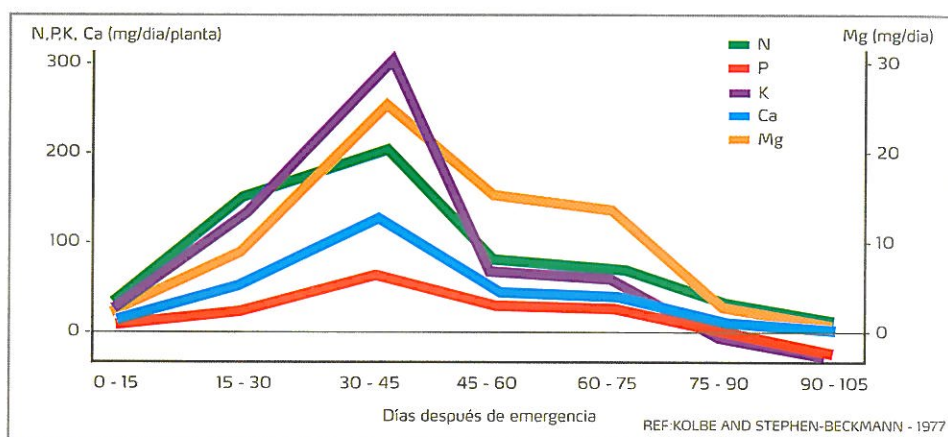


Figura 5
Absorción diaria de macroelementos – Tubérculo de patata

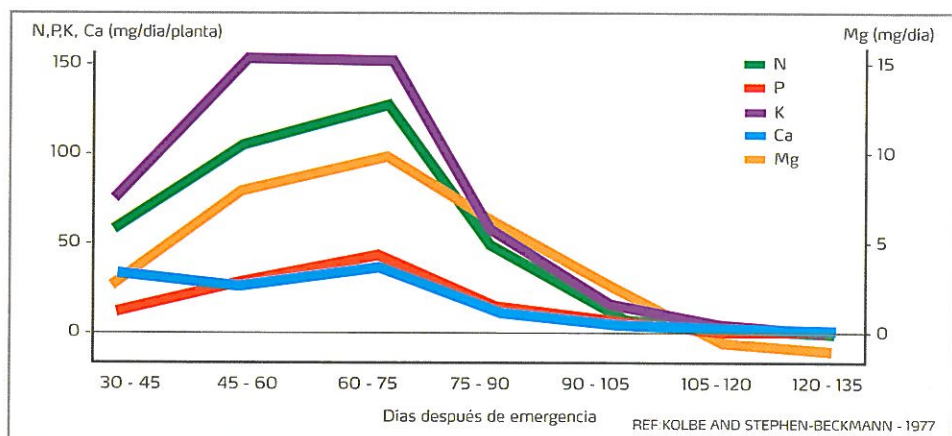
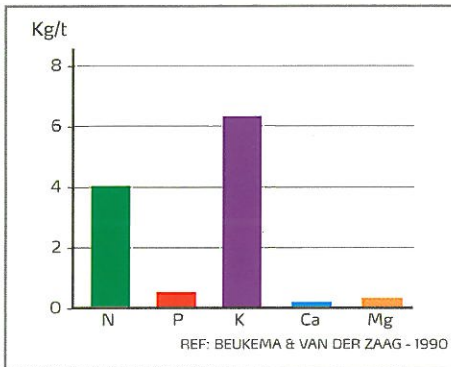


Figura 6

Extracciones de los Principales Nutrientes (kg/t de tubérculos de patata) Holanda



De modo similar, un suministro regular de calcio es crítico para asegurar un crecimiento de hojas sin estrés. Fertilizar con tasas relativamente altas de calcio es necesario para conseguir la pequeña cantidad necesaria en los tubérculos, que es crítico para la calidad.

El **magnesio** es más importante en etapas más tardías del crecimiento, particularmente durante el llenado (Figuras 4 & 5), donde juega un rol fundamental en el mantenimiento de la calidad del tubérculo.

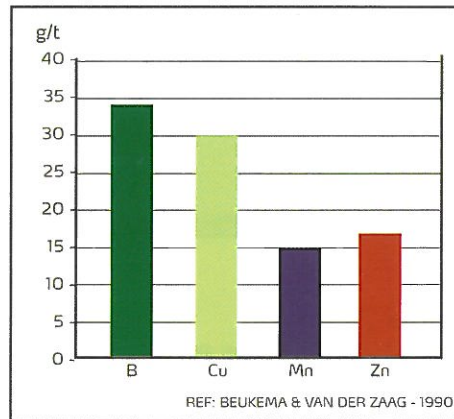
El **azufre** es necesario para todas las etapas de crecimiento y, es particularmente importante, en la reducción de la sarna común.

Micronutrientes

Pese a que los micronutrientes se requieren en cantidades mucho más pequeñas, el balance correcto es esencial para la calidad de la producción (Figura 7).

Figura 7

Extracción de microelementos (g/t de tubérculos de patata) Holanda



El **boro** es necesario en grandes cantidades para asegurar que varios procesos clave del crecimiento continúen sin contratiempos. También es importante en la optimización del uso del calcio.

Manganeso y **zinc** son importantes para el rendimiento. El zinc juega un papel clave en la asimilación y metabolismo del nitrógeno, y en la formación de almidón.

Aunque se utilizan cantidades significativas de cobre, las deficiencias son raras. La mayoría de los suelos tienen una reserva adecuada para el suministro a largo plazo.

El **molibdeno** puede ser importante en suelos de pH bajo.



Análisis de Suelo y Planta

Las muestras de suelo, previas a la plantación, pueden ser usadas para predecir las respuestas a la aplicación de fertilizantes que contengan fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Los análisis de tejido (de peciolo o de toda la hoja) tomados durante la temporada de crecimiento dan una indicación más exacta sobre el estatus de nutrientes del cultivo, y de la probabilidad de que haya un desorden nutricional o una deficiencia, en particular de micronutrientes. Vea las tablas 2 & 3.

La práctica estándar es muestrear en 30 plantas la hoja compuesta madura más joven (hoja y peciolo), pronto en la temporada. Estas corresponden a la cuarta o quinta hoja desde la punta final de la planta.

A mitad de temporada, se toman entre 30 y 40 peciolos de la primera hoja nueva totalmente expandida.

Hay que tener cuidado, cuando se hace un muestreo en busca de cobre, zinc y manganeso, de evitar hojas rociadas recientemente con funguicidas, pues algunos pueden contener estos elementos y dar resultados analíticos erróneos.

Los análisis de piel de los tubérculos son un medio útil para establecer los niveles de calcio en el tubérculo porque el calcio tiende a concentrarse en la piel o debajo de esta. Sin embargo, aún no se han establecido estándares para la concentración de nutrientes en la piel.

Tabla 2
Análisis Estándar de Peciolo según los diferentes tamaños de los tubérculos

Análisis de Peciolo						
Peciolo recolectado de la cuarta hoja desde el extremo final.						
Tamaño del Tubérculo Rey (mm)	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S
	'000 ppm	%	%	%	%	%
10	20 - 25	0,5 - 0,6	10,1 - 13,0	0,6 - 2,5	0,25 - 0,9	0,2 - 0,6
50	18 - 22	0,45 - 0,54	9,4 - 12,5	0,6 - 2,5	0,25 - 0,9	0,2 - 0,6
100	12 - 16	0,29 - 0,44	8,5 - 10,5	0,6 - 2,5	0,25 - 0,9	0,2 - 0,6
ppm	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
10 - 100	25 - 100	4 - 20	50 - 100	40 - 100	0,2 - 0,5	20 - 100

REF: PHOSYN MEGALAB



Para muestras de peciolo – tomar 30 hojas (cuarta hoja desde el ápice) y separar los folíolos de los peciolos



Peciolos preparados



Para análisis de piel tomar una muestra justo debajo de la piel

Tabla 3

Valores Estándar para Análisis Foliare de Patatas

Hojas muestreadas son las más jóvenes completamente desarrolladas de plantas sanas

Etapa de Crecimiento (%)	Patata 30cm alto				
	N	P	K	Ca	Mg
Deficiencia	<4.5	<0.29	<9.2	<0.75	<1
Nivel óptimo	4.5 - 6	0.3 - 0.5	9.2 - 11.5	0.75 - 1.0	1.0 - 1.2
Exceso	>6	>0.5	>11.5	>1.0	>1.2
(ppm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Deficiencia	>25	>6	>50	>30	>45
Nivel óptimo	15 - 50	7 - 20	50 - 100	30 - 250	45 - 250
Exceso	>50	>20	>100	>250	>250

Etapa de Crecimiento (%)	Tubérculo medio maduro				
	N	P	K	Ca	Mg
Deficiencia	<3.0	<0.25	<6.0	<1.5	<0.7
Nivel óptimo	3.0 - 4.0	0.25 - 0.4	6 - 8	1.5 - 2.5	0.7 - 1.0
Exceso	>4.0	>0.4	>8	>2.5	>1.0
(ppm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Deficiencia	>40	>6	>40	>30	>30
Nivel óptimo	40 - 70	7 - 20	40 - 100	30 - 250	30 - 250
Exceso	>70	>20	>100	>250	>250

Muestra: hoja totalmente desarrollada más reciente – recolección 25 hojas
REF: DIAGNOSTIC TECHNIQUES FOR IMPROVING CROP PRODUCTION, B WOLF - 1997

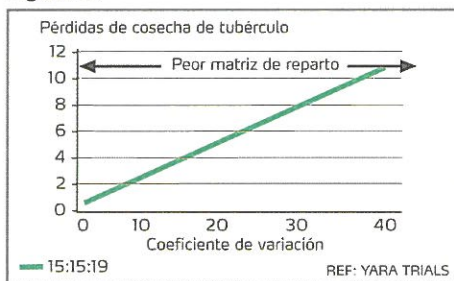
Aplicaciones de Fertilizantes

Los nutrientes se deben aplicar en la zona de absorción, de la forma más precisa posible, antes, o en el momento en que el cultivo los necesite. Fallar en el aporte de un equilibrio nutricional correcto a todas y cada una de las plantas puede afectar la calidad y reducir el rendimiento.

Los fertilizantes de preplantación se aplican a voleo o en banda. Generalmente, la fertilización en banda da los mejores resultados. Cuando se fertiliza a voleo es esencial asegurarse de que se distribuya uniformemente. Pequeñas variaciones en la distribución, de más o menos 10%, pueden provocar una pérdida de rendimiento de más de 3 t/ha. Vea la figura 8.

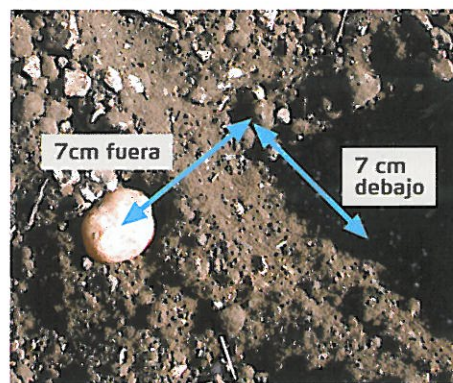
Figura 8

Pérdida de Cosecha como Resultado de un Aplicación Despareja en Inglaterra



Cuando se aplican fertilizantes en banda es importante hacerlo alejado de las semillas. En suelos de baja CIC (capacidad de intercambio catiónico) la banda fertilizada debe estar 10 cm debajo y 10 cm al lado de las semillas. En suelos de CIC alta el fertilizante puede colocarse más cerca de las semillas (p.e. 7 cm al lado y debajo de la semilla). El fertilizante no debe ser aplicado justo al lado de las semillas, pues la germinación disminuiría. Vea la figura 9.

Figura 9
Localización de Fertilizantes en Suelos de CIC Alta



Reparto de fertilizantes en un cultivo de patatas

Los nutrientes deben ser exactamente programados para coincidir con las etapas críticas de crecimiento; por ejemplo, el calcio en el inicio de la tuberización. Debido a que las diferentes variedades inician los tubérculos en momentos distintos, es importante comprobar visualmente cuando los primeros tubérculos se forman para asegurar la máxima eficiencia nutricional.

Con riego por goteo, pequeñas cantidades de nutrientes son aplicadas a lo largo de la temporada de cultivo. La manguera de riego debe ser colocada cercana a la parte alta del caballón para asegurar un buen manejo del agua del suelo y los nutrientes en la zona radicular. Los sistemas de aspersión como el pivó central, permiten a los productores aplicar fertilizantes solubles de forma constante durante el período de riego.

Las aplicaciones de fertilizantes foliares deben ser realizadas usando un volumen suficiente de agua para lograr una buena cobertura y penetración, pero hay que evitar que escurra.



Riego localizado en patatas



Aplicación foliar en patatas

El Papel Específico de Cada Nutriente

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
COSECHA	^	^	^	⬇	^		^			^		^
TAMAÑO DE TUBÉRCULO	^	^	^	^	^					^		
NÚMERO DE TUBÉRCULOS		^		v								
PESO ESPECÍFICO Y MATERIA SECA	v	^	v		^					^		^
DAÑOS INTERNOS EN EL TUBÉRCULO	^			v			v					
TERMINACIÓN DE PIEL DE TUBÉRCULO	v			^		^	^					
ESTRÉS DEL CULTIVO	^		v	v						v		v
RESISTENCIA A MANIPULACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO	v		^	^	^		^					
PODREDUMBRE EN ALMACENAMIENTO				v								
CALIDAD DE COCINADO	v		^	^	^		^					
PÁGINA N°	18-19	20-21	22-24	25-27	28	29	30	31	31	32	32	33

INCREMENTO ^

REDUCCIÓN v

NEUTRO ⬇

N Nitrógeno

Necesidades del Cultivo

El nitrógeno es importante para sostener el crecimiento y para conseguir altos rendimientos.

Es muy necesario durante la formación de las hojas y después, para el crecimiento del tubérculo, porque asegura una óptima producción fotosintética en las hojas (Figuras 10 y 11).

La aplicación de nitrógeno en etapas tempranas del desarrollo del cultivo ayuda a lograr el tamaño final de las hojas y el dosel.

En etapas posteriores del crecimiento, el uso de nitrógeno ayuda a mantener el verdor del dosel y a maximizar el rendimiento.

Figura 10

Nitrógeno – Efecto en tamaño de tubérculo
Inglaterra

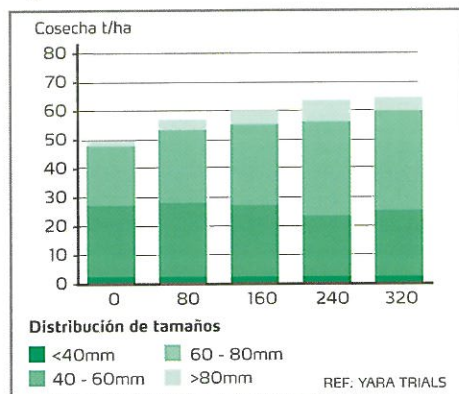
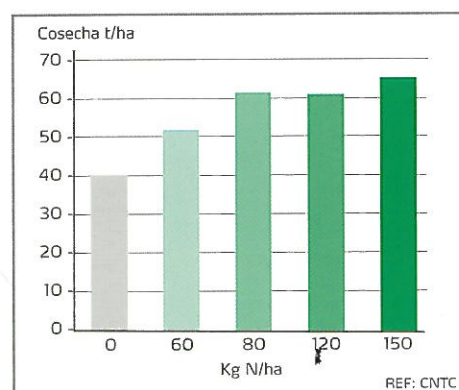


Figura 11

Nitrógeno y Cosecha
Bélgica



Dosis de Aplicación

La cantidad total de nitrógeno aportada variará de acuerdo al período de tiempo que el dosel requiera ser mantenido y de las pérdidas potenciales, como la lixiviación. Las cantidades óptimas de N varían según el tipo de suelo y el historial de cultivos previos.

Donde haya respuestas aparentes de rendimiento a aplicaciones muy altas (>300 kg/ha), se debe comprobar si hay pérdidas por lixiviación.

Las patatas responden fuertemente al NPK en plantación. Equilibrar la nutrición de esta forma, a veces con magnesio y azufre aplicados al mismo tiempo, asegura un buen inicio para el cultivo de patatas.

La aplicación temprana excesiva de N puede llevar a un crecimiento vegetativo exagerado, a expensas de la formación de los tubérculos.

En climas templados, un aporte excesivo de nitrógeno en etapas tardías del crecimiento, mantiene al cultivo creciendo, evitando que alcance la madurez. Además puede reducir los contenidos de almidón y de materia seca, disminuyendo la calidad del cultivo de patatas para procesado.

Figura 12

Nitrógeno – Efecto en el Contenido de Almidón

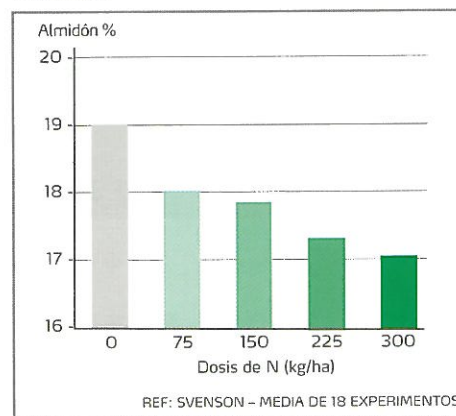
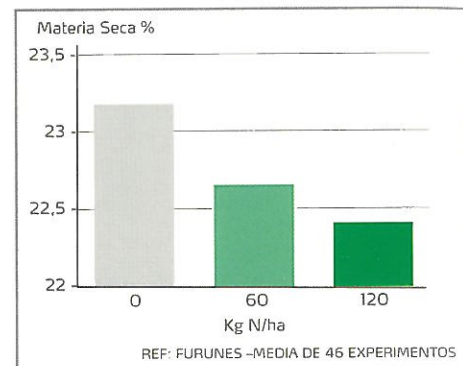


Figura 13

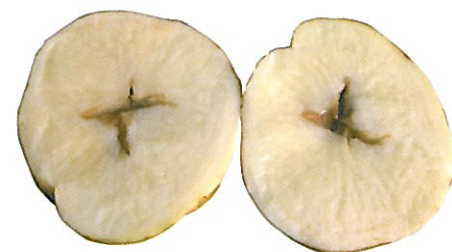
Nitrógeno – Efecto en Materia Seca
Noruega – 12 Variedades



El crecimiento tardío excesivo en climas fríos puede producir muchas patatas demasiado grandes e incrementar el riesgo de infecciones.

Sin embargo, en climas calientes y secos, donde el potencial real de rendimiento y el tamaño deseado de los tubérculos no se hayan logrado, nitrógeno adicional puede mantener el crecimiento del dosel y prolongar el llenado.

Por tanto, una correcta dosis y tiempo de aplicación del nitrógeno son importantes para controlar el rendimiento de las patatas, el tamaño de los tubérculos y las características de calidad deseadas.



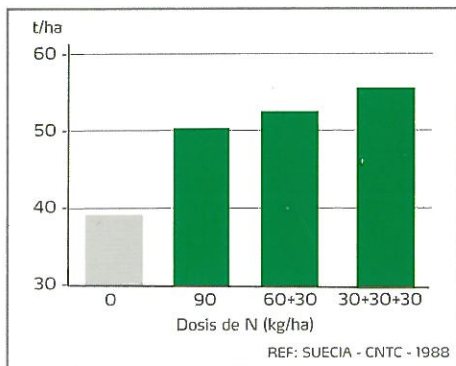
Dosis altas de N causan rajado interno

Fraccionamiento de las Aplicaciones

Donde se requieren niveles altos de nitrógeno, se pueden obtener ventajas si se fraccionan las aplicaciones de N. Ensayos con tres aplicaciones fraccionadas incrementaron el rendimiento en un 12% comparado con una aplicación única de nitrógeno.

Figura 14

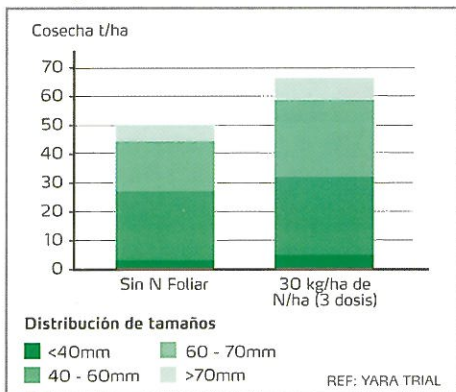
Nitrógeno Fraccionado – Efecto en Cosecha Bélgica



Alrededor del 60% del total de N es absorbido antes de la tuberización. Un programa estándar de aplicación en superficie puede usar 2/3 del N total en plantación, y el tercio restante en el inicio de la tuberización o en varias aplicaciones foliares con los tratamientos contra podredumbres (Figura 15).

Figura 15

Nitrógeno Foliar – Efecto en Cosecha



Cuando se fertirriga a través de aspersión o pívot, el programa más eficiente normalmente practicado utiliza 1/3 del N total en plantación y los 2/3 restantes en dosis semanales desde que el 80% del cultivo ha emergido en adelante. Hay informes sobre incrementos de rendimiento cuando se fraccionan las aplicaciones (Figura 14), pero el beneficio principal viene de una aplicación de N más eficiente y controlada, que mantiene una cobertura óptima del dosel por un período más largo de tiempo y que reduce la lixiviación potencial de nitrógeno.

Formas de Nitrógeno

Un equilibrio entre amonio y nitratos es lo mejor para ser aplicado en plantación, y puede hacerse con un fertilizante NPK de calidad.

Demasiado nitrógeno amoniacal es una desventaja porque reduce el pH de la zona radicular, que favorece el desarrollo de Rizoctonia.

Para la fertilización en banda, desde el inicio de tuberización en adelante, el nitrógeno nítrico tiene unas ventajas distintivas.

El nitrógeno nítrico mejora la absorción de cationes como el calcio, potasio y el magnesio. Como resultado, hay un incremento de la gravedad específica (Figura 16).

La mayor absorción de nutrientes ocurre durante el llenado de los tubérculos. En ese momento, el nitrógeno nítrico es la fuente preferida, y es vital para altos rendimientos y la calidad del cultivo (Figura 17).

Figura 16

Nitrógeno Nítrico- Efecto sobre Gravedad Específica Sudáfrica

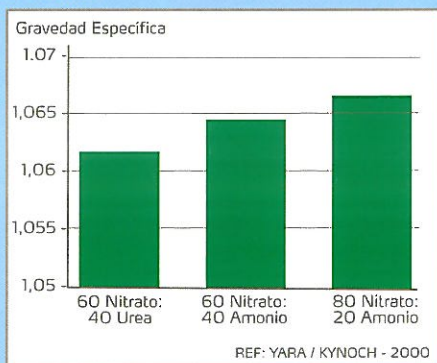
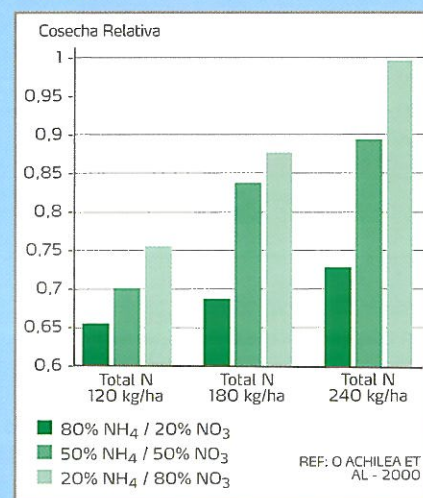


Figura 17

Nitrógeno Nítrico- Efecto en cosecha Sudáfrica



Síntomas de Deficiencia

Cuando el nitrógeno es deficiente, las hojas de la patata son de un color amarillo verdoso pálido, de pequeño tamaño y se caen prematuramente. La planta tiene un crecimiento reducido y tiene sólo unos pocos brotes finos. El rendimiento es bajo porque que se forman pocos tubérculos.



Deficiencia de nitrógeno (derecha)

P Fósforo

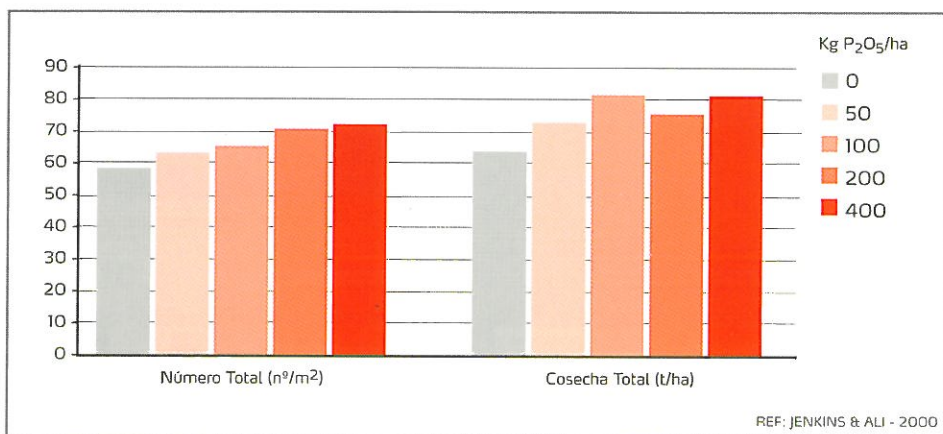
Necesidades del Cultivo

El fósforo es importante en el desarrollo temprano de raíces y brotes, pues provee la energía en los procesos de la planta, tales como la absorción de iones y su transporte.

En el inicio de tuberización, el fósforo asegura la formación de un número óptimo de tubérculos (Figura 18).

Figura 18

Fósforo y Cosecha
Gales – Desiree



Número de Tubérculos

Es particularmente importante que el fósforo esté disponible en la iniciación de los tubérculos, especialmente si el número de tubérculos requiere aumentarse en variedades que producen pocos tubérculos, o donde el mercado demanda un número grande de tubérculos más pequeños (p.e., producción de semillas).

Después de la iniciación de los tubérculos, es un componente esencial para la síntesis, transporte y el almacenamiento de almidón.

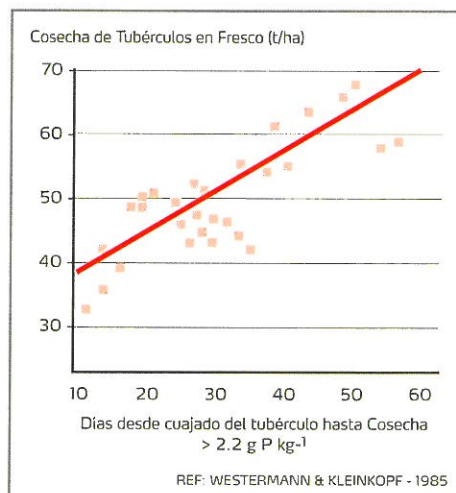
En situaciones con mucho fósforo bloqueado en el suelo, p.e. en suelos volcánicos, bajos en materia orgánica o en P, así como en los suelos arenosos, es importante que la fertilización con P se localice en las proximidades del tubérculo. Ya que el fósforo es relativamente inmóvil en el suelo, normalmente fertilizar en banda funciona mejor que a voleo en toda la superficie.

Aunque las patatas responden bien al fosfato recién aplicado en el suelo, la cantidad económicamente óptima es en general muy difícil de definir (Figura 18). La dosis dependerá del tipo de suelo y de los resultados de los análisis de suelo.

En ensayos, cosechas de tubérculos se incrementaron en 0,6t/ha por cada día adicional en el que el fósforo en hoja se mantuvo por encima del 0,22% (Figura 19).

Figura 19

Fósforo Foliar y Cosecha
EEUU – Russett Burbank

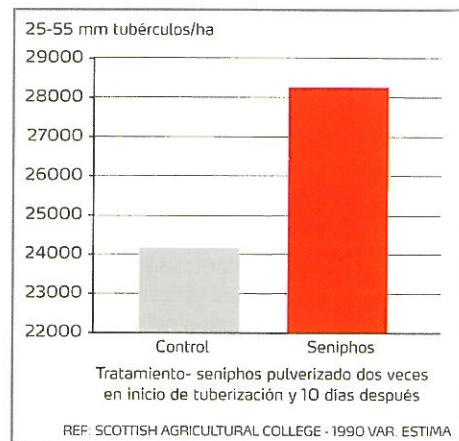


Cuando no hay suficiente fósforo disponible en el suelo para el crecimiento, la aplicación foliar de fosfatos asegura una rápida disponibilidad.

Si se aplica justo antes del inicio de tuberización, el fosfato foliar incrementa el número total de tubérculos (Figura 20).

Figura 20

Fósforo Foliar – Efecto en Número de Tubérculos
Escocia



Además, el fosfato foliar, aplicado después de la iniciación de los tubérculos, ha mostrado efectos positivos en la cosecha al incrementar el tamaño de los tubérculos (Figuras 21 y 22).

Figura 21

Fósforo Foliar- Efecto en cosecha Inglaterra

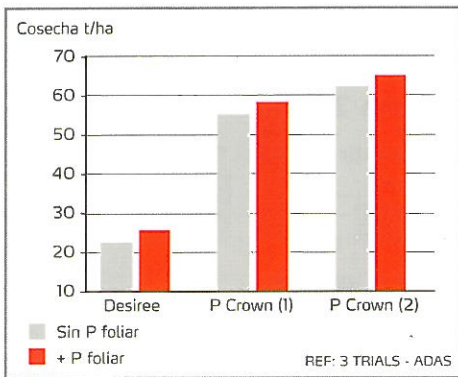
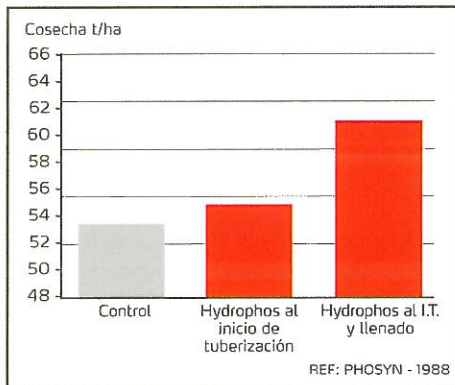


Figura 22

Fósforo Foliar – Efecto en Cosecha Australia



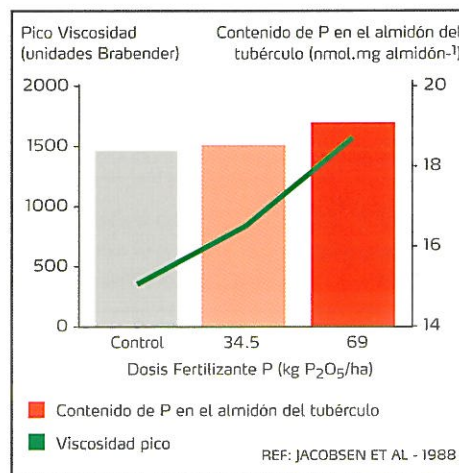
Sin embargo, el fosfato foliar no es un sustituto para el fosfato aplicado al suelo. Sin las cantidades adecuadas de fosfato en el suelo, el crecimiento al inicio de la temporada no es el óptimo.

Calidad de los Tubérculos

El uso de fertilizantes fosfatados puede influenciar la calidad del almidón. Incrementando el contenido de P en el tubérculo, la viscosidad del almidón gelatinizado aumenta y la temperatura de gelatinización disminuye (Figura 23). Como el almidón es usado comúnmente como espesante en alimentos y otros productos, una buena nutrición fosfatada puede aportar un beneficio significativo.

Figura 23

Fósforo y Viscosidad del Almidón Dinamarca –Daniella



Síntomas de Deficiencia

Las hojas más viejas se curvan hacia arriba y pueden desarrollar manchas necróticas en los márgenes. Los tubérculos pueden tener manchas marrones moteadas, toda la planta es más baja de altura y presenta tallos finos.



Deficiencia de fósforo a la izquierda
Foto cortesía de Phosyn



K Potasio

Necesidades del Cultivo

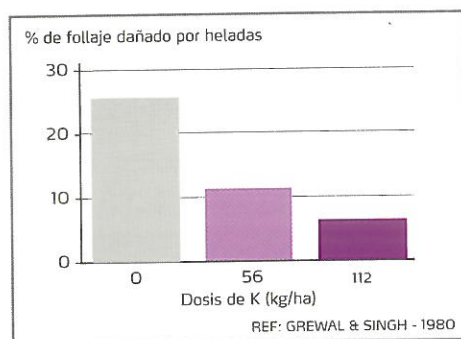
La planta de patatas absorbe grandes cantidades de potasio durante la temporada de crecimiento.

El potasio tiene una importante función en el control del estatus hídrico de la planta y en la concentración iónica dentro de los tejidos de la planta, incluyendo los estomas.

Como resultado de la mayor fuerza que el potasio proporciona a la célula, la planta puede tolerar mejor situaciones de estrés como las heladas (Figura 24).

Figura 24

Potasio y Heladas India



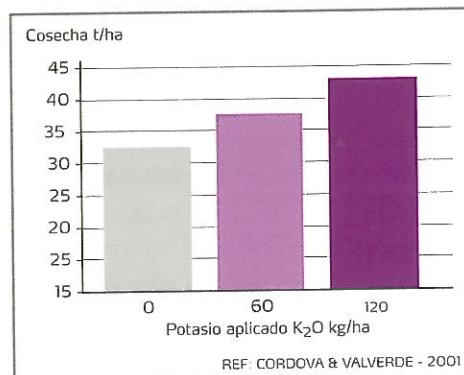
Daños de helada

El potasio también influye en el transporte de nutrientes y el movimiento de sucrosa desde la hoja al tubérculo.

El potasio es crítico para obtener altas producciones. En cinco ensayos a lo largo de tres años en suelos volcánicos ricos en K, 120 kg K₂O/ha incrementaron los rendimientos medios en 10 t/ha (Figura 25).

Figure 25

Potasio y Cosecha Ecuador- Esperanza



Una respuesta similar también ha sido encontrada en investigaciones de Sudáfrica e India (Figuras 26 y 27).

Figura 26

Potasio y Cosecha Sudáfrica

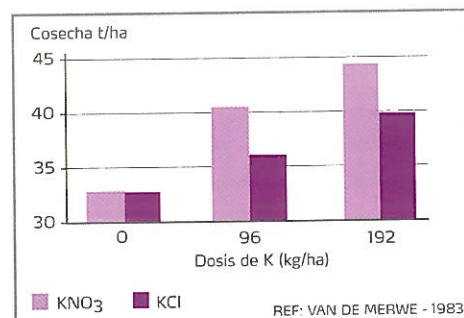
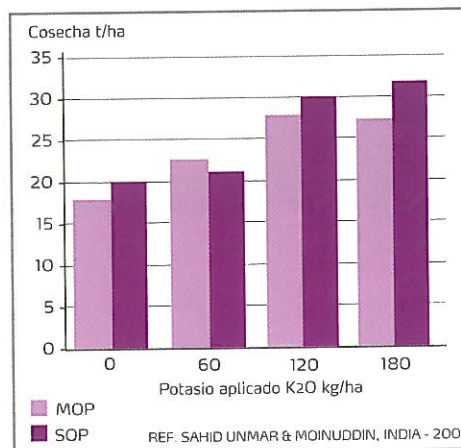


Figura 27

Potasio y Cosecha India

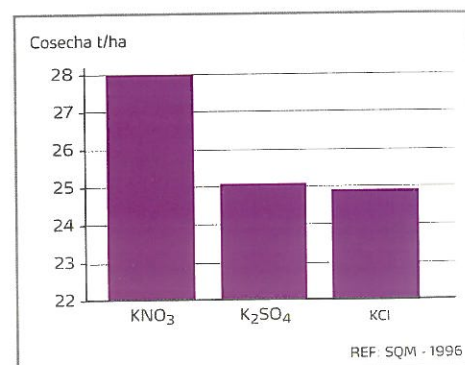


Formas de Potasio

Es importante que la disponibilidad de potasio no sea limitante. Los ensayos muestran que el nitrato de potasio es un formulado particularmente efectivo, que aporta fácil solubilidad y una rápida absorción del potasio y del nitrógeno nítrico en comparación con otras formas de potasio (Figuras 26 & 28). Esto hace que el nitrato de potasio sea particularmente efectivo en aplicaciones en banda durante la etapa de llenado.

Figura 28

Forma de Potasio- Efecto en cosecha Bulgaria

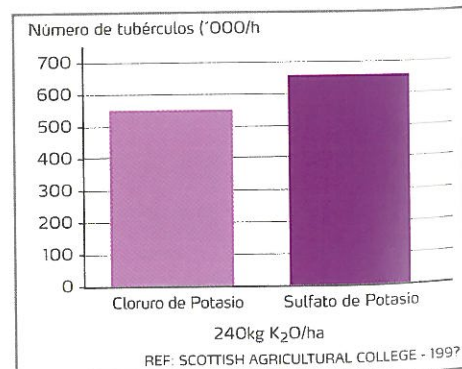


En comparación, el cloruro presente en el cloruro de potasio (MOP), puede tener efectos negativos en la materia seca y en la calidad de la piel del tubérculo.

El sulfato de potasio (SOP) como fuente de potasio ha demostrado incrementar el número de tubérculos (Figura 29).

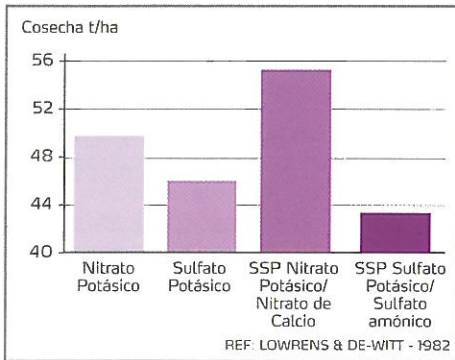
Figura 29

Forma de Potasio y Número de Tubérculos Inglaterra- Maris Piper



En ensayos, el uso de nitrato de potasio junto con nitrato de calcio, aseguró una rápida absorción de estos tres importantes elementos, mejorando el rendimiento por encima de otros productos (Figura 30).

Figura 30
Forma de Potasio y Cosecha
Sudáfrica



Características de Calidad

El potasio reduce la incidencia de magulladuras en los tubérculos (Figuras 31)

Figura 31
Potasio y Magulladuras
Inglaterra

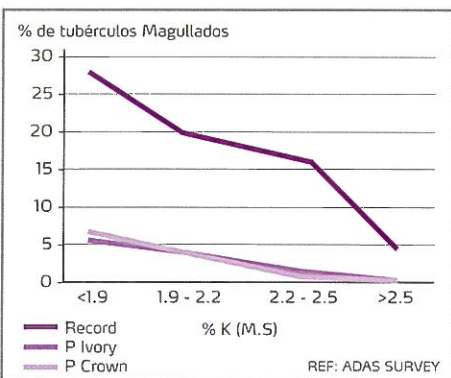
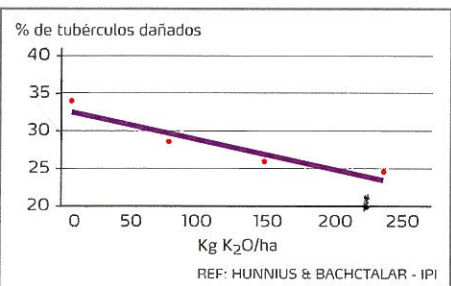
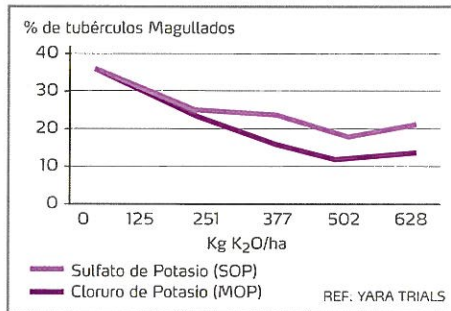


Figura 32
Potasio – Reducción de daños en tubérculo
Alemania



El sulfato de potasio (SOP), en comparación con el cloruro de potasio (MOP), puede ocasionar una mayor incidencia de magulladuras cuando se producen tubérculos con alto contenido de materia seca (Figura 33).

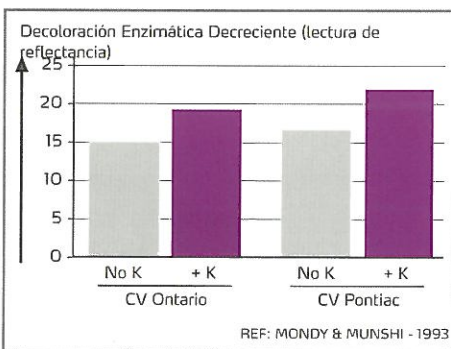
Figura 33
Forma de Potasio y Magulladuras
Reino Unido



Bajos niveles de potasio pueden además incrementar la incidencia del ennegrecimiento después de la cocción.

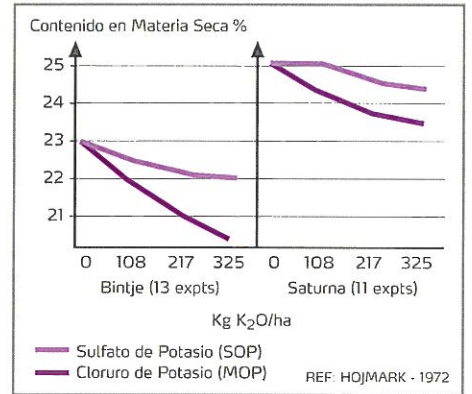
El potasio tiene influencia sobre la concentración de aniones orgánicos como el ácido cítrico y ácido ascórbico, p.e. vitamina C en el tubérculo. Estas dos moléculas cumplen una acción antioxidante que disminuye la incidencia de la decoloración enzimática, o no enzimática, al hacer más lentos los procesos de oxidación (Figura 34).

Figura 34
Potasio y Decoloración de Tubérculos
EEUU



El sulfato de potasio puede ayudar a generar mayor materia seca que el cloruro de potasio (Figura 35), y es frecuentemente el preferido en patatas para procesado.

Figura 35
Formas de Potasio y Materia seca del Tubérculo
Dinamarca



Síntomas de Deficiencia

Las hojas se tornan de un color verde azulado, con un brillo metálico color bronce. Pequeñas manchas necróticas marrones aparecen primero en el margen y crecen rápidamente hasta esparcirse por toda la superficie de la hoja. Las hojas se curvan hacia abajo y las puntas de las hojas toman una apariencia ondulada. El follaje se marchita y muere a medida que la deficiencia progresa. Los tubérculos tendrán manchas negras, y al cortarlos, se oscurecerán rápidamente.



Deficiencia de Potasio



Ca Calcio

Necesidades del Cultivo

El calcio es un componente clave de la pared celular y ayuda a construir una estructura fuerte y a asegurar la estabilidad de las células. El calcio enriquece la pared de las células para que sean más resistentes a los ataques de bacterias u hongos.

Es crítico durante la división celular y posterior expansión, y es así mismo esencial, antes y durante la fase de crecimiento rápido de los tubérculos.

El calcio también ayuda a que la planta se adapte a situaciones de estrés, al influenciar la cadena de reacciones para la respuesta cuando ocurre el estrés. Así mismo cumple una función clave en la regulación del transporte activo del potasio para la apertura de los estomas.

Figura 36

Calcio y Estrés del Cultivo
EEUU Russett Burbank

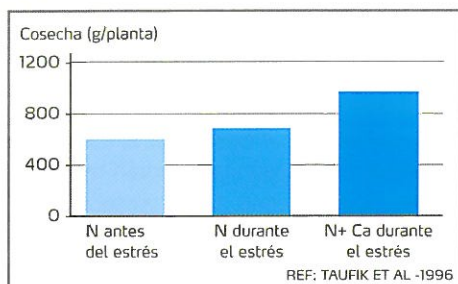
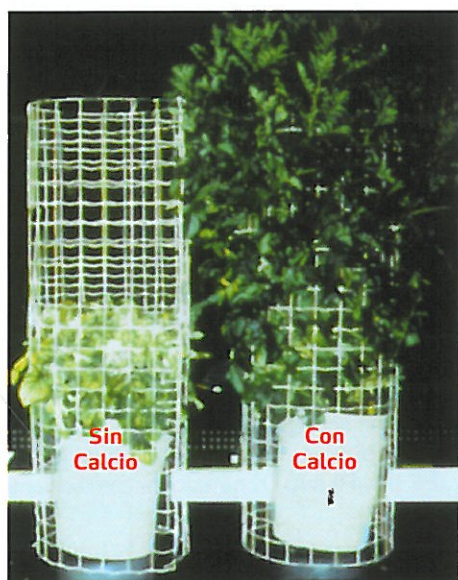


Figura 37

Calcio y Estrés por Calor



Es particularmente efectivo en reducir el estrés por calor en verano, minimizando el marchitamiento y la muerte de hojas. Dónde se da esta situación, se han registrado incrementos en la cosecha del 30% (Figuras 36 & 37).

Movimiento del Calcio

La gran mayoría del calcio absorbido por la planta lo es a través del sistema radicular principal. Luego es transportado por el xilema hacia las hojas atravesando la planta con el flujo de agua. Una vez en las hojas, el calcio es inmóvil y a diferencia de otros nutrientes, como N, P y K, no se mueve hacia otras hojas o baja a los tubérculos en una etapa posterior (Figura 38).

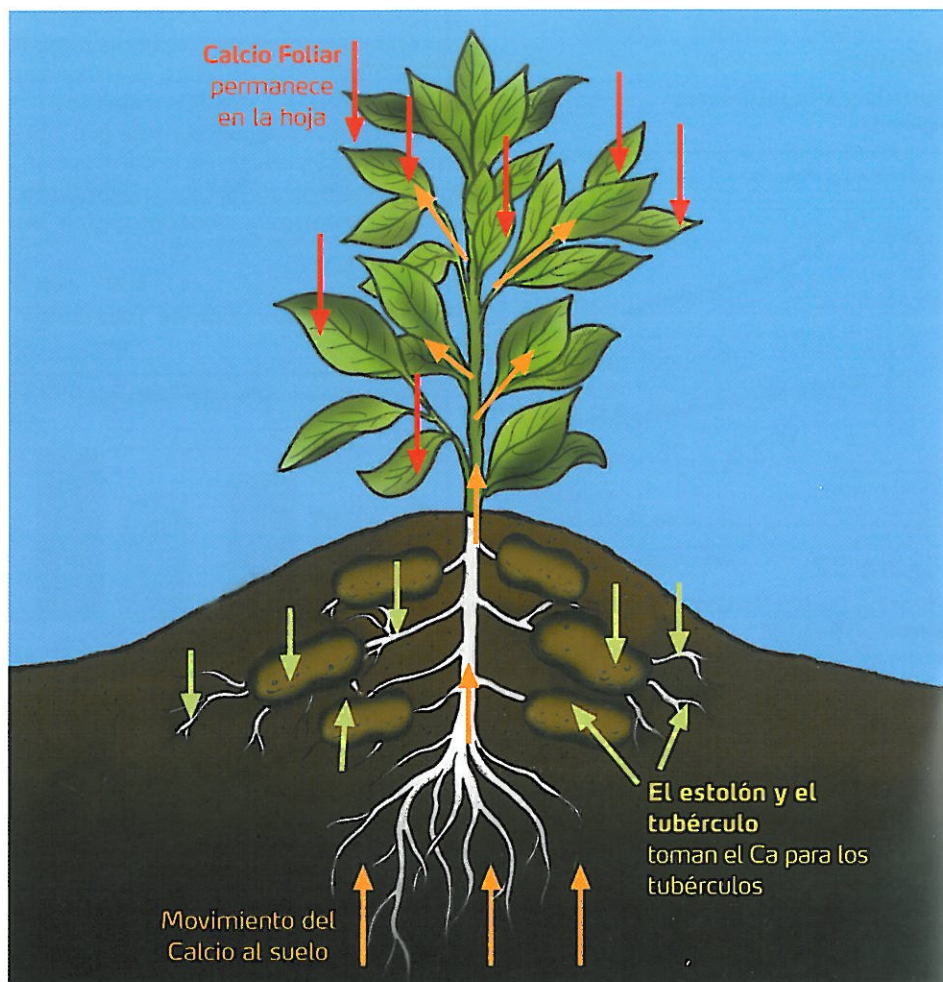
El movimiento del calcio hacia los tubérculos es vía el estolón y los pelos de las raíces de los tubérculos, así como a través de la piel del tubérculo.

Un gran número de publicaciones científicas muestran que un suministro de calcio directamente disponible en el suelo, cerca de los estolones y los tubérculos, es la forma más efectiva para incrementar los niveles de calcio en el tubérculo. La mejor forma de conseguir este objetivo es con la aplicación en superficie de nitrato de calcio de Yara al inicio de tuberización. Donde se utiliza fertirrigación, el nitrato de calcio también debería ser aplicado durante el llenado del tubérculo.

El calcio foliar, en especial el aplicado en la iniciación de los tubérculos, puede además cumplir un pequeño rol en el incremento del contenido de calcio en los tubérculos (Figura 39). Sin embargo, el calcio aplicado al suelo continúa siendo la forma más eficiente de incrementar los niveles de calcio del tubérculo (Figuras 40 a 42).

Figura 38

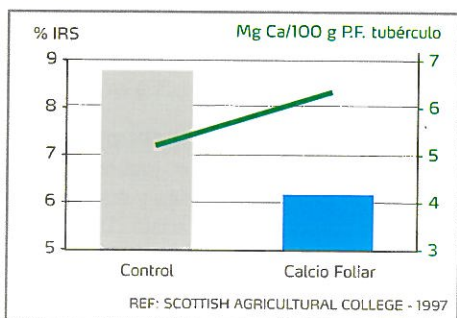
Movimiento del Calcio en Patatas





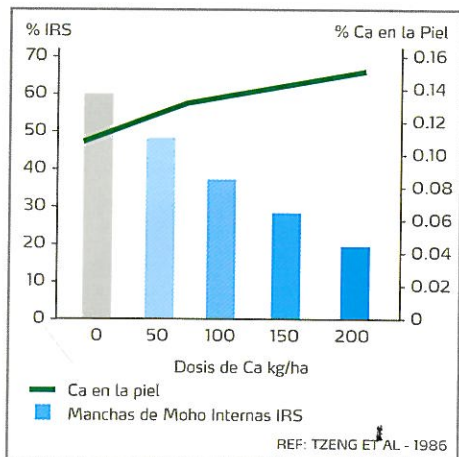
El calcio (que permanece rojo) se mueve de las raíces hacia el tallo, pero no hacia el tubérculo (foto A). El movimiento de calcio hacia el tubérculo es solo via el estolón (fotos B y C).
Fotografías cortesía de la Universidad de Wisconsin

Figura 39
Calcio Foliar e IRS
Escocia



Cuando los niveles de calcio en las hojas son bajos, las aplicaciones foliares incrementan rápidamente la disponibilidad, mejorando la tolerancia de las plantas ante un estrés, como pueden ser el calor o las heladas.

Figura 40
Calcio e IRS
EEUU – Russet Burbank



Efectos en la Calidad

El calcio tiene un importante efecto en la calidad de cocinado y en el almacenamiento de los tubérculos.

Desórdenes internos tales como manchas de moho internas (internal rust spot – IRS) o pardeamientos internos (IBS), se pueden reducir mediante un buen suministro de calcio, en forma de nitrato de calcio, en el aporcado o durante el inicio de la tuberización.

Las experiencias muestran que asegurar un contenido del 0,15% de calcio en la piel mejora la terminación de la piel de la patata, aumenta la tolerancia a enfermedades y se minimiza la aparición de IRS (Figura 40). Por lo tanto, el análisis de piel es una buena forma de confirmar si una enfermedad o un problema de terminación de la piel se deben al calcio. Incluso pequeñas cantidades de calcio en el tubérculo pueden significar una gran diferencia (Figura 41).

El fortalecimiento de las células de la pared celular con calcio puede ayudar a reducir la severidad de los daños de Erwinia - podredumbre blanda- en el almacenamiento (Figura 42).

Figura 41
Calcio e IRS
Alemania – Saturna

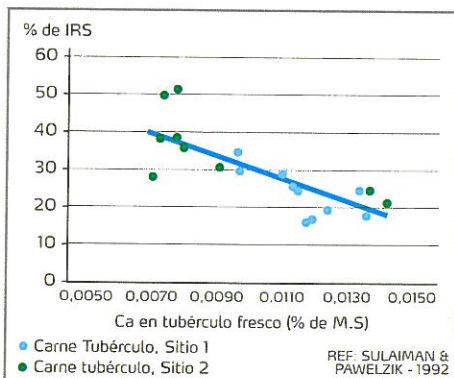
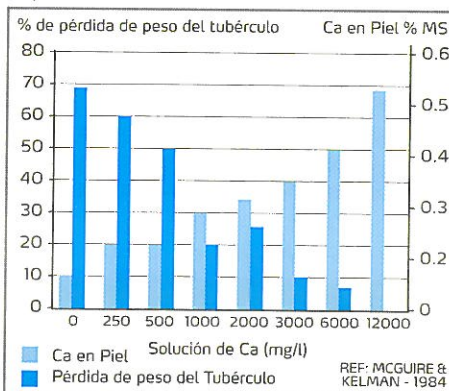
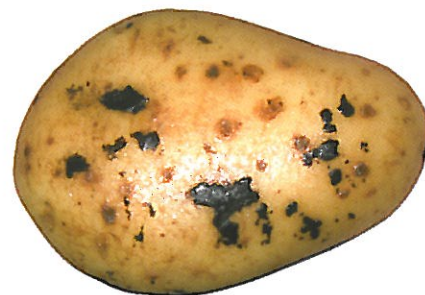


Figura 42
Calcio – Efecto sobre Erwinia (Podredumbre Blanda) Superior



El calcio, además, reduce la incidencia de enfermedades de la piel en los tubérculos, incluyendo la viruela de la patata y la sarna pulvurulenta, consiguiendo una mejor terminación de la piel (Figura 43). Pero altos niveles de calcio libre en el suelo, como una aplicación reciente de caliza, pueden incrementar los daños de sarna común.



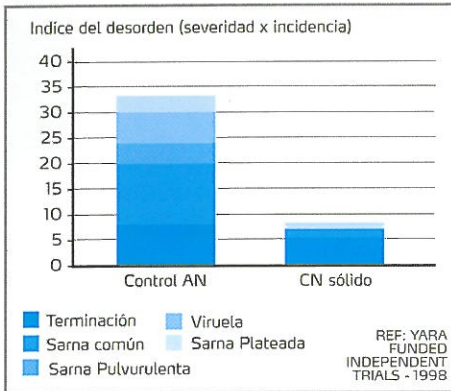
Viruela (*Rhizoctonia solani*)



Sarna plateada (*Helminthosporium solani*)

Figura 43

Calcio y Daños de Piel
RU



Niveles altos de calcio en el tubérculo reducen además el riesgo de pardeamientos en la cosecha y el transporte posterior. Las variedades varían en su absorción de calcio (Figura 44). Sin embargo, la utilización de nitrato de calcio en vez de nitrato amónico minimiza los daños de pardeamientos (Figura 45). En algunas variedades el daño puede ser reducido a la mitad.



Patatas magulladas

Figura 44

Calcio – absorción por Variedades
EEUU

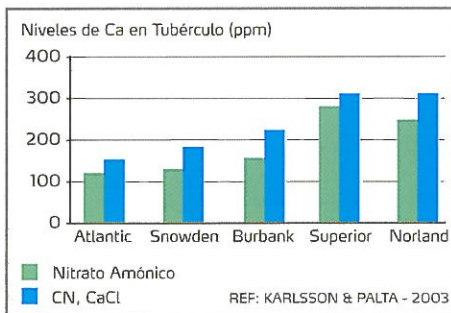
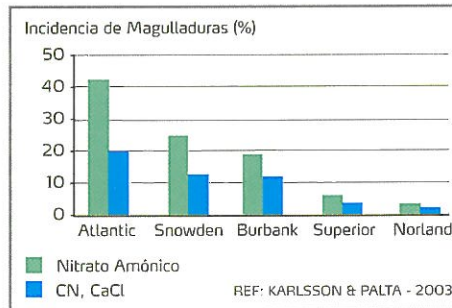


Figura 45

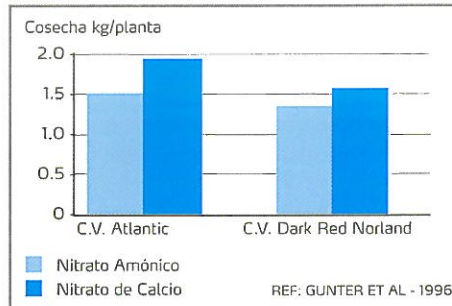
Calcio y Magulladuras
EEUU



El uso de calcio en patatas para semilla, mejora la producción del próximo cultivo. Un tubérculo madre enriquecido con calcio crece más rápido y en mejores condiciones, de modo que aumenta el rendimiento por planta (Figura 46).

Figura 46

Calcio y Cosecha
EEUU



En patatas para procesado, p.e. Russet Burbank, niveles altos de calcio (165 kg/ha) incrementaron el tamaño individual y el peso de los tubérculos, mediante la disminución del establecimiento de tubérculos (Figuras 47 y 48). No hay una disminución en el rendimiento total, pero se produce un tubérculo más comercializable para la industria de las patatas fritas, tanto en tiras (french fries) como en rodajas (crisps).

Figura 47

Calcio y Número de Tubérculos
EEUU

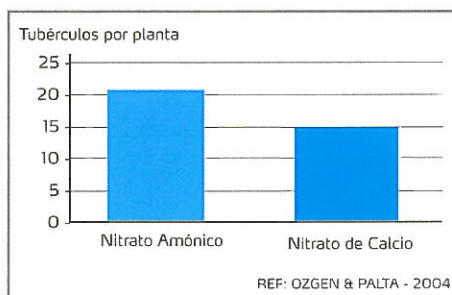
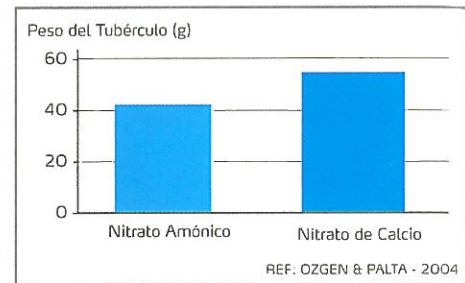


Figura 48

Calcio y Peso de Tubérculo
EEUU



Síntomas de Deficiencia

En el campo, una deficiencia moderada de calcio no suele mostrar síntomas en las hojas, pero se pueden desarrollar manchas marrones alrededor del estolón en el extremo del tubérculo.

En el campo, los síntomas severos se verán en las hojas. Las hojas más jóvenes son de color verde pálido, pequeñas y con los extremos curvados hacia abajo. También pueden aparecer manchas marrones en los márgenes de la hoja.

Cuando las patatas son cultivadas con soluciones hidropónicas sin calcio, los pedúnculos de las hojas y los puntos de crecimiento se colapsan, y los tubérculos en desarrollo pueden mostrar un rajado severo en la piel (Ver foto).



Deficiencia de calcio
Foto cortesía de Phosyn



La deficiencia de calcio en los minitubérculos provoca el agrietamiento

Mg Magnesio

Necesidades del Cultivo

El magnesio juega un papel central en la fotosíntesis, puesto que está presente en el centro de cada molécula de clorofila.

Además, está involucrado en varios pasos clave en la producción de azúcar y proteínas, así como en el transporte de los azúcares de las hojas a los tubérculos, en forma de sucrosa.

Las deficiencias severas de magnesio pueden reducir el rendimiento hasta en un 15%. El uso regular de magnesio anualmente ha generado en ensayos un incremento del rendimiento entre el 7 y el 10% (Figuras 49 y 50).

Figura 49

Magnesio y Cosecha

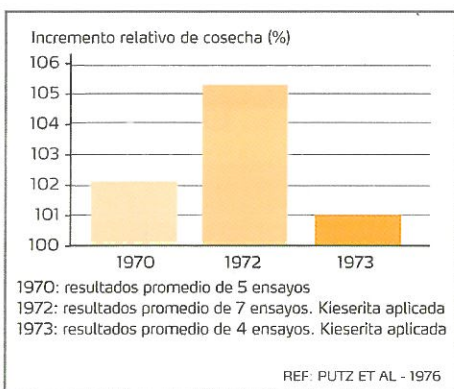
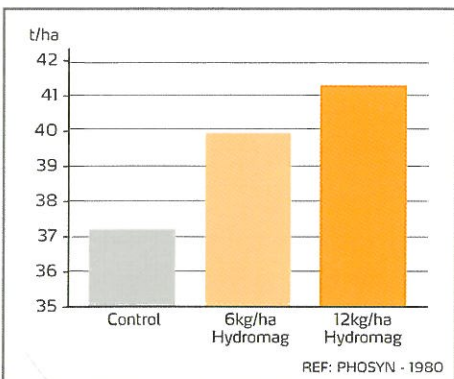


Figura 50

Magnesio y Cosecha

RU



Una cantidad adecuada de magnesio es necesaria durante el llenado de los tubérculos. En condiciones de suelo seco que restrinjan la absorción, la aplicación foliar puede ser muy efectiva en esos casos.

La absorción de magnesio depende de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y de su balance con los demás cationes, especialmente el potasio. Altas concentraciones de potasio en el suelo pueden inducir a deficiencias de magnesio. En esos casos, las aplicaciones foliares de magnesio son beneficiosas.

Calidad de Tubérculo

Niveles bajos de magnesio reducirán los contenidos de almidón y proteínas en los tubérculos, afectando al sabor de las patatas cocinadas.

Los ensayos confirman los beneficios del magnesio para la materia seca del tubérculo y su gravedad específica (Figuras 51 y 52).

Figura 51

Magnesio y Gravedad Específica

Australia

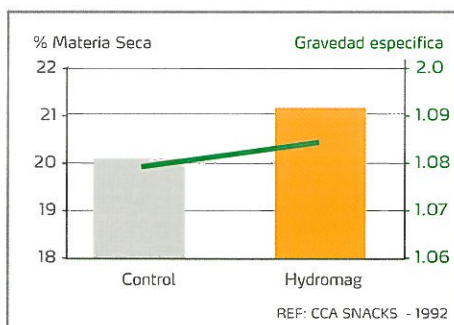
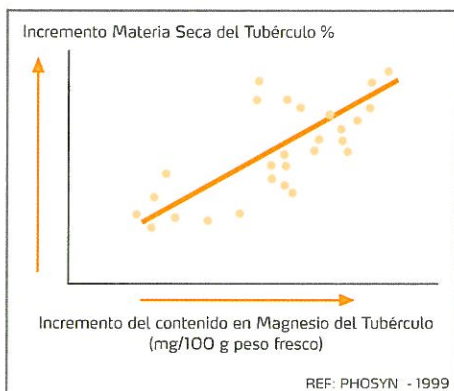


Figura 52

Magnesio y Materia Seca

Holanda

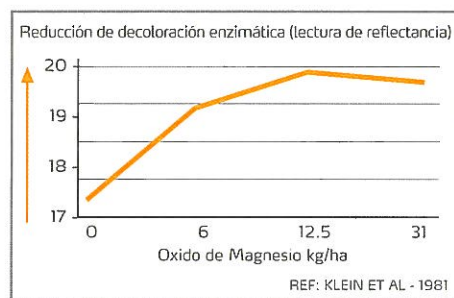


Bajos niveles de magnesio pueden aumentar la susceptibilidad a la decoloración enzimática (Figura 53).

Figure 53

Magnesio y Decoloración del Tubérculo

EEUU - katahdin



Síntomas de Deficiencia

Las hojas más viejas desarrollarán moteados cloróticos pálidos entre las venas con forma de espina de pez a lo largo de las venas principales. Estos moteados se tornarán marrones si la deficiencia continúa. Los márgenes de la hoja pueden curvarse hacia arriba y se vuelven frágiles.



Deficiencia de Magnesio
Foto cortesía de Phosyn

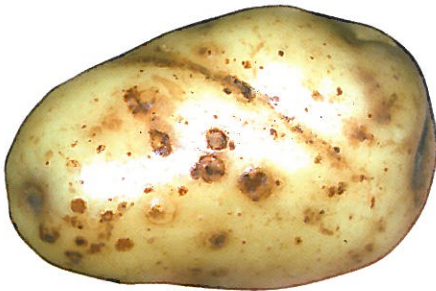
S Azufre

Necesidades del Cultivo

El cultivo de la patata tiene demandas de azufre semejantes a las de magnesio.

Donde se utiliza sulfato de potasio habitualmente, el suministro es normalmente adecuado.

El azufre ayuda a reducir los niveles de sarna común y pulvurulenta. Este efecto puede atribuirse a la reducción del pH del suelo en donde se utiliza azufre elemental.



Sarna común (*Streptomyces scabies*)

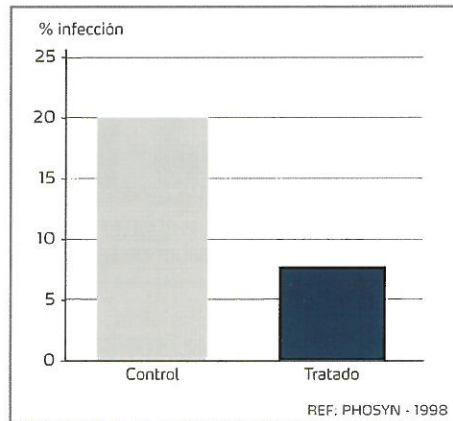


Sarna Pulvurulenta (*Spongospora subterranean*)

Los mejores efectos se logran con aplicaciones de azufre de rápida disponibilidad al suelo en plantación. No obstante, un programa de S foliar también puede reducir la incidencia de sarna (Figura 54).

Figura 54

Azufre y Sarna Común Escocia



Síntomas de Deficiencia

Las deficiencias de azufre en patatas parecen similares a las deficiencias de nitrógeno. Todas las hojas son amarillas pálidas y más pequeñas de lo normal. Las hojas más jóvenes son de un color amarillo brillante. No se debe confundir con una deficiencia de hierro, que se presentan de manera similar pero las venas permanecen verdes.



Deficiencia de azufre



Micronutrientes

Es importante confirmar cualquier sospecha de deficiencia de micronutrientes tan pronto sea detectada. Cuanto más tiempo permanezca una deficiencia sin controlar, mayor será la pérdida potencial de rendimiento y de calidad.

B Boro

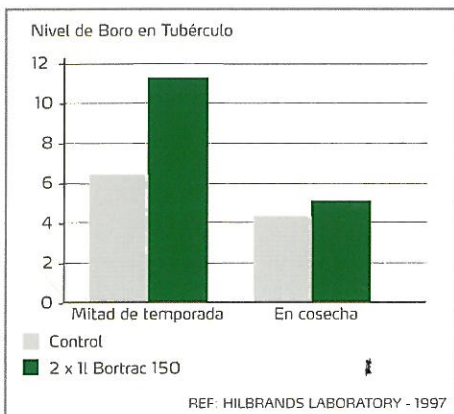
Necesidades del Cultivo

El boro influye el crecimiento de raíces y brotes, el desarrollo de la planta y la polinización.

El boro también influye en la absorción de calcio (Figura 55), por lo que su disponibilidad es importante para asegurar una nutrición equilibrada.

Figura 55

Absorción de Boro por el Tubérculo Holanda



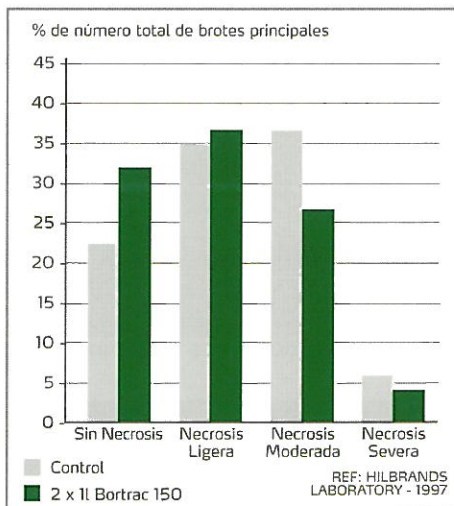
Junto el potasio, calcio y magnesio, el boro es un elemento importante presente en la pared celular. Allí actúa como cemento entre las pectinas, dando fuerza de cohesión a los tejidos de la célula. Además, el boro afecta a las características de calidad para el almacenamiento de los tubérculos.

Efectos en la Calidad

El boro estabiliza al calcio en la pared celular y actúa sinérgicamente con el calcio para mejorar la resistencia de la planta a las enfermedades, plagas y las adversidades ambientales. En esta misma línea, el boro puede minimizar la necrosis apical de los brotes (Figura 56).

Figura 56

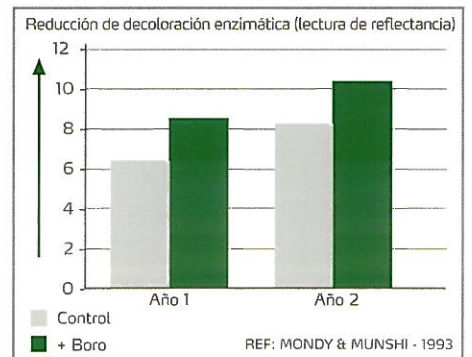
Boro y Necrosis Apical Holanda



El boro reduce la oxidación de los fenoles, que son los responsables de la decoloración enzimática, así, un suministro adecuado de boro reduce la incidencia de la decoloración enzimática de los tubérculos de patata (Figura 57).

Figura 57

Boro y Decoloración del Tubérculo EEUU



Síntomas de Deficiencia

Los tallos de la planta de patata son cortos como resultado de la brotación de las yemas laterales, la planta se ve arpeollada. Las hojas más jóvenes se vuelven cloróticas, desarrollan manchas necróticas y mueren. La clorosis de las hojas puede pasar de amarillo a marrón y a marrón oscuro rojizo.

En los tubérculos, los anillos de haces vasculares se vuelven marrones, en particular cerca del hilum. La piel del tubérculo es a menudo áspera y agrietada, con carne necrótica por debajo.



Deficiencia de boro
Foto cortesía de Phosyn

Cu Cobre

Síntomas de Deficiencia

Las deficiencias de cobre son raras, aunque pueden ocurrir en suelos extremadamente ácidos por debajo de pH 4,0.

Cuando esto se produce, las hojas más jóvenes se marchitan permanentemente y se curvan hacia arriba. No hay clorosis en las hojas.

Cuando se desarrollan las yemas florales, las yemas terminales se pierden.



Deficiencia de cobre

Fe Hierro

Síntomas de Deficiencia

Los síntomas de deficiencia de hierro aparecen primero en las hojas más jóvenes. Las zonas entre las venas de las hojas aparecen cloróticas, pero las venas permanecen verdes. En casos de deficiencias severas, la hoja entera es clorótica.



Deficiencia de hierro

Mn Manganeso

Necesidades del Cultivo

El manganeso se comporta de manera similar al magnesio en la planta de patata, estando envuelto en numerosos procesos bioquímicos. Sin embargo, a diferencia del magnesio, el manganeso es extremadamente inmóvil en la planta y sólo tiene movimiento ascendente, vía xilema, hacia las hojas. Una vez en las hojas no hay transferencia a otras partes de la planta.

Las deficiencias severas de manganeso pueden reducir significativamente el rendimiento (Figura 58), y el contenido de materia seca (Figura 59).

Figura 58

Manganeso y cosecha RU

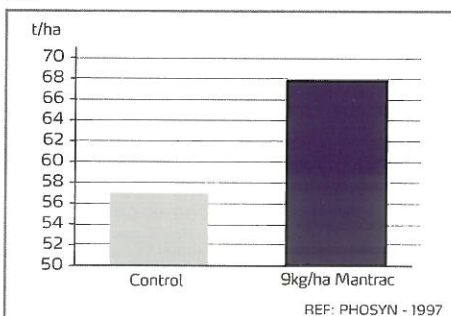
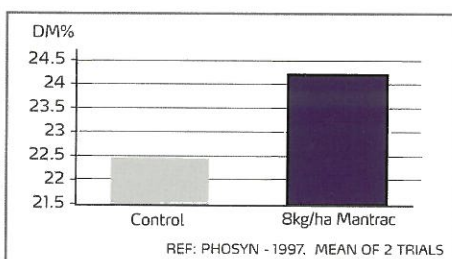


Figura 59

Manganeso y Materia Seca RU



Síntomas de Deficiencia

Aparecen en las hojas numerosas manchas marrones. La tendencia es que haya más manchas cerca de la base de la hoja.



Deficiencia de manganeso

Mo Molibdeno

Síntomas de Deficiencia

La expresión visual de las deficiencias de molibdeno en patatas depende del nivel de este micronutriente en el tubérculo sembrado.

Si la semilla viene de un suelo carente de molibdeno (p.e. suelo de pH bajo), entonces las hojas jóvenes en desarrollo permanecen de color verde pálido y desarrollan manchas cloróticas amarillo doradas.

Las deficiencias pueden ser corregidas mediante aplicaciones foliares de molibdeno.



Deficiencia de molibdeno

Zn Zinc

Necesidades del Cultivo

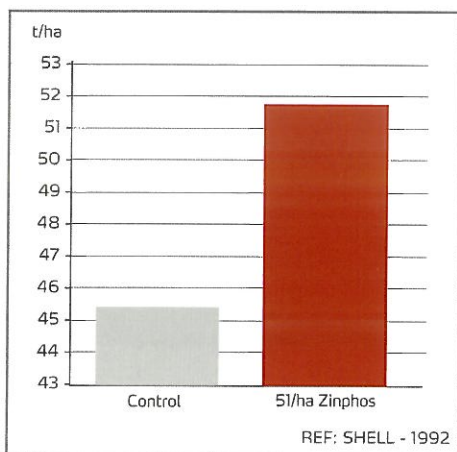
El zinc se parece al manganeso y al magnesio en que actúa como agente de enlace en las reacciones enzimáticas. En este sentido es importante porque protege a las proteínas de desnaturalizarse.

Por lo tanto, el zinc cumple un rol principal en el metabolismo del nitrógeno y los cultivos deficientes tendrán niveles bajos de proteína. El contenido de almidón también está afectado por el zinc.

Se pueden esperar respuestas en cosecha a la aplicación de zinc en cultivos que crecen en suelos con pH tanto bajo como alto, si los niveles de zinc son bajos (Figura 60).

Figura 60

Zinc Foliar y Cosecha Chile

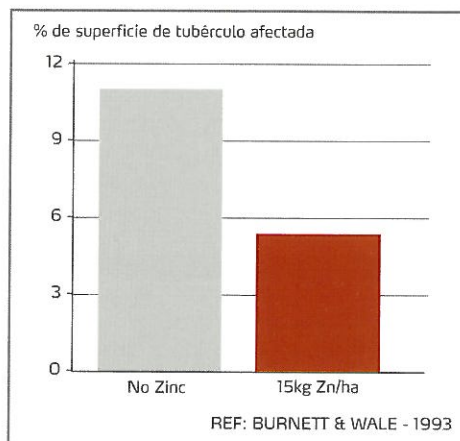


Efectos en la Calidad

El zinc se utiliza habitualmente para suprimir la sarna pulverulenta en donde el inóculo está a un nivel bajo. Sólo las aplicaciones al suelo pueden aportar el zinc suficiente para lograr este objetivo (Figura 61).

Figura 61

Zinc y Sarna Pulverulenta Escocia



Sin embargo, el zinc sólo debe ser usado como parte de una estrategia de control integrado, apoyado por otras medidas agronómicas que limiten la infección del suelo y junto con la elección de variedades más resistentes.

Síntomas de Deficiencia

En patatas los síntomas de deficiencia de zinc son variables. En general las hojas son más pequeñas y las plantas son de crecimiento reducido.

Las hojas caen hacia adentro dando una apariencia de helecho. Unas manchas de color entre marrón grisáceo y bronce aparecen primero en las hojas del medio y luego en todas las hojas.



Deficiencia de zinc

Programa Nutricional

Muestra las necesidades de nutrientes en las fases de



→ **Plantación** → **Después de Plantación** → **Acaballonamiento/ Formación de Mesetas**

Efecto de los Nutrientes

Nitrógeno y Potasio - crecimiento temprano y materia seca
Fosfato - más tubérculos, crecimiento y materia seca
Magnesio - para el desarrollo de la planta
Zinc y manganeso - Control de Sarna Común y Pulvurulenta
Azufre - Sarna Común y Pulvurulenta, así como número de tubérculos.

Efecto de los Nutrientes

Nitrógeno - fraccionar las aplicaciones para reducir pérdidas
Potasio - crecimiento y materia seca
Microelementos - para una nutrición equilibrada

Efectos de los Nutrientes

Nitrógeno - segunda aplicación fraccionada
Calcio (+/- boro)

- Buena calidad de piel
- Reducción de manchas de moho internas
- Tolerancia a estrés por calor o sequía.



crecimiento claves



Antes de Inicio de Tuberización Etapa de Gancho

Efecto de los Nutrientes

Fosfato

- más tubérculos
- crecimiento más vigoroso

Inicio de Tuberización

Efecto de los Nutrientes

Fosfato y Magnesio – tubérculos más grandes

Zinc y Manganeso – terminación de la piel

Calcio (+/- boro) – Buena calidad de piel, reducción de las manchas internas de moho, tolerancia a estrés por calor o sequía

Floración y Llenado

Efectos de los Nutrientes

Nitrógeno, fosfato y magnesio - mantienen el crecimiento del tubérculo

Calcio – mejora la terminación de la piel y reduce el impacto de enfermedades

N P K Ca Mg S

N P K Ca Mg S

N P K Ca Mg S

B Cu Fe Mn Mo Zn

B Cu Fe Mn Mo Zn

B Cu Fe Mn Mo Zn

Glosario

Centro Marrón: Cualquier decoloración marrón en el centro de la patata.

Corazón Hueco: Una cavidad en el centro del tejido medular (Figura 63). No siempre decolorado.

Corteza: Una capa de células de usualmente 1 ó 2 mm de grosor, ubicada inmediatamente bajo la peridermis (Figura 63).

Determinada: Forma de crecimiento en la cual los tallos terminan con una sola inflorescencia, lo que acaba con el crecimiento.

Dosel o rastrojo: Los órganos de la planta de patata que crecen en la superficie del suelo (parte aérea), esto es, tallos y hojas.

Ennegrecimiento Enzimático (Mancha Negra): Interior oscurecido o marrón del tubérculo, responsable de significativas pérdidas en postcosecha. Es causada por la oxidación de sustancias fenólicas, principalmente tirosina y melanina.

Enverdecimiento: Cuando los tubérculos de patata son expuestos a la luz del sol se tornan verdes. Frecuentemente asociado con un incremento de alcaloides tóxicos. Los tubérculos verdes no deben ser consumidos.

Erwinia - Podredumbre blanda: Es una enfermedad bacteriana de clima cálido que pudre el tubérculo (vea la foto en página 11)

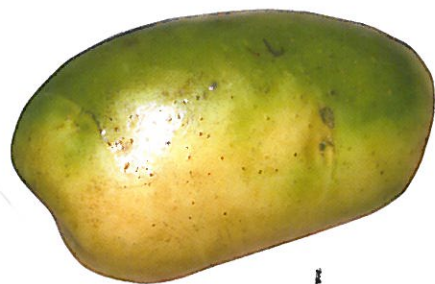
Estolón: brotes laterales bajo tierra al final de los cuales se desarrollan los tubérculos (Figura 62).

Gravedad Específica: Es una cualidad importante de las patatas. Es normalmente medida como razón de peso en aire / peso en agua. La fórmula es Gravedad específica = Peso en aire / (peso en aire + peso en agua) (Figura 4).

Helminthosporium solani (Sarna Plateada): una infección fúngica que cubre los tubérculos con esclerotias (vea la foto en página 25).

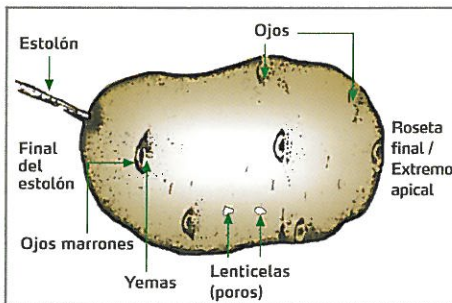
Indeterminada: Cuando la planta mantiene la producción de material vegetativo y el crecimiento no se termina con una inflorescencia.

Inicio de tuberización: La etapa en que el tubérculo comienza a hincharse en el estolón (vea la foto en página 7)



Tubérculo verde - enverdecimiento

Figura 62
El tubérculo de patata



Lenticelas: una región de células con espacios intercelulares que permiten la difusión de oxígeno hacia los tejidos internos (Figura 62)

Llenado: La fase en que el tubérculo crece, cuando la materia seca es asimilada dentro de los tubérculos.

Madurez Fisiológica: Vea la página 8.

Mancha Interna de Moho (IRS): también conocida simplemente como Mancha Interna, es un defecto fisiológico interno en el que aparecen en los tubérculos pequeños puntos marrones, debido a la muerte de células.

Mancha Interna Marrón: Cualquier mancha contenida dentro del anillo vascular en el tejido medular pero no en el centro (Figura 63).

Mercancía: Un cultivo estándar para el consumo en fresco más que para procesado.

Patatas en tiras (French fries o Chips): Patatas procesadas (normalmente fritas) cortadas en tiras largas y finas. También se las conocen como Patatas fritas.

Patatas en rodajas (Crips): Una rodaja fina de patata, normalmente frita, pero que también puede ser deshidratada. También conocidas en algunos países como 'Chips'. Son las patatas fritas embolsadas más frecuentes.

Patatas Fritas en Tiras (french fries): Patatas procesadas (usualmente fritas) cortadas en largas tiras delgadas.

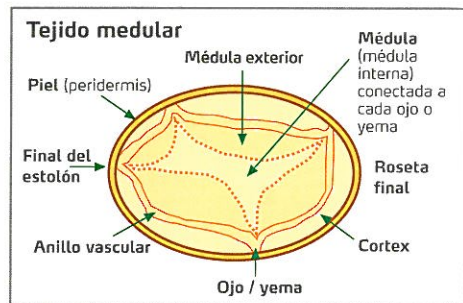
Peridermis: La capa más externa de las raíces. Está compuesta principalmente de células muertas lignificadas que cubren la superficie de la raíz. La peridermis tiene sólo el grosor de unas pocas células (Figura 63).

Podredumbre Blanda: Enfermedad bacteriana de clima cálido (habitualmente *Erwinia spp*) que pudre el tubérculo (Vea foto en la página 11).

Rajado de Crecimiento: Rajas externas en los tubérculos, normalmente longitudinales (vea la foto en página 9).

Rhizoctonia: Vea Viruela de la patata.

Figura 63
Interior del Tubérculo de Patata



Sarna Común: *Streptomyces scabies* - que forma una marca en forma de roseta en los tubérculos. No es una enfermedad seria pero desfigura los tubérculos (vea las fotos de las páginas 9 y 28).

Spongospora subterranean (Sarna pulverulenta): causa la formación de pústulas superficiales en los tubérculos, que liberan esporas al suelo (Vea la foto en página 28).

Tubérculo: tallo lateral subterráneo modificado que se convierte en órgano de almacenamiento. (vea el diagrama de la página 62)

Tubérculo Rey: el tubérculo más grande bajo cualquier planta de patata individual.

Viruela de la Patata: *Rhizoctonia solani* - provoca que la superficie del tubérculo se cubra con esclerotias (vea la foto en página 25).

Tabla 4
Conversión de gravedad Específica a Sólidos Totales en Patatas

Densidad específica	% Sólidos Totales
1.072	19.0
1.074	19.4
1.076	19.8
1.078	20.3
1.080	20.7
1.082	21.1
1.084	21.6
1.086	22.0
1.088	22.4
1.090	22.8
1.092	23.2
1.094	23.7

Unidades

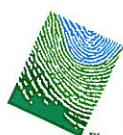
Las unidades usadas en este manual son en su mayor parte aquellas usadas por los autores en sus países de origen. Cuando es aplicable la equivalencia métrica ésta ha sido usada.

De esta forma un rendimiento expresado en Toneladas se refiere a Toneladas Métricas (1.000 kg), a menos que el país de origen sea EEUU en el que sus figuras están en Toneladas Americanas, que son equivalentes a 0,907 tm

1 lb/acre = 1.12kg/ha 1kg/ha = 0.89lbs/acre

Para convertir óxidos en formas elementales

P ₂ O ₅ a P	- multiplicar por 0.436
K ₂ O a K	- multiplicar por 0.83
SO ₃ to S	- multiplicar por 0.4
SO ₄ a S	- multiplicar por 0.33
CaO a Ca	- multiplicar por 0.715
MgO a Mg	- multiplicar por 0.603



Desarrollando Su Potencial

Para un programa de fertilización que se ajuste a las necesidades locales, contacte con su agrónomo de Yara más próximo

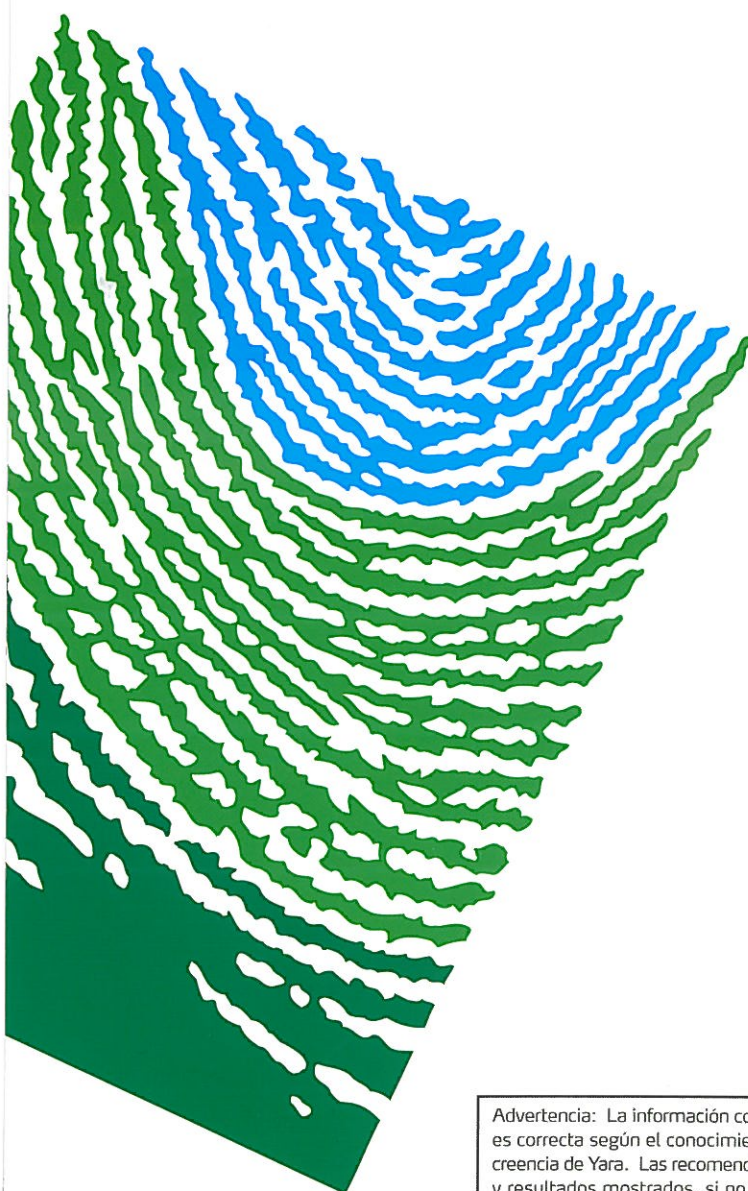
Aquí se encuentran insertadas está las recomendaciones locales de fertilización de Yara.

Si éstas no se encontraran o han sido retiradas, por favor contacte con su distribuidor local de Yara.

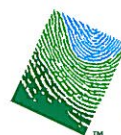


Productos de Yara

Yara fabrica y vende un amplio número de fertilizantes. Además, las oficinas de Yara que operan en los diferentes países pueden tener un abanico de otros fertilizantes disponibles para los productores de patatas. Pregunte a su agrónomo local para saber sobre el catálogo completo de fertilizantes disponibles.

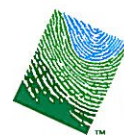


Advertencia: La información contenida es correcta según el conocimiento y la creencia de Yara. Las recomendaciones y resultados mostrados, si no se dice lo contrario, están basados en la experiencia de Yara y en pruebas de campo.





Para más información por favor contacte:
Yara International ASA
Bygdøy allé 2,
N-0202, Oslo, Norway
www.yara.com



Desarrollando Su Potencial