

# ABSORCIÓN DE POTASIO POR LOS CULTIVOS EN DISTINTOS ESTADIOS FISIOLÓGICOS

Swya Kant and Uzi Kafkafi

*The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural,  
Food and Environmental Quality Sciences, Rehovot, Israel  
kafkafi@agri.bujLac.il*

## RESUMEN

*La concentración de K en la hoja varía a lo largo de la estación de crecimiento. El contenido de K en los tejidos de la planta se definen generalmente como bajos (deficiente), adecuado (suficiente), o alto (excesivo) para un determinado órgano de la planta. Para conocer el estado nutricional de la planta se recurre con frecuencia al analisis de la lámina foliar, y en menor medida de los peciolo. En algunos casos se elige una etapa determinada del desarrollo del cultivo. La definición de un nivel de concentración de K como «bajo» o «alto», varía entre plantas y entre órganos vegetales, tales como hojas, tallos y frutos. La concentración de K varía significativamente entre los distintos órganos de la planta. Los tejidos carnosos como frutos y hojas en sus etapas tempranas de desarrollo, contienen altos niveles de K. Frutos pulposos como cápsulas de algodón ó uvas acumulan altos niveles de K.*

*Los granos absorben K del suelo generalmente antes de la etapa de llenado o incluso de la floración. El K encontrado en las espigas de maiz depende completamente de la redistribución desde otros órganos de la planta. Las flores, frutos en desarrollo y tubérculos sirven como destino o «reservorio» del K. Estos órganos movilizan K desde las hojas. Si durante las primeras etapas de desarrollo de las plantas los niveles de K son bajos, la demanda en una fase posterior del crecimiento de lo frutos puede dar lugar a deficiencias de K en hojas. Este agotamiento de K de las hojas por parte de la remobilización hacia los órganos fructíferos conduce a una reducción en su actividad fotosintética que mas adelante conducirá a una menor producción o dismiunción de la calidad de los frutos.*

*En granos como el trigo y saja, aún cuando existen diferencias significativas entre cultivares en los niveles de K durante la etapa vegetativa, existe poca variación en la concentración final de K en el grano, a pesar de diferencias de rendimiento. Cuanto mayor sea la carga de fruta o rendimiento de grano, más severo será el agotamiento de K de las hojas, de los tallos y, en algunos casos, de las raíces. Cuando la tasa de demanda de K por los frutos, tubérculos o espigas es mayor que la tasa de absorción de K del suelo, los demás órganos vegetales pueden contribuir con el requerimiento de K de los órganos reproductivos. La concentración de K de las hojas disminuyen durante la formación de los frutos o el llenado del grano. Cuando se cosechan los frutos, las hojas de arboles frutales elevan su tenor de K. Las exigencias de K de los órganos reproductivos pueden ser tan altos que den lugar a deficiencias foliares de K. Es posible que sean necesarias altas concentraciones de K durante los estadios tempranas de crecimiento para alcanzar maximas rendimientos, con frutos de tamaño apropiado y óptima calidad interna exigidas por los mercados.*

## POTASSIUM UPTAKE BY PLANTS A THEIR VARIOUS PHYSIOLOGICAL STAGES

*Leaf K concentration varies with time along the season. Plant tissue K content is usually defined as low (deficient), adequate (sufficient), or high (excessive) for a particular plant organ. For assessment the plant nutrient status most frequently leaves and sometimes petioles are taken for analysis. In some cases an identifiable plant developmental stage is chosen. The definition of «low» and «high» level of K concentration varies between plants and plants organs like leaves, stems and fruits. K concentration varies widely in the various plant organs. Fleshy tissues like fruits and leaves at their early growing stage contain high levels of K. Fleshy fruits like cotton bolls and grapes accumulates high levels of K. Grain crops take up soil K generally before grain filling or flowering state.*

*The K found in ears totally depends on retranslocation from the other plant organs. Flowers, developing fruits and tubers serve as sinks for K. These organs mobilize K from the leaves. When K-levels in the plant during its early stages of development are low, the fruit demand in later stage of growth may result in K deficiency in leaves. This K depletion from leaves by the developing fruiting organs leads to a reduction in their photosynthetic activity that further leads to low yield or decline in fruit quality. In wheat and soybean, even when significant differences among cultivars are found in levels of K at the vegetative stage, little variation exists in the final K concentration in the grain of these crops despite differences in yield. The higher the fruit or grain load, the more severe is the depletion of K from the leaves, stems and, in some cases, the roots. When the rate of K demand by the fruit, tubers or ears is greater than the rate of K uptake from the soil, all other organs may contribute K to the developing reproductive organs. K concentrations in the leaves decline during fruiting or grain filling. When the fruits are removed increase in leaf K is found in fruit trees. The reproductive organs demand for K may be so high that it results in foliar K deficiency. High concentrations of K early in the growing season might be needed to achieve high yields, large fruit size and internal quality demanded by the markets.*

### Introducción

El potasio (K) es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994; Marschner, 1995). Cantidades adecuadas de potasio son importantes contribuyentes en la adaptación de los cultivos al stress causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequías, salinidad, heladas, ataques de insectos o enfermedades (Kafkafi, 1990, 1997). El potasio se encuentra normalmente en un rango entre 1 a 4 % de la materia seca (MS), pudiendo alcanzar mas del 8 % en algunos casos (Raven et al., 1976; Leigh y Wyn-Jones, 1984). La mayoría de los cultivos anuales de grano requieren K en los primeros estadios del crecimiento y la máxima absorción se verifica durante la etapa vegetativa (Lawton y Cook, 1954; Kafkafi y Xu, 1999). Su concentración varía ampliamente, no solo

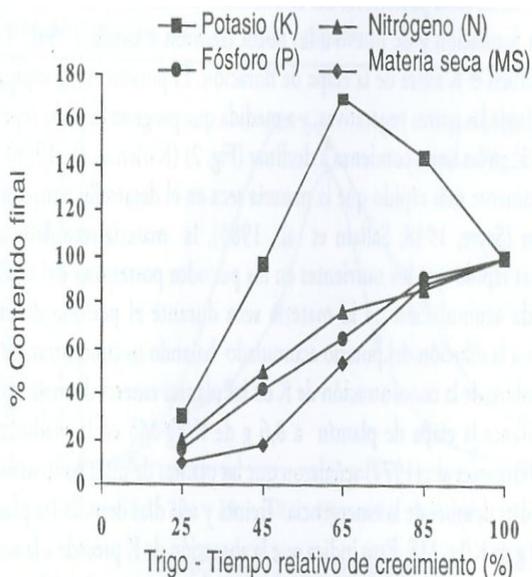
entre especies diferentes sino también entre los diversos órganos de la planta. Una vez que las hojas más viejas de la planta han alcanzado sus concentraciones específicas de K, el flujo neto de K desde las raíces satisface solo las cantidades necesarias para el desarrollo y crecimiento de nuevas raíces. Por lo tanto, el flujo de K desde las raíces está determinado en gran parte por la tasa de crecimiento de la planta (Pitman, 1972). Los requerimientos de K varían con el avance de las etapas fisiológicas del cultivo y según sean cultivos anuales, perennes o árboles frutales. Para lograr una óptima producción, debe saberse cuándo la demanda de nutrientes por la planta es mayor o menor. Por lo tanto, es necesario conocer en detalle la absorción, el desplazamiento, y la distribución del potasio dentro de la planta durante el ciclo vital del cultivo.

## Absorción del potasio durante el crecimiento vegetal

El potasio se absorbe durante las etapas tempranas del crecimiento en los cultivos de grano, mucho más que el nitrógeno o el fósforo. Al momento en que un cultivo de maíz acumuló el 50 % del total de la biomasa, se habrá absorbido el 68, 56 y 95 % del N, P y K respectivamente (Welch y Flannery, 1985). Los requerimientos de potasio necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambia con las etapas de desarrollo. Las frutas y hojas verdes contienen generalmente niveles más altos de K en sus primeros estadios (Fageria et al., 1991).

La absorción de potasio precede generalmente a la producción de materia seca (Fig. 1). La descripción de los requerimientos de potasio durante el crecimiento se discutirá en las secciones siguientes de acuerdo a los períodos del desarrollo de los plantines, del crecimiento vegetativo y de la fase reproductiva, no obstante los requerimientos de K cambian según el tipo de planta, la especie y los cultivares.

### 1. Absorción de N, P Y R durante el crecimiento de trigo



## ***Desarrollo de plantines***

Durante la germinación de las semillas los nutrientes minerales son removilizados dentro de los tejidos de la semilla y son transportados por el flujo del floema hacia las raíces, o brotes. La mayoría de las semillas de los cultivos de grano contienen entre 0,4 y 1,0 % de potasio en base materia seca. Esta cantidad es suficiente para la germinación y el establecimiento inicial pero no es suficiente para mantener el crecimiento por un período más largo (Van-Slyke, 1932). La raíz emergente tiene que absorber K para lograr el crecimiento vegetal adicional. Buckner, (1915) observó que no todo el K de los cotiledones del maíz, porotos y tubérculos de papas se mueve a los plantines. Aproximadamente el 45 % del potasio total quedó conservado en los cotiledones no funcionales de plantines de poroto. Las hojas de los plantines y los tallos contenían el 46 % de potasio, mientras que las raíces el 9 % restante.

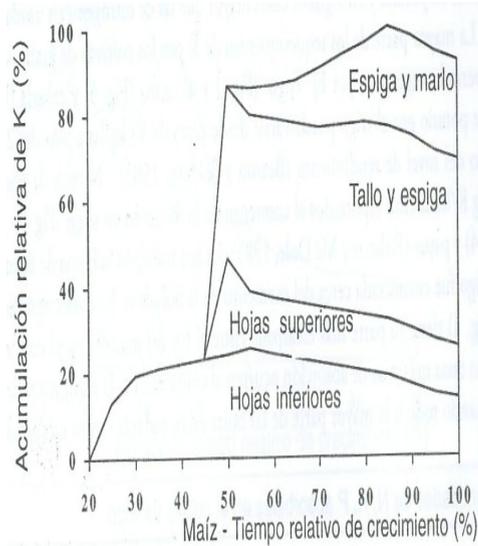
Luego que los cotiledones dejaron de funcionar en plantines de maíz, éstos contenían el 20 % del potasio original de la semilla. Cerca del 35 % del potasio se encontraba en las hojas y el restante estaba distribuido equitativamente entre las raíces y el tallo.

## ***Período de crecimiento vegetativo***

En los cultivos anuales este período se caracteriza por alcanzar la máxima acumulación de materia seca. Este período se caracteriza también por la progresiva acumulación de elementos inorgánicos en cantidades importantes, especialmente de potasio. La removilización de nutrientes minerales desde las hojas maduras a los nuevos tejidos en crecimiento es de importancia clave para la finalización del ciclo de vida en las plantas anuales de grano. Con el aumento de la síntesis de materiales orgánicos, la concentración del potasio expresada en porcentaje de la materia seca disminuye, aunque la cantidad total de potasio en valor absoluto aumenta. El consumo de potasio durante este período es seguido generalmente por la translocación de K en las fases posteriores del crecimiento desde los tejidos más maduros a las semillas nuevas en formación y de nuevo a las raíces (Lawton y Cook, 1954). Los cereales generalmente absorben el K antes de la etapa de floración. El potasio en las espigas proviene vía translocación desde las partes vegetativas, y a medida que progresa la etapa reproductiva la concentración del K en las hojas comienza a declinar (Fig. 2) (Karlen et al., 1988). El potasio se acumula relativamente más rápido que la materia seca en el desarrollo temprano de varias partes de la planta (Sayre, 1948; Sallam et al., 1985), la materia seca debe acumularse necesariamente más rápido que los nutrientes en los periodos posteriores del crecimiento.

Esta rápida acumulación de la materia seca durante el período de crecimiento vegetativo da lugar a la dilución del potasio acumulado bajando su concentración (Sallam et al., 1985). Los cambios de la concentración de K en las plantas enteras de maíz van desde 50 g de K/kg MS durante la etapa de plantín a 8,6 g de K/kg MS en la madurez (Welch y Flannery, 1985). Terman et al., (1977) señalaron que las plantas de maíz contenían más de 45 g de K/kg MS 15 días después de la emergencia. Treinta y seis días después las plantas contenían menos de 10 g de K/kg MS. Esto indica que la absorción de K precede a la acumulación de materia seca y su concentración es más alta durante el crecimiento inicial.

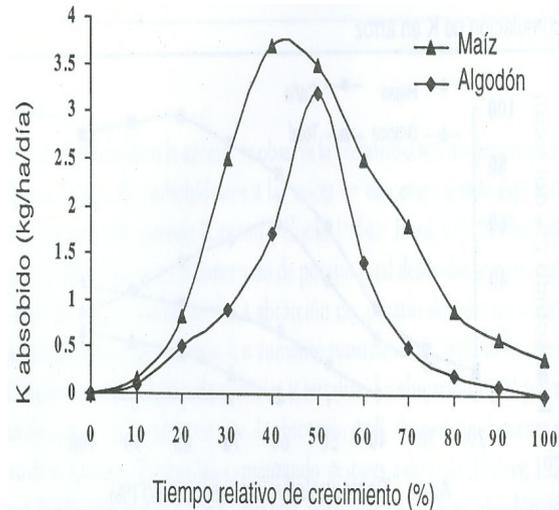
Figura 2. Acumulación de K en maíz



Con el paso del tiempo y la absorción de otros elementos disminuye la concentración de K. En maíz los requerimientos de K durante el período vegetativo son tan altos que el 59 % del K absorbido total ocurre durante los 21 días que transcurren entre las etapas de seis hojas (V6) y la emisión de la floración masculina Oordan et al., 1950). De la misma manera, Hanway, (1962) señaló que durante el período entre 38 a 52 días después de la emergencia de maíz, se absorbió el 38 % del K total. Durante este periodo el índice de absorción diaria de K abarcó un rango promedio entre 2,31 a 10,74 kilogramos ha<sup>-1</sup> (Welch y Flannery, 1985).

La tasa de absorción de K en maíz fue máxima cuando se alcanzó el 50% del crecimiento (Fig. 3). Luego, con el inicio de la fase reproductiva comienza el desplazamiento del

Figura 3. Tasa de absorción de K en maíz y algodón



K de las hojas y del tallo a las espigas en formación (Fig. 2). El trigo y otros cereales requieren altas cantidades de potasio y en algunos casos mayor que las de nitrógeno en unidades de kg/ha (Fig. 4). La mayor parte de los requerimientos de K por los cultivos de grano se alcanzan durante el periodo vegetativo por Ej. Trigo (Fig. 1 Y 4), arroz (Fig. 5) y cebada (Fig. 6). La remoción de potasio por el trigo puede variar desde cerca de 40 kg/ha a mas de 200 kg ha<sup>-1</sup> dependiendo del nivel de rendimiento (Beaton y Sekhon, 1985). Niveles de absorción, de hasta 500 kg K/ha fueron reportados al comienzo de la floración en trigo -Fig. 7- (Kafkafi y Halevy, 1974) y papas (Roberts y Mc Dole, 1985). La acumulación máxima de Ken las partes aéreas del trigo fue encontrada cerca del momento de la floración. La curva sigmoidea característica (Fig. 4) tiene su parte más escarpada entre el fin del macollaje y el comienzo de la floración. Las tasas máximas de absorción ocurren al comienzo de la elongación del macolla principal, cuando todo o la mayor parte de las hojas están todavía verdes y expandiéndose.

Figura 4. Cantidades de N, K, P absorbidas en el cultivo de trigo

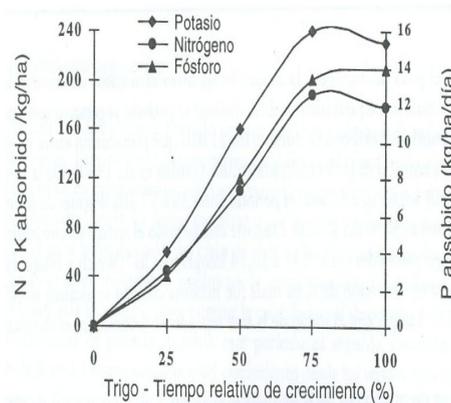


Figura 5. Acumulación de K en arroz

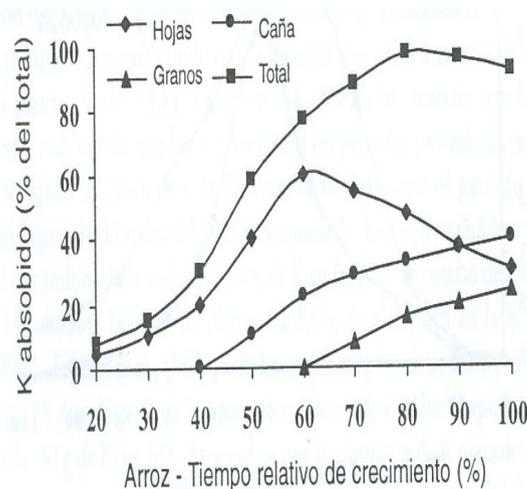


Figura 6. Porcentaje de K en materia seca (MS) de la cebada

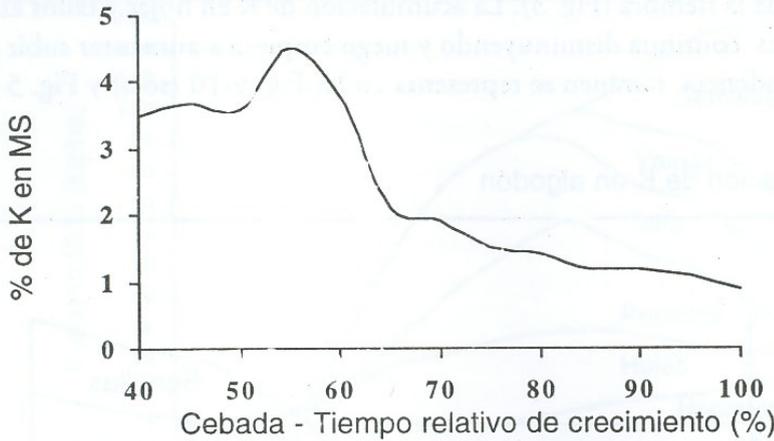
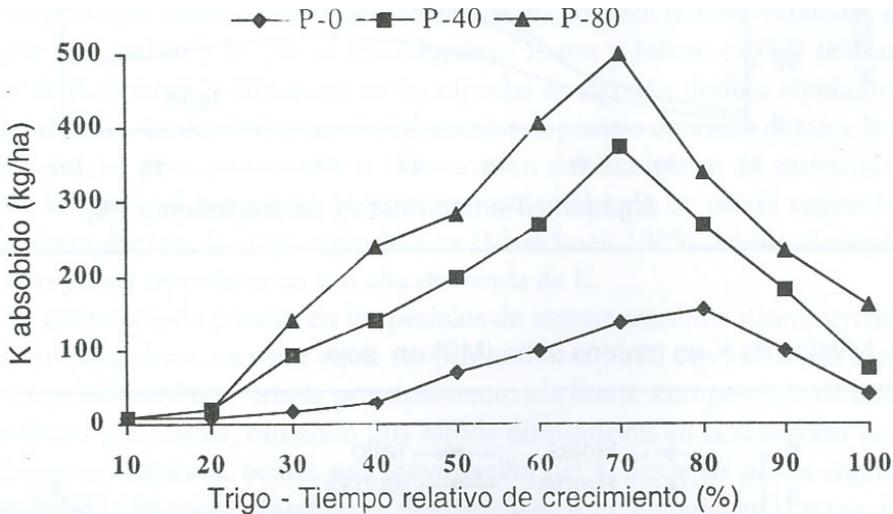


Figura 7. Niveles de absorción de K en trigo



**Fase re productiva**

Durante la floración o la antesis se observa la redistribución de elementos inorgánicos, El reducido suministro de carbohidratos a las raíces en esta etapa puede explicarse en parte por la menor absorción de potasio (Lawron y Cook, 1954), Burd, (1919) observó en plantas de cebada una caída singular en el contenido de potasio total desde dos semanas después de la espigazón seguida por un aumento de la absorción de potasio durante un corto período y finalmente por pérdidas a la madurez. Un aumento substancial de potasio ocurre en algodón durante el inicio de la formación de Cápsulas y semillas. La absorción de N y P siguen a la producción de materia seca mientras que la absorción de K alcanzó rápidamente un máximo al momento de la apertura de cápsulas, comenzando después a declinar (Halevy, 1976). Mullins y Burmester, (1990) observaron que la máxima acumulación de K en algodón ocurría cerca

del comienzo de la floración, con tasas de absorción entre 2,2 y 3.2 kg/ha/día durante 63 a 98 días después de la siembra (Fig. 3). La acumulación de K en hojas y tallos aumenta hasta la floración después continua disminuyendo y luego empieza a aumentar subir en la semilla (Fig. 8), similar tendencia también se representa en las Fig. 9 y 10 (soja) y Fig. 5 (arroz).

Figura 8 Acumulación de K en algodón

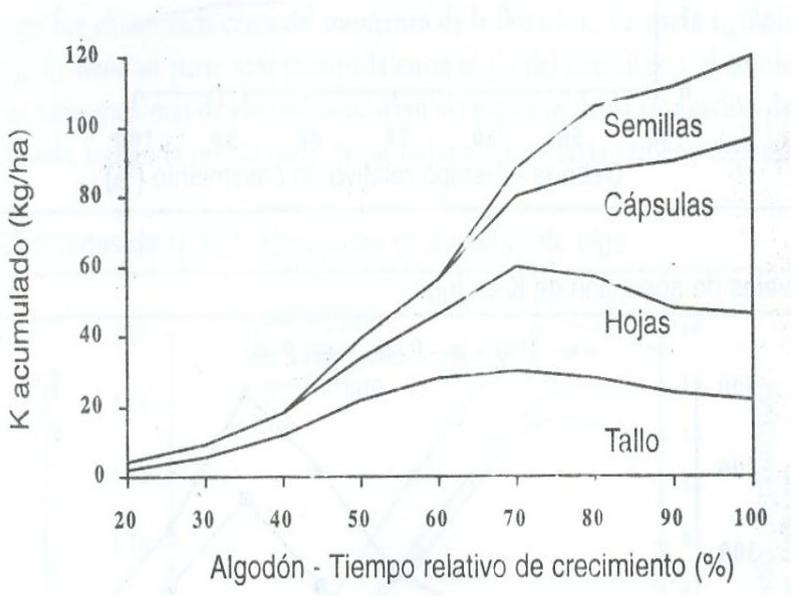


Figura 9. Niveles de K en materia seca (MS) en soja

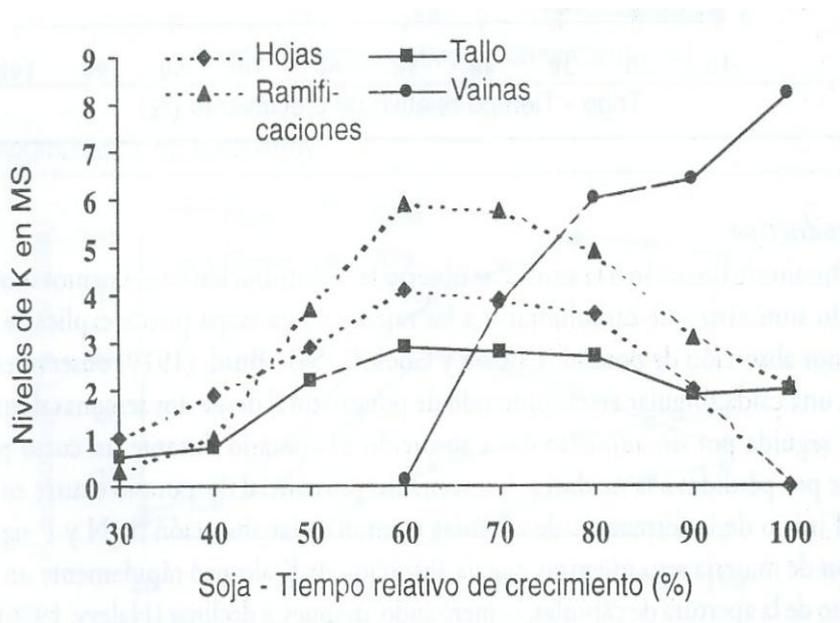
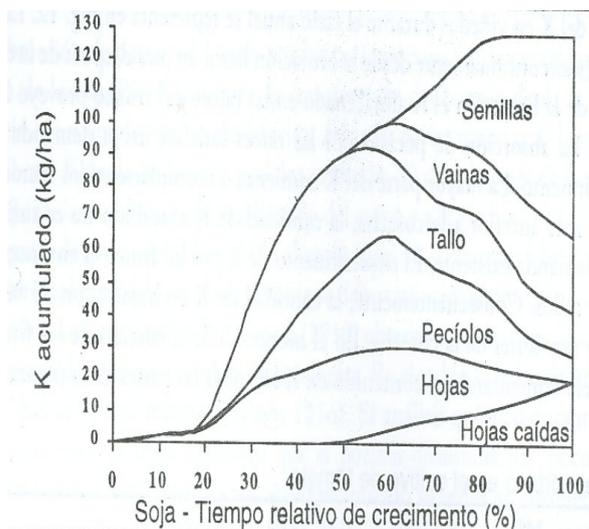


Figura 10. Acumulación de K en soja



El principal cambio fisiológico en esta etapa implica la removilización de reservas orgánicas e inorgánicas a las partes reproductivas. Eaton y Joham (1944) señalaron que la absorción de K durante la formación de las cápsulas de algodón declina rápidamente o llega a ser insignificante. La disminución en la absorción de potasio del suelo durante la formación del fruto se debe principalmente a la disminución del suministro de carbohidratos a las raíces. Por lo tanto, el contenido de nutrientes minerales de las partes vegetativas declina sostenidamente durante la etapa reproductiva (Marschner, 1995) debido al desplazamiento interno a las partes reproductivas con alta demanda de K.

El contenido de potasio en los pecíolos de tomate continúa disminuyendo después que los frutos adquieren un color verde maduro uniforme, aún con suficiente suministro de potasio. Esta declinación es debida principalmente a la fuerte competencia de carbohidratos entre los frutos y las raíces, causando una rápida disminución en la absorción de K por las raíces. Consecuentemente, ocurre una movilización del K desde las partes vegetativas a los frutos, pudiendo observarse síntomas de deficiencia de K en las hojas en la etapa de maduración del fruto (Lingle y Lorenz, 1969). En el estadio de llenado del grano o del desarrollo de las cápsulas de algodón, la absorción de K disminuye en cultivos como soja, maíz, trigo ó arroz (Kafkafi y Xu, 1999). El 75 % del requerimiento total de K de plantas de arroz se absorben antes de la etapa de embarrigado y el K restante se absorbe antes que comience la etapa de la formación del grano -Fig.5- (De Datta y Mikkelsen, 1985). La mayor parte del K total en la parte aérea de plantas de maíz fue absorbido al comienzo de la etapa reproductiva -Fig. 3-(Jordan et al., 1950; Hanway, 1962; Gething, 1990). Las hojas y tallos contenían considerablemente menor cantidad de K a la madurez que durante la polinización (Fig 2). Gran parte del K perdido desde las hojas y del tallo fue debido a la removilización al grano. De manera similar a los cereales, las oleaginosas como la colza-canola, girasol (Fig. 9) y lino (Bailev y Soper, 1985), hortalizas como el tomate (Fig. 11) Y forrajeras como alfalfa y trébol rojo (Lanyon y Smith, 1985) también muestran que la absorción aumenta hasta la floración y luego declina hacia la madurez. Lo contrario ocurre en cultivos bianuales como la caña de

azúcar y mandioca donde lo que se cosecha es el tallo y la raíz respectivamente. La absorción y distribución del K en viñedos durante el ciclo anual se representa en Fig. 12. La absorción de potasio progresa continuamente desde la brotación hasta un mes después de la cosecha. En la etapa inicial de la brotación el K almacenado en las raíces y el tronco proveyó los requerimientos de K. La absorción de potasio por las raíces satisface así la demanda durante el estadio de crecimiento. La mayor parte del K comienza a acumularse en los frutos en formación. Desde el mes anterior a la cosecha, la cantidad de K absorbido no es suficiente para suplir la gran demanda existente. El requerimiento de K por los frutos es entonces satisfecho por las hojas y tallos. Consecuentemente, la cantidad de K en hojas es un 35 % inferior al encontrado un mes antes de la cosecha. En el momento de la cosecha de los frutos, el K se absorbe del suelo aumentando el contenido de K en todas las partes de la planta (Conradie, 1981).

Figura 11. K absorbido en el cultivo de tomate

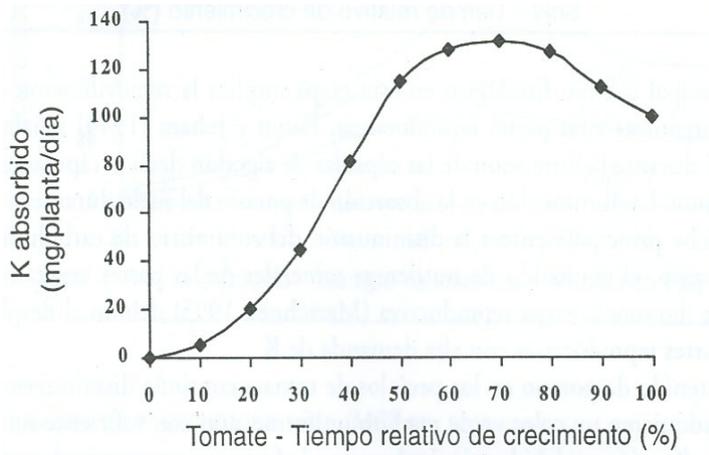
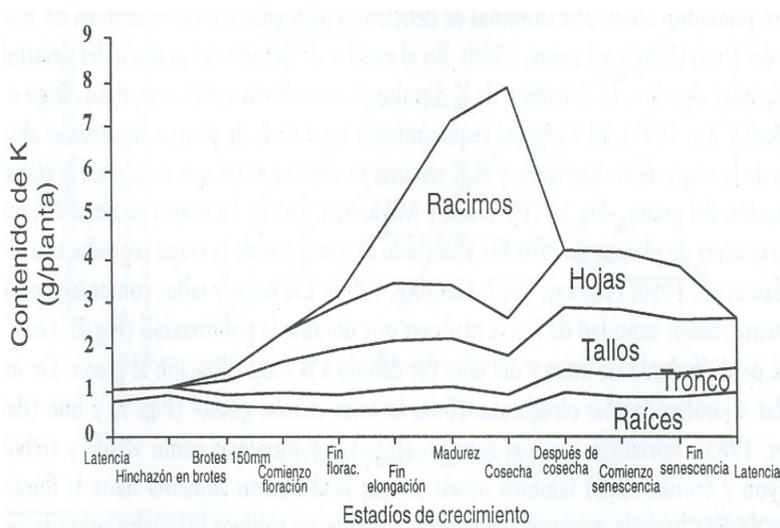


Figura 12. Acumulación de K en diferentes partes de plantas en viñedos



## ***Devolución del K al suelo a la madurez del cultivo***

La absorción de potasio del suelo por los cultivos requiere de energía producida por la respiración de la raíz. Por el contrario, la transferencia del potasio desde las raíces de las plantas al suelo es un simple proceso de difusión desde las partes muertas de la planta. La soja comienza a liberar K desde las hojas y pecíolos caídos ya 50 días después de la germinación.

Esta pérdida es rápida durante el llenado del grano y a la madurez fisiológica todas las hojas y gran parte de los pecíolos han caído al suelo -Fig. 10- (Hanway y Johnson, 1985).

Se cree que las pérdidas más importantes se deben principalmente a la excreción desde las raíces al suelo (LaWton y Cook, 1954). Burd, (1919) observó pérdidas de potasio, acumulado en las raíces de cebada y tabaco a la madurez fisiológica. En algodón la reducción fue observada después de 120 días de crecimiento (Halevy, 1976). El análisis químico durante las diversas etapas del crecimiento de trigo demostró que el potasio disminuía un poco luego de la espigazón y por translocación hacia las zonas de crecimiento superior así también como desde las raíces hacia el suelo (Knowles y Watkins, 1931; Halevy, 1976). Jenny et al., (1939) señalaron que plantas de cebada de bajo contenido salino que crecían en suspensiones de arcilla saturadas con sodio, perdieron rápidamente K por las raíces, pero aquellas cultivadas en arcillas saturadas con calcio esta pérdida era menor. Producir un fardo de algodón requiere alrededor 52 kg de  $K_2O$  (43 kg de K). La fibra y la semilla remueven apenas 11 kg de  $K_2O$ /ha. La mayoría del K está en las brácteas, tallos, y hojas que luego de la cosecha pueden ser devueltos al suelo (Mullins y Burmester, 1991).

El contenido del potasio en trigo alcanza su máximo durante la etapa vegetativa y después comienza a reducirse, en un proceso opuesto a la acumulación de materia seca total, de nitrógeno y de fósforo (Fig. 1). En la madurez, solo entre el 50 y 60 % del K remanente en la planta continúa debido a la elución desde las hojas envejeciendo, senescencia de las hojas, así también por la exudación de las raíces maduras (Russell y Clarkson, 1971; Kemmler, 1983).

Debido a que la demanda máxima de K en trigo ocurre antes de la formación de la espiga, el muestreo foliar durante la etapa de maduración puede mostrar valores no satisfactorios de la máxima acumulación y máxima tasa de absorción. Con el aumento de la carga de frutos aumenta la translocación de K desde las hojas y tallos hacia los frutos. Si la tasa de demanda de K en esta etapa es mayor que el K absorbido desde el suelo, el resto de los órganos pueden contribuir a las partes reproductivas con el potasio acumulado en sus tejidos. Consecuentemente la concentración de K en las hojas declina durante la fructificación. Cuando se cosechan los frutos, aumenta el contenido de K foliar en los árboles frutales (Conradie, 1981; Bar y Glusman, 1991).

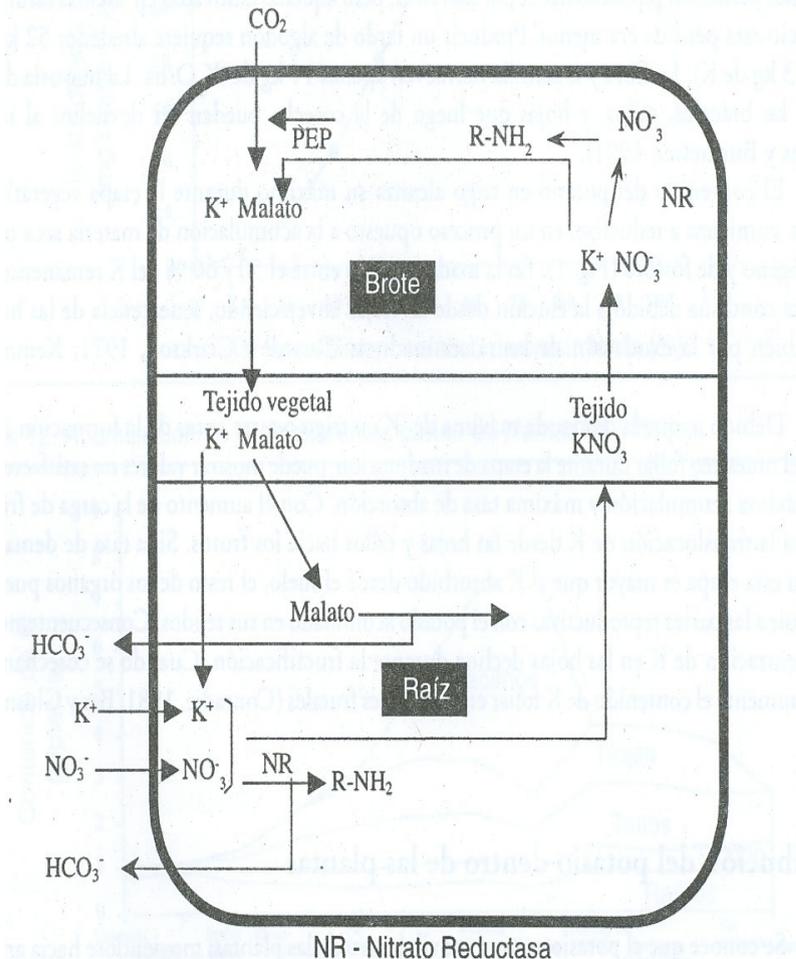
## **Distribución del potasio dentro de las plantas**

Se conoce que el potasio es muy móvil dentro de las plantas; moviéndose hacia arriba y hacia abajo por el xilema y el floema (Fig. 13) en dirección hacia tejidos meristemáticos

(Ben- Zioni et al., 1971; Kirkby y Knight, 1977). En el xilema se observa una elevada tasa de desplazamiento debido a la rápida tasa ala que se secreta el K selectivamente a los vasos del xilema. Entre todas las especies catiónicas, el K está presente en máximas cantidades en la savia del floema (Hocking, 1980), donde puede alcanzar concentraciones de 100 mM y más.

Esto indica que el K se absorbe selectivamente por el vasos cribados y puede desplazarse fácilmente desde las partes superiores hacia los órganos basales de la planta, frutos y raíces. El movimiento del K hacia arriba y hacia abajo puede entenderse mejor con el experimento de Pitman (1972) cuando plantines de cebada fueron cultivadas en una solución que contenía K y Na. Las hojas maduras tienden a acumular mas Na y las hojas jóvenes mas K. La hoja en su totalidad recibe iones desde el xilema y puede exportar K (preferentemente sobre el Na) hacia el floema, que luego se mueve principalmente hacia las hojas más jóvenes así también como a las raíces. El equilibrio entre estos procesos determinará el nivel de los iones en las hojas.

Figura 13. Modelo de transporte del Potasio entre las raíces y tallos a través del metabolismo del nitrato y malato basado en: Ben-Zioni et al., 1971 y Kirkby y Knight, 1977.



El nivel de K en los brotes puede regularse por el control de la tasa de ingreso en los brotes o por retranslocación del K, desde los brotes hacia las raíces. El movimiento del K desde las hoja se realiza a toda la planta por el floema (Mengel y Kirkby, 1987) Como se demostró en papas (Djikshoorn, 1972), manzanos (Hansen, 1980), durazneros y ciruelo (Lindner y Benson, 1954).

La translocación y redistribución del K ocurre desde las partes más maduras de la planta a las partes más nuevas que se van formando. Durante el crecimiento vegetativo, el máximo transporte del K se observa desde el tallo hacia las ramas en plantas de soja, mientras que durante el periodo reproductivo es más alto desde los tallos hacia las vainas. El desplazamiento de K hacia las semillas de soja es especialmente evidente durante la formación de las semillas; y la mayor parte proviene del tallo, de las hojas y de la raíz (Hanway y Johnson, 1985; Sallam et al., 1985).

La translocación del K desde las hojas a los frutos en desarrollo es también notable en los árboles frutales por ejemplo duraznos (Fig. 14) donde el K foliar del duraznero disminuyó constantemente luego de la floración, mientras que los árboles sin frutas mostraron una cantidad constante de K en las hojas durante la etapa de crecimiento (McClungy Lott, 1956). Resultados similares se muestran en la Fig. 15 con manzano, nogal y litchi. La concentración del K en hojas jóvenes de nogal disminuyó desde 18 -22 mg K/g a 9-18 mg K/g en hojas maduras y a 8,0 mg K/g hacia el final de la estación de crecimiento (Drossopoulos et al., 1994).

Figura 14. Efectos de los frutos en el contenido de K en las hojas del duraznero.

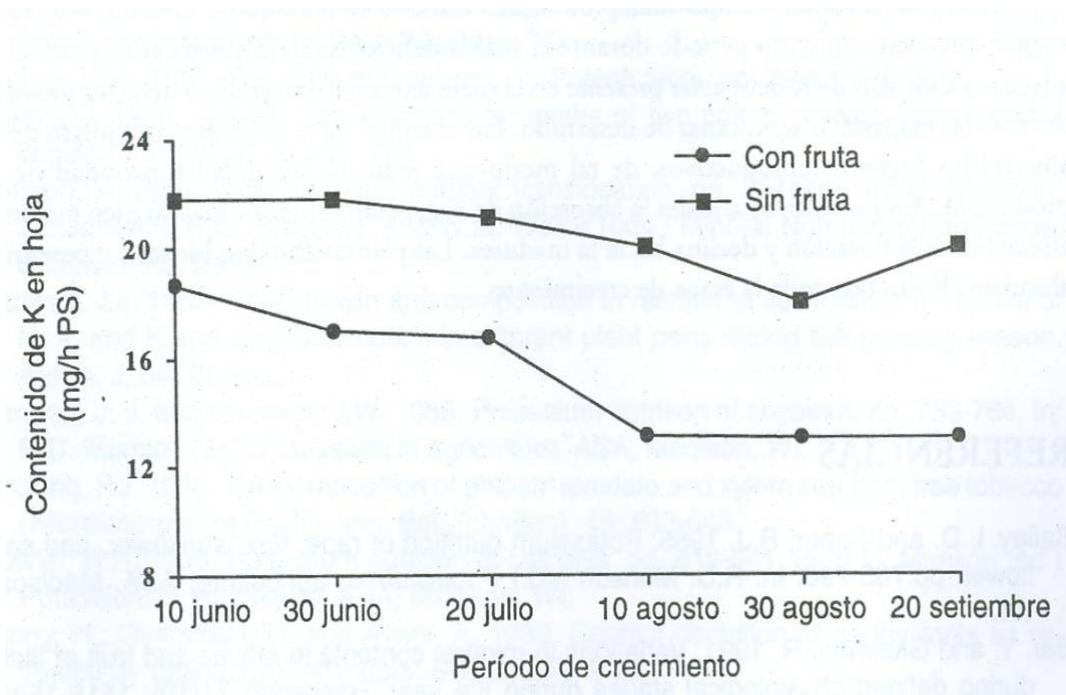
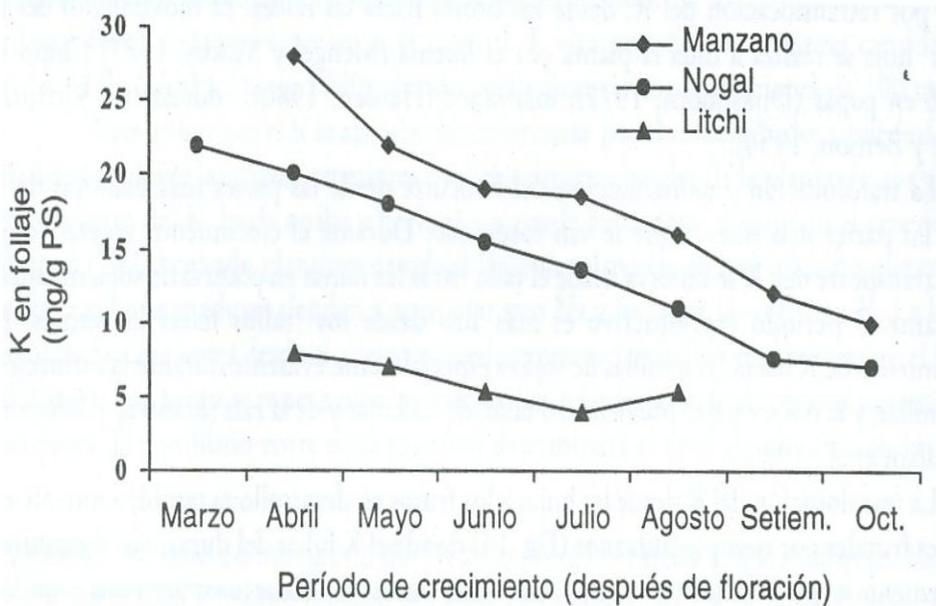


Figura 15. Variación en el contenido de K en el follaje de frutales



## Conclusiones

El conocimiento del patrón de absorción del potasio de un determinado cultivo es un requisito previo para adoptar prácticas de fertilización. En la mayoría de las plantas cultivadas, la máxima absorción de K ocurre en un lapso relativamente corto comparado con el N y el P, cuya absorción duró un tiempo mas prolongado durante el periodo de crecimiento. Esto sugiere que existe un corto período durante el cual la deficiencia de K puede corregirse. Una adecuada cantidad de K debe estar presente en el suelo antes del desarrollo o debe ser provista durante las etapas más tempranas de desarrollo. Por el contrario, una escaso suministro de K afectará los órganos reproductivos, de tal modo que reducirá la calidad y cantidad de la producción. En los cultivos anuales la absorción de K generalmente alcanza su pico máximo alrededor de la floración y declina hacia la madurez. Las plantas frutales, bienales y perennes absorben K durante toda la etapa de crecimiento.

## REFERENCIAS

- Bailey, L.D. and Soper, R.J. 1985. Potassium nutrition of rape, flax, sunflower, and saf-flower. pp.765-798. In: R.D. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Bar, Y. and Glusman, R. 1991. Variations in mineral contents in leaves and fruit of litchi during defined physiological stages during the year. Hassadeh 71(10): 1518-1520. (Hebrew).

- Beaton, J.O. and Sekhon, G.S. 1985. Potassium nutrition of Wheat and other small grains. pp.701-752. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Ben-Zioni, A.; Vaadia, Y. and Lips, S.H. 1971. Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate reduction products of the shoot. *Physiol. Plant.* 24: 288-290.
- Buckner, G.O. 1915. Translocation of mineral constituents of seeds and tubers of certain plants during growth. *J. Agri. Res.* 5: 449-459.
- Burd, J.S. 1919. Rate of absorption of soil constituents at successive stages of plant growth. *J. Agri. Res.* 18: 51-72.
- Chen, J. and Gabelman, W.H. 1999. Potassium-transport rate from root to shoot unrelated to potassium-use efficiency in tomato grown under low-potassium stress. *J. Plant Nutr.* 22(4&5): 621-631.
- Conradie, W. E. 1981. Seasonal uptake of nutrients by Chenin Blanc in sand culture: 11. Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium. *S. African J. Enol. Vitic.* 2: 7-13.
- Cummings, G.A. 1985. Potassium nutrition of deciduous and small fruits. pp.1087-1104. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- De Oatta, S.K. and Mikkelsen, O.S. 1985. Potassium nutrition of rice. pp. 665-699. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Ojikshoorn, W. 1972. Partition of ionic constituents between organs. *Recent Adv. Plant Nutr.* 2: 447-476.
- Orossopoulos, J.B.; Buranis, L. and Bairaktari, B.O. 1994. Patterns of mineral nutrient fluctuations in soybean leaves in relations to their position. *J. Plant Nutr.* 17: 10:17-1035.
- Eaton, F.M. and Joham, H.E. 1944. Sugar movement to roots, mineral uptake and the growth cycle of cotton plant. *Plant Physiol.* 19: 344-364.
- Fageria, N.K.; Baligar, V.C. and Charles Allan Jones(eds.). 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Filho, J.O. 1985. Potassium nutrition of sugarcane. pp.1045-1062. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Gething, P.A. 1990. Fertility and fertilizers. In: Potash facts. pp. 29-43. IPI, Bern.
- Halevy, J. 1976. Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. *Agron. J.* 68: 701-705.
- Hansen, P. 1980. Crop load and nutrient translocation. pp. 201-212. In: O. Atkinson, J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller (eds.) Mineral Nutrition of Fruit trees. Butterworths, London.
- Hanway, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility: 11. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.* 54: 217-222.
- Hanway, J. J. and Johnson, J.W. 1985. Potassium nutrition of soybean. pp. 753-764. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Hocking, P.J. 1980. The composition of phloem exudate and xylem sap from tree tobacco (*Nicotiana glauca* Groh.) *Ann. Bot. (London).* 45: 633-643.
- Howler, R.H. 1985. Potassium nutrition of cassava. pp. 819-841. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Jenny, H.; Overstreet, R. and Ayers, A. 1939. Contact depletion of barley roots as revealed by radioactive indicators. *Soil Sci.* 48: 9-40.

- Jordan, H.V.; Laird, K.D. and Ferguson, D.D. 1950. Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilizer-spacing experiment. *Agron. J.* 42: 361-268.
- Kafkafi, U. 1990. The functions of plant K in overcoming environmental stress situations. In: Proc. 22nd colloquium of IPI, pp. 81-93, held in Soligorsk, USSR, IPI, Bern.
- Kafkafi, U. 1997. Impact of potassium in relieving plants from climatic and soil-induced stresses. In: Food security in the WANA region, the essential need for balanced fertilization, A.E. Johnston (ed.), pp. 313-327, IPI, Bern.
- Kafkafi, U. and Halevy, J. 1974. Growth rate and mineral uptake by semi-dwarf wheat grown in various levels of N and P in soil. *Hassadeh* 55(3): 369-375. (Hebrew):
- Kafkafi, U. and Xu, G.H. 1999. Potassium nutrition for high crop yields. In: Frontiers in potassium nutrition: new perspectives on the effects of potassium on physiology of plants (D. M. Oosterhuis, and G. Berkowitz, eds.). 133-142: PPI/PPIC, Georgia, USA.
- Karlen, D.L.; Flannery, R.L. and Sadler, EL 1988. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn *Agron. J.* 80: 232-242.
- Kemmler, G. 1983. Modern aspects of wheat manuring. (2nd ed.), IPI-Bull. NO.1. IPI, Bern, Switzerland.
- Kerby, T.A. and Adams, F. 1985. Potassium nutrition of cotton. pp. 843-860. In: R.D.Munson(ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Kirkby, EA and Knight, A.H. 1977. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiol.* 60: 349-353.
- Knowles, F. and Watkins, J.E. 1931. The assimilation and translocation of plant nutrients in wheat during growth. *J. Agri. Sci.* 21: 612-637.
- Lanyon, L.E. and Smith, F.W. 1985. Potassium nutrition of alfalfa and other forage legumes: temperate and tropical. pp. 861-893. In: R.D. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Lawton, K. and Cook, R.L. 1954. Potassium in plant nutrition. *Adv. Agron.* 6: 253-303. Leigh, R. A. and Wyn-Jones, R. G. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentration for growth to the distribution and function of this ion in the plant cell. *New Phytol.* 97, 1-13.
- Leigh, RA 1989. Potassium concentrations in whole plants and cells in relation to growth. In: Methods of K-research in plants (21 st colloquium of IPI). IPI, Bern, Switzerland.
- Lindner, R.C. and Benson, N.R. 1954. Plum, prune and apricot. pp. 666-683. In: N. Childers (ed.) Fruit Nutrition. Horticulture Publ., Rutgers Univ., New Brunswick.
- Lingle, J.C. and Lorenz, O.A. 1969. Potassium nutrition of tomatoes. *J. Am. Soco Hort. Sci.* 94: 679-683.
- Maathuis, F. J. M., and Sanders, D. 1994. Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of *Arabidosis thaliana*. *ProC. Natl. Acad. Sci. USA* 91: 9272-9276.
- Marschner, H. 1995. «Mineral Nutrition of Higher Plants,» 2nd Ed., Academic Press, San Diego, New York.
- McClung, A.C. and Lott, W. L. 1956. Mineral nutrient composition of peach leaves as affected by leaf age and position and the presence of a fruit crop. *Proc. Amer. Soco Hort. Sci.* 67:113-120.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1980. Potassium in crop production. *Adv. Agron.* 33: 59-110.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

- Mullins, G. L. and Burmester, C. H. 1990. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation by four cotton varieties. *Agron. J.* 82:729-736.
- Mullins, G. L. and Burmester, C. H. 1991. Phosphorus and potassium uptake by cotton. *Better Crop with Plant Food* 75(3): 12-13. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA.
- Pitman, M.G. 1972. Uptake and transport of ions in barley seedlings 111. Correlation between transport to the shoot and relative growth rate. *Aust. J. Biol. Sci.* 25: 905-919.
- Flaven, P.H.; Evert, R.F. and Curtis, H. 1976. *Biology of plants*. Worth Publishers (New York).
- Roberts, S. and McDole, R.E. 1985. Potassium nutrition of potatoes. pp.799-818. In: RD. Munson (ed.) *Potassium in agriculture*. ASA, Madison, WI.
- Russell, RS. and Clarkson, D.T. 1971. The uptake and distribution of potassium in crop plants. In: *Potassium in biochemistry and physiology*. Proc. IPI Colloquim, Bern. 8: 79-92.
- Sallam, A.; Scott, H.D.; Brewer, D.W. and Sojka, RE. 1985. Characterization of potassium uptake and translocation in soybeans. *Soil Sci. Soc Am. J.* 49: 1226-1231.
- Sayre, J.D. 1948. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.* 23: 267-281. Terman, G.L.; Noggle, J.C. and Hunt, C.M. 1977. Growth rate-nutrient concentration relationships during early growth of corn as affected by applied N, P, and K. *Soil Sci. Soc Am. J.* 41: 363-368.
- Van-Slyke, L.L. 1932. *Fertilizers and crop production*. Orange Judd Publishing Company, New York.
- Welch, L.F. and Flannery, RL. 1985. Potassium nutrition of corn pp. 647-664. In: RD. Munson (ed.) *Potassium in agriculture*. ASA, Madison, WI.

# EL POTASIO y EL STRESS BIÓTICO

**Dr. Adolf Krauss**

Director, International Potash Institute, IPL POB 1609, CH-4001 Base/' Switzerland  
ipi@iprolink.ch; www.ipipotash.org

## RESUMEN

*La nutrición de las plantas cumple un rol fundamental en la relación huésped /patógeno. Esta determina la predisposición al ataque de plagas y/o enfermedades. La nutrición de las plantas afecta el desarrollo, la anatomía y morfología y principalmente la composición química de las plantas y contribuye al incremento o disminución de la resistencia y/o tolerancia a las plagas y enfermedades.*

*Numerosos estudios y experimentos sobre el K y especialmente relacionados al N ocupan una posición importante respecto a la relación nutrición vegetal y stress biótico.*

*Un aporte desbalanceado de nutrientes con excesivo N y/o inadecuado K, resulta en fallas en el metabolismo de la planta, favoreciendo el desarrollo y reproducción de los patógenos. Estas plantas se caracterizan por tener altos contenido de N y azúcares solubles, creando un medio ideal para el desarrollo de patógenos. Además las plantas .alimentadas con un exceso de N son suculentas y jugosas, que exhiben menos resistencia a la penetración de patógenos e insectos masicadores o chupadores. El vuelco debido a un aporte desbalanceado de N también provee condiciones micro climáticas para la rápida multiplicación de la población de patógenos. Colores pálidos y amarillentos de las. hojas, atraen afidos o provocan fisuras y rajaduras derivadas de deficiencias de K y da un fácil acceso a la planta huésped. .*

*Además del N y del K, otros elementos como el Ca, By Mn actúan o intervienen en el control del stress biótico. Por lo expuesto es así mandatorio y recomendable aplicar una fertilización balanceada, considerando todos los nutrientes para incrementar la resistencia de las plantas huéspedes y así limitar la penetración, desarrollo y reproducción de los patógenos invasores. Una fertilización balanceada aumenta también la tolerancia a los patógenos, permitiendo el crecimiento y rendimiento adecuada de la planta huésped a pesar de la infección. Y finalmente la rustificación de las plantas para hacerlas más resistentes y/o tolerantes reducen la necesidad de agroquímicos. Esto aumenta la rentabilidad de la producción de cultivos y cumple al mismo tiempo con la demanda de los consumidores, que buscan productos saludables i.e. alimentos libres o con la menor cantidad posible de contaminación con agroquímicos o derivados.*

## POTASSIUM AND BIOTIC STRESS

*The nutrition of plants plays a significant role in the host/pathogen relationship. It determines the predisposition of plants to attacks by, or effect of pests and diseases. By affecting the growth pattern, the anatomy and morphology and particularly the chemical composition, the nutrition of plants may contribute either to increase or decrease the resistance and/or tolerance to pests and diseases.*

*Numerous field trials and experiments show that potassium, especially in relation to nitrogen, occupies a prominent position in the relationship between plant nutrition and biotic stress. Unbalanced nutrient supply with excessive N and/or inadequate K changes the metabolism of host plants into a configuration, which favours the development and reproduction of pathogens. These plants are characterized by higher contents of soluble N and soluble sugar, which form an ideal feeding basis for pathogens. In addition, plants fed with excessive N are soft and juicy, which exhibits less resistance to penetrating pathogens and sucking/chewing pests. Lodging due to unbalanced N oriented nutrition also provides microclimatic conditions for rapid multiplication of pathogen populations. Pale and yellowish leaf colour, and fissures and cracks at K deficiency attracts aphids and gives easy access into the host plant, respectively.*

*Apart from N and K, other nutrients such as Ca, boron or manganese are known to be also involved in the control of biotic stress. It is therefore mandatory to apply balanced fertilization, considering all nutrients to increase the resistance of host plants and thus, to limit the penetration, development and reproduction of invading pathogens. Balanced fertilization also improves the tolerance, which allows sufficient growth and yield formation of host plants in spite of an infection. And thirdly, strengthening plants to be more resistant and/or tolerant reduces the need for agrochemicals. This improves the profitability of crop production and complies at the same time with the demand of consumers, who look for 'healthy' plant products, i.e. food with no or lowest as possible contamination with agrochemicals or their derivatives.*

## Introducción

La población mundial aumenta alrededor de 80 millones por año y alcanzará la marca de los 8 mil millones en los próximos 20 años. La mayor parte del crecimiento de la población ocurrirá en los países en vías de desarrollo en donde, para el año 2020, la población aumentará otros 1,5 mil millones de habitantes adicionales para alcanzar 6,3 mil millones en 2020 y llegar a 8 mil millones de aquí a cincuenta años. Se espera que la tasa de crecimiento más alta ocurra en el África sub-Sahariana, seguida por África Noroccidental (WANA), Sur de Asia y América latina y el Caribe (LAC, Figura 1).

Figura 1. Tasa de crecimiento poblacional relativa, 1995-2020 (Pinstrup-Andersen, et al, 1997)

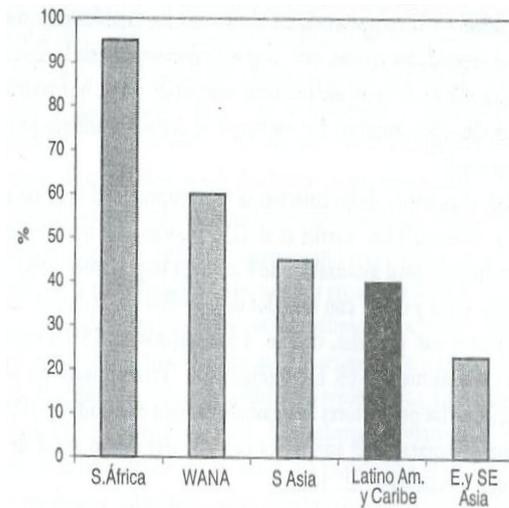
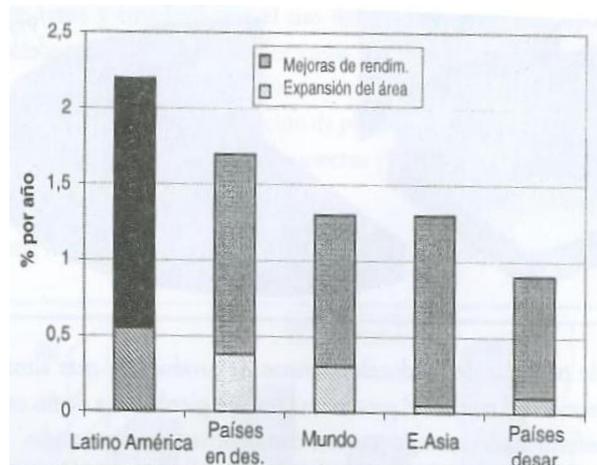


Figura 2. Fuentes de crecimiento en la producción de cereales, 1995-2020. (Pinstrup-Andersen et al, 1999)



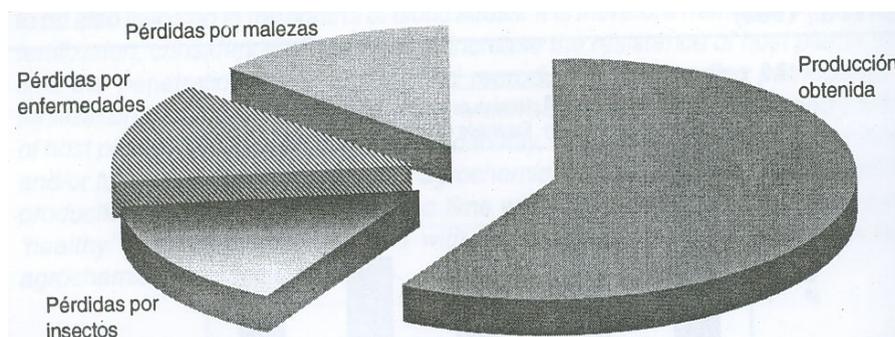
Al haber más población la demanda de alimentos aumenta. Rosegrant et al. (1995) calculaban que la demanda global para los cereales aumentará en el 2020 casi 1 mil millones de t a 2,7 mil millones t, y la de carne cerca de un 75%, llegando a 283 millones de toneladas. Tomando en cuenta las pérdidas por el almacenaje y las conversiones apropiadas, la agricultura del mundo debería producir antes de 2020 cerca de 3,4 mil millones de t de cereales. Además, con el incremento del ingreso, los consumidores exigen mas cantidad de proteínas animales, vegetales y frutas. La calidad se convierte en un parámetro importante en la selección del alimento. Y fundamentalmente, los consumidores cuidarán mas que antes si los alimentos son sanos y seguros, y así, también que estén libres de patógenos, de residuos de

pesticidas. La mayor producción vegetal requerida tiene que venir del aumento de la producción, porque las reservas de tierra arable para cultivo, se convierten progresivamente en un bien escaso debido a la competencia en el uso con los establecimientos urbanos, la industrialización, las necesidades cívicas, etc. Según lo demostrado en la figura 2, América latina, en comparación al Este Asiático, todavía tiene reservas de tierra, que podrían contribuir al aumento de la producción cerealera. Sin embargo, el aumento debería provenir de una mayor producción unitaria.

Sin embargo, el aumento de las cosechas se ve comprometido por las pérdidas causadas por parásitos y enfermedades. Oerke et al. (1995) estimaban que, durante 1988-90, considerando la producción total alcanzable de 8 cultivos importantes (trigo, maíz, arroz, cebada, soja, algodón, papas y café), con un valor de U\$S 580 mil millones, cerca del 42 % o U\$S 240 mil millones son pérdidas, debido a los insectos (el 15%), seguidos por los

patógenos (el 13%) ya las malezas (el 13%) (Figura 3). Para proteger las plantas contra parásitos y enfermedades, los productores han gastado en todo el mundo en 1998 un total de U\$S 34 mil millones y gastarán más aún a una tasa de crecimiento anual de 4,4 % en el consumo de pesticidas (Yudelman et al., 1998).

Figura 3. Pérdidas por parásitos, enfermedades y malezas sobre la producción total alcanzable



Además de pérdidas de producción, costos de producción más altos debido a los costos para la protección del cultivo, el productor también pierde renta de sus cultivos atacados por parásitos y enfermedades, porque no son competitivos en el mercado. Para controlar parásitos y enfermedades, el productor tiene varias opciones, que se pueden combinar en una estrategia de control integrado:

- A) Control Genético: es decir la selección de especies, que sean menos susceptibles o aún resistentes a parásitos y enfermedades
- B) Control biológico: Este factor se refiere a la utilización de los depredadores
- C) Control químico: a través de los fungicidas y de los pesticidas
- D) Prácticas culturales: para crear condiciones óptimas del crecimiento de las especies cultivadas y/o suprimir condiciones, que sean favorables para la multiplicación de parásitos y enfermedades
- E) Nutrición de la planta.

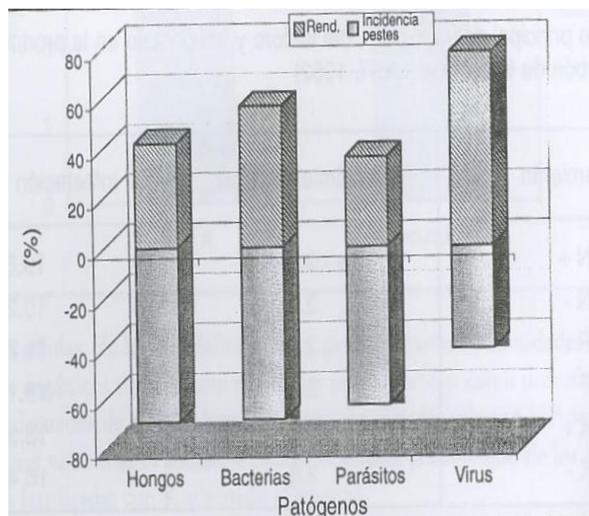
## La importancia de la nutrición en la relación huésped I patógeno

Graham y Webb (1991) describen la resistencia en la relación anfitrión-patógeno como la capacidad de las plantas de limitar la penetración, el desarrollo y/o la reproducción de patógenos invasores. La tolerancia de la planta huésped se mide en términos de la capacidad de mantener el crecimiento y la producción esperada a pesar de la infección o de la invasión del patógeno. Aunque ambos factores son controlados genéticamente, el ambiente y la nutrición de la planta huésped puede modificar hasta cierto punto su expresión, especialmente en genotipos / variedades moderadamente susceptibles o resistentes.

La nutrición tiene un impacto sustancial en la predisposición de las plantas ante el ataque por parásitos y enfermedades. Afectando la estructura de crecimiento, la anatomía y la morfología y particularmente su composición química, la nutrición de las plantas puede contribuir a un aumento o a una disminución de la resistencia y/o a una tolerancia a parásitos y enfermedades. Numerosas revisiones han discutido sobre el tema (e.g. Krauss, 1969; Graham, 1983; Perrenoud, 1990; Marschner, 1995). Sin embargo, a diferencia de la nutrición humana donde el efecto de la nutrición en la «salud» ha ganado una importancia considerable, la puesta en práctica de una «saludable» nutrición para mejorar la resistencia y no disminuir el potencial aún está muy atrasada en relación a su potencial.

La relación entre el nitrógeno y el potasio desempeña obviamente un papel particular en la relación de huésped/patógeno. Perrenoud (1990) repasó casi 2450 referencias de la literatura en este tema y concluyó que el uso del potasio (K) disminuyó la incidencia de enfermedades de hongos en el 70% de los casos. La disminución correspondiente a otros parásitos como bacterias fue del 69%, insectos y ácaros el 63% y virus el 41%. Simultáneamente, el K aumentó la producción de plantas infestadas con enfermedades fúngicas en el 42%, con bacterias en el 57%, con insectos y ácaros el 36 %, y con virus el 78% (Figura 4).

Figura 4. Efectos del potasio en el incremento del rendimiento y en la incidencia de las pestes.



El efecto del K en las relaciones huésped /patógeno específicas del cultivo del arroz en Asia fue resumido recientemente por Herdter (1997). Por ejemplo, la podredumbre del tallo (Stem rot) (*Helminthosporium sigmoideum*), generalmente ocurre en condiciones de un suministro elevado de nitrógeno (N) en suelos pobres en K; mejorando el suministro de K, la incidencia disminuye y aumenta el rendimiento. Una relación similar pero inversa, entre la incidencia de la enfermedad y la nutrición de la planta con K fue encontrada en otras enfermedades del arroz, como la mancha marrón de la hoja (*Helminthosporium oryzae*), *Piricularia* (*Piricularia oryzae*) o tizón del cariopse (sheath blight of rice) (*Thanatephorus cucumeris*). El efecto curativo al aplicar K también fue observado para enfermedades bacterianas del arroz como, (leaf blight) (*Xanthomonas oryzae*), aunque las variedades altamente susceptibles apenas respondieron al K en contraste con las variedades con un grado moderado de resistencia. Diferencias varietales comparables en la respuesta al K también existen para los efectos de los insectos. El número de insectos (*Sogatella furcifera*), pudo reducirse substancialmente con K en la variedad resistente de arroz IR 2035 pero el K casi no tuvo ningún efecto con la variedad susceptible TN 1.

En publicaciones más recientes, Mondal et al. (2001) se encontró una correlación negativa entre el contenido de K en soja y sésamo con la incidencia de enfermedades; y una correlación positiva con el rendimiento respectivo. Sweeney et al. (2000) reportó que la fertilización con K redujo la severidad de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y mejoraron la producción aumentando el peso del grano, aunque parte del impacto positivo podría también atribuirse al efecto del cloruro (KCl) aplicado como fertilizante.

Las observaciones de LAST (1962), demostraron que el N aumentó el nivel de infección de carbón (powdery mildew) de la cebada así como la producción de grano del cultivo infestado, es un buen ejemplo de cambios en la tolerancia. Con N, el crecimiento de la planta es más vigoroso y suministra más asimilatos; los que disminuyen el efecto competitivo del patógeno (Tabla 1). En el mismo experimento, el fósforo (P) y el potasio (K) aumentan la resistencia de la cebada causando una reducción del nivel de infección y aumento de la producción.

Tabla 1. Efecto principal del nitrógeno, del fósforo y del potasio en la producción e incidencia del carbón de la cebada (LAST, 1962)

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Infestación (%)
N+	3.4	19.5
N -	2.3	10.2
p+	3.3	11.7
p-	2.4	18.1
K+	3.0	13.3
K-	2.8	16.4

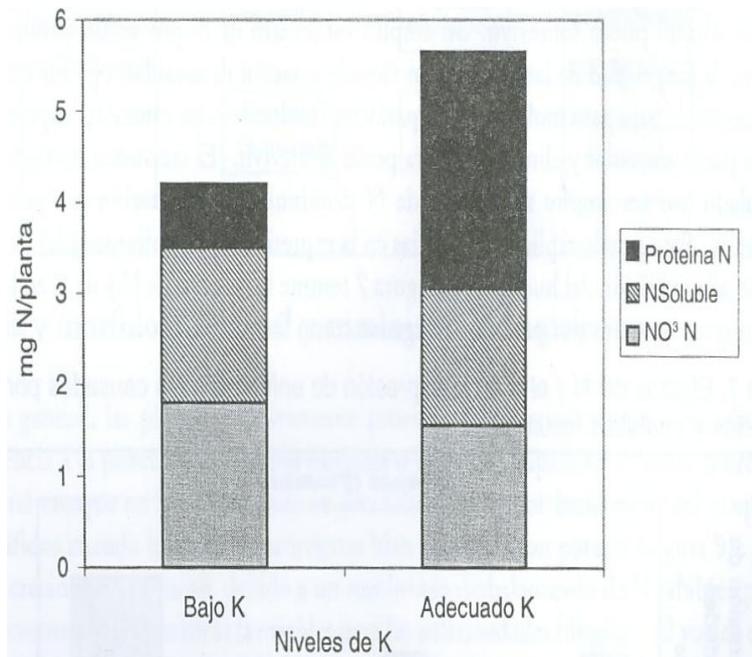
## ¿Cómo explicar los efectos alimenticios sobre la relación huésped/patógeno?

En principio, hay tres mecanismos principales implicados en la relación huésped / patógeno, a saber el metabolismo del huésped y su composición química, la anatomía del huésped y su morfología y la coincidencia en los ciclos vitales del huésped y el patógeno.

### Efecto del N Y K en el metabolismo de las plantas

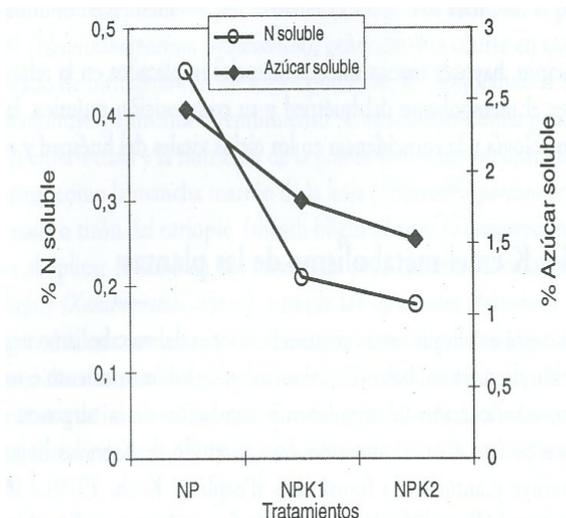
El potasio está implicado en numerosas funciones del metabolismo vegetal por ejemplo: en la activación de enzimas, balance catiónico/aniónico, movimiento estomático, transporte del floema, translocación de asimilatos, y regulación de la turgencia para nombrar solamente algunos pocos. Con el aumento del contenido de K en las hojas la resistencia estomática disminuye y aumenta la fotosíntesis (Peoples y Koch, 1979). En tabaco con plantas bien provistas de K, en un plazo de 5 horas, fueron incorporados a las proteínas un 32 % del N total, mientras que en plantas deficientes solamente el 11 % (Koch y Mengel, 1974) (figura 5).

Figura 5. Utilización del N en tabaco bajo efectos de distintos niveles de K (Koch y Mengel, 1974)



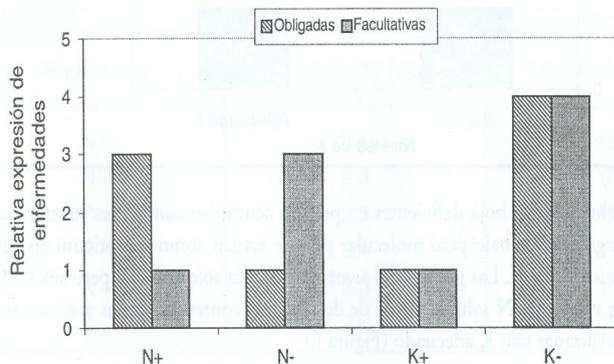
Las células de la hoja deficientes en potasio acumulan cantidades substanciales de compuestos orgánicos de bajo peso molecular porque actúan como osmoticum en ausencia de niveles adecuados de K. Las glumas del arroz, fertilizadas solo con NP pero sin K almacenaron casi tres veces más N soluble y más de dos veces el contenido de los azúcares solubles que plantas fertilizadas con K adecuado (Figura 6).

Figura 6. Composición de hojas de arroz bajo efectos de K (Niguchi y Sugawara, 1966)



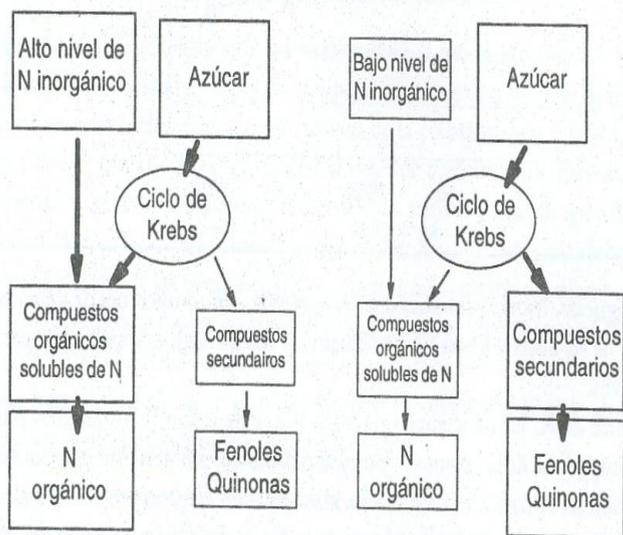
La concentración de asimilatos solubles en las células vegetales es un factor importante para el desarrollo de patógenos invasores, especialmente para parásitos obligados como el moho o las royas. Este grupo de patógenos requiere de células vivas de la planta para completar su ciclo vital. Así la célula huésped debe sobrevivir a la invasión del parásito para que este último pueda sobrevivir. Un amplio suministro de N provee un ambiente tal que aumenta la longevidad de las células, con elevada rotación de asimilatos y alto contenido de compuestos de bajo peso molecular. Los parásitos facultativos, en contraste, requieren plantas débiles para infectarlas y eliminarlas para poder sobrevivir. El crecimiento vegetal vigoroso estimulado por un amplio suministro de N disminuiría la infestación por este grupo de patógenos. Esto puede explicar diferencias en la expresión de las enfermedades de plantas en relación a la nutrición del huésped. La figura 7 resume los efectos de N y de K en la severidad de la infestación tanto por parásitos obligados como facultativos.

Figura 7. Efectos del N y el K en la expresión de enfermedades causadas por parásitos obligados y parásitos facultativos.



Los compuestos fenólicos desempeñan un papel importante en la relación de huésped / patógeno, yes la base para muchos mecanismos de defensa. Actúan como fitoalexinas o como precursores de lignina y suberina, que actúan como barreras mecánicas. Como se muestra esquemáticamente en la Figura 8, con un amplio desequilibrio a favor del N, hay una alta demanda de carbono (C) de la fotosíntesis del ciclo de Krebs para formar compuestos orgánicos solubles de N, dejando poco C disponible para la síntesis de compuestos secundarios; tales como fenoles y quinonas. Sin embargo, bajo condiciones limitantes de N, mucho más carbono está disponible durante el ciclo de Krebs para la síntesis de compuestos fenólicos.

Figura 8: Síntesis de los repelentes de patógenos vegetales afectados por el nivel de suministro nitrógeno (Graham diagrama esquemático, 1983).



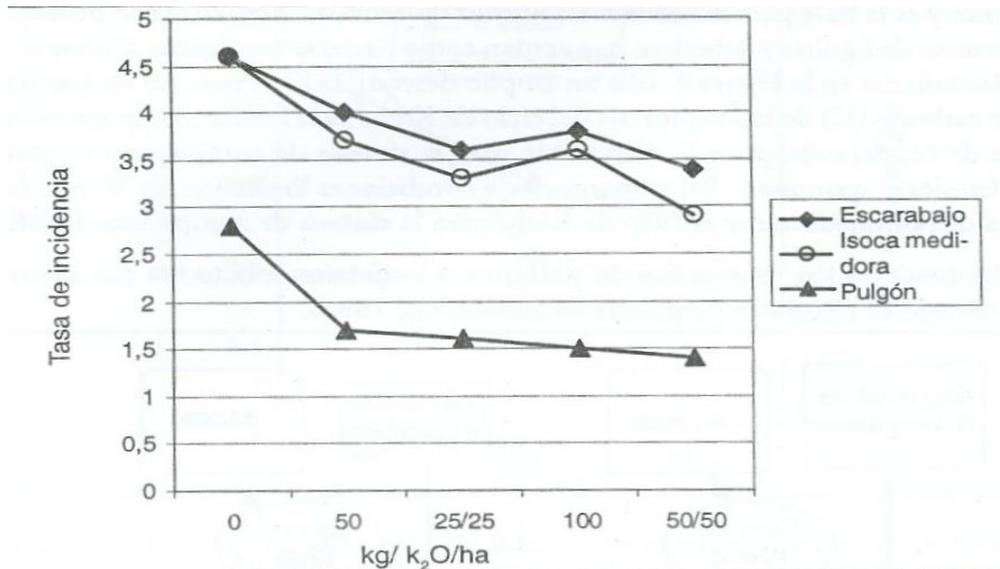
## Anatomía y morfología vegetal y suministro de nutrientes

En general, las plantas excesivamente provistas con N tienen tejidos blandos con poca resistencia a la penetración de hifas fúngicas o insectos chupadores o masticadores. El IPI patrocinó ensayos en la India donde se demostró una menor incidencia del ataque de insectos y áfidos cuando los cultivos estuvieron bien provistos con potasio (Figura 9).

El crecimiento excesivo debido a un suministro desbalanceado de N también puede crear condiciones microclimáticas favorables para las enfermedades fúngicas. El vuelco de los cereales comúnmente observados debido a un exceso de nitrógeno con inadecuada cantidad de potasio es un buen ejemplo, la humedad permanece por más tiempo en los cultivos volcados, ofreciendo condiciones favorables para la germinación de las esporas de los hongos.

Un suministro insuficiente de K también causa colores pálidos a las hojas, que son particularmente atractivas a los áfidos, que no sólo compiten por los asimilatos sino que transmiten virus al mismo tiempo. El marchitamiento, observado comúnmente bajo deficiencia de K, es otra atracción para los insectos.

Figura 9. Incidencia de las pestes en soja bajo efectos de niveles de potasio.



Las grietas, fisuras y lesiones que se desarrollan en condiciones de deficiencia de K en la superficie de las hojas y frutas proporcionan un acceso fácil, especialmente para los parásitos facultativos.

Aparte de K, las deficiencias de boro (B), y de calcio (Ca) también pueden causar daños en la superficie de las plantas. Un ejemplo clásico es la relación entre la deficiencia de B y la infección secundaria de la remolacha azucarera con (*Peronospora schachtii*), causando la ‘putrefacción hueca de la raíz (hollow heart rot). Sin las condiciones previas de deficiencia de Ca, los hongos no podrían infestar una raíz de remolacha sana.

El calcio, es imprescindible para la integridad y estabilidad de las paredes celulares. Con Ca insuficiente, las paredes de las células pierden compuestos orgánicos de bajo peso molecular y son usados como alimentos por los parásitos. El calcio también inhibe fuertemente la actividad de las enzimas pectolíticas liberadas por los hongos para disolver la mínima media de la pared celular. La actividad de la poligalacturonasa y de la pectato transeliminasa disminuyen substancialmente con el aumento del contenido de Ca en porotos, dando por resultado una mayor resistencia a la podredumbre blanda, (*Erwinia carotovora*) (Platero y Tejerina, 1976). La menor infestación de la lechuga con el moho gris, *Botrytis cinerea*, bajo contenidos más altos de Ca (Krauss, 1971) o la incidencia decreciente del decaimiento del manzano causada por (*Gloesporium perennans*) con el aumento del contenido de Ca, puede relacionarse también con el control de enzimas pectolíticas por el Ca.

Los micronutrientes también interactúan con los parásitos y enfermedades. El efecto fungicida del manganeso (Mn), del cobre (Cu) y del zinc (Zn) como componentes del fungicidas son bien conocidos. Pero el Mn en particular también tiene una importante función en la síntesis de la lignina y los fenoles y por lo tanto, en el control de patógenos. Graham y Webb (1991) describen el papel del Mn en la resistencia a enfermedades, debidas a:

- Lignificación: Ésta es obviamente la base de la resistencia al carbón (moho pulverulento) El manganeso y el Cu están implicados en activar el camino metabólico para sintetizar los precursores de la lignina.
- Fenoles solubles: Éstas son sustancias fitotóxicas importantes y su síntesis es estimulada por Mn.
- Aminopeptidasa y pectina metilesterasa: Ambas son enzimas importantes en la relación de huésped/patógeno. El primero es activado por los patógenos y degrada la proteína para proveer aminoácidos al parásito; y el segundo es una coenzima fúngica que degrada las paredes de la célula huésped. La actividad de ambas enzimas es inhibida por el Mn.
- Fotosíntesis: La deficiencia aguda de micronutrientes como el Mn inhiben la fotosíntesis debilitando la competitividad de la planta huésped. Se asume que, después de una aplicación de micronutrientes al suelo, el estado nutricional de la planta mejora y la mayor actividad metabólica permite que la planta tolere infestaciones de parásitos y de enfermedades.

Se piensa que el silicio aumenta la resistencia del arroz al ataque fúngico de (*Piricularia oryzae*), y mancha marrón, (*Coch/iobolus miyabeanus*), formando una clase de barrera física a la penetración de las hifas de los hongos. Un mecanismo similar podría contribuir a la resistencia de las plantas a insectos tales como larvas taladrado res del tallo (Ukwungwu y Odebisi, 1985). Los factores que bajan el pH del suelo, conducen a una mayor absorción y como consecuencia un contenido mas alto del silicio en plantas. Un efecto positivo del K en la absorción del Si por arroz fue reportado por Noguchi y Sugawara (1966).

## **Coincidencia de los ciclos vitales del huésped y patógeno**

Los insectos eligen activamente a las mejores plantas, las mas adecuadas como fuente de alimento, entre otros factores por su aspecto, etapa del desarrollo y composición de la planta. Una condición previa para la infestación exitosa es la coincidencia de ciertas etapas de desarrollo del huésped y del patógeno. El uso de fertilizantes puede afectar esta coincidencia acelerando o retrasando el desarrollo de la planta huésped en relación con el patógeno. Un buen ejemplo es el efecto del Cu en la Resistencia de la Planta Adulta (APR). Cada hoja sucesiva es más resistente que la anterior. La deficiencia de Cu retrasó el desarrollo del trigo y las plantas no pudieron establecer un nivel apropiado de APR, de modo que el indice de enfermedad de infección con carbon era alto y siguió alto y constante por varias semanas. El control del cáncer del tallo (*Diaporthe phaseolorum*) en soja por el uso de potasio también se relaciona con un mecanismo de escape, ya que el hongo puede atacar la soja solo en una etapa fenologica particular. La precocidad debido a la fertilización balanceada proporciona la posibilidad al escape (Iro et al., 2001).

## Conclusiones

La infestación de los cultivos por parásitos y enfermedades es una pesada carga para el productor: (i) disminuye los rendimientos y así, su renta, (ii) aumenta los costos de producción debido a las compras de agroquímicos para proteger los cultivos, y (iii) las plantas infestadas tienen un menor valor de mercado. El daño económico es demasiado alto para no ser tenido en cuenta. El productor no debe desconocer que el consumidor de su producto pide progresivamente que el alimento sea «sano» y «seguro», libre de enfermedades y patógenos y sin residuos de agroquímicos. El consumidor prefiere comprar alimentos producidos «naturalmente».

La fertilización equilibrada cumple y satisface esta demanda. Las plantas, a las que se les proveen de todos los nutrientes necesarios de manera equilibrada, son, según lo demostrado, más resistente a los parásitos y a las enfermedades. Esto disminuye la necesidad de medidas de control específicas de los parásitos y enfermedades, reduciendo el riesgo de residuos indeseados de pesticidas. Al adoptar una fertilización equilibrada, el productor puede producir alimentos de una manera «natural» y al mismo tiempo ser más competitivos en el mercado.

Desafortunadamente, la fertilización balanceada no es todavía una práctica común. La nutrición desequilibrada está ampliamente difundida. Los países en desarrollo aplican fertilizantes nitrogenados y potásicos en relación 1:0,2, la situación en países desarrollados son levemente mejores con una relación NK de 1 :0,4. La Argentina no es ninguna excepción, el N y K se utilizan en un cociente de 1:0.06, o 16 veces más N que K. Si se compara con la relación en la cual los cultivos absorben los nutrientes, a saber los cereales 1: 1, los cultivos de tubérculos y hortalizas absorben aún más potasio que nitrógeno. Es preciso reconsiderar la práctica de la fertilización en Argentina, hacia una manera más balanceada que sea ventajosa para el productor y el consumidor. Con producciones más altas y mejores cultivos, el productor tendrá una mayor rentabilidad, contribuyendo al desarrollo del rural. Ya su vez el consumidor podrá confiar que el producto argentino será sano y seguro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Graham, R.D. (1983): Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Adv. Botanical Research* 10: 221-276.
- Graham, R.D. and Webb, M.J. (1991): Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed., SSSA Book Series, No. 4, pp. 329-370.
- Hardter, R. (1997): Crop nutrition and plant health of rice based cropping systems in Asia. *Agro-Chemicals News in Brief*, Vol. 20, No. 4, pp. 29-39.
- Ito, M.F., Mascayrenhas, H.A.A., Tanaka, R.T., Martins, A.L.M., Otsuk, I.P., Carmello, A.A.C. and Muraoka, T. (2001): Control of stem canker in soybeans by liming and potassium fertilizer. *Rev. de Agricultura, Piracicaba*, V. 76, fase. 2, pp. 307-316.

- Koch, K. and Mengel, K. (1974): The influence of the level of potassium supply to young tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) on short-term uptake and utilisation of nitrate nitrogen. *J. Sci. Food Agric.* 25: 465-471.
- Krauss, A. (1969): Einfluss der Ernährung der Pflanzen mit Mineralstoffen auf den Befall mit parasitären Krankheiten und Schädlingen. *Z. Pflanzenernähr., Bodenkd.* 124: 129-147.
- Krauss, A. (1971): Einfluss der Ernährung des Salats mit Massennährstoffen auf den Befall mit *Botrytis cinerea* Pers. *Z. Pflanzenernähr., Bodenkd.* 128: 12-23. Last, F.T. (1962): quoted by Graham (1983). Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed., Academic Press, pp. 436-460.
- Mondal, S.S., Pramanik, C.K. and Das, J. (2001): Effect of nitrogen and potassium on oil yield, nutrient uptake and soil fertility in soybean (*Glycine max*) - sesame (*Sesamum indicum*) intercropping system. *Indian J. Agric. Sci.* 71: 44-46.
- Noguchi, Y. and Sugawara, T. (1966): Potassium and japonica rice. International Potash Institute, Basel, Switzerland, 102 p.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schohnbeck, F. and Weber, A. (1995): Crop production and crop protection: Estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam, Elsevier (quoted in IFPRI Discussion paper 25, 1998).
- Peoples, T.A. and Koch, D.W. (1979): Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa* L. *Plant Physiol.* 63: 878-881.
- Perrenoud, S. (1990): Potassium and plant health. IPI Research Topics No. 3, 2nd rev. edition. Basel/Switzerland.
- Pinstrup-Andersen, P., Pandya-Lorch, A. and Rosegrant, M.W. (1997): The world food situation: Recent developments, emerging issues, and long term prospects. International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA
- Pinstrup-Andersen, P., Pandya-Lorch, A. and Rosegrant, M.W., 1999: World food prospects: critical issues for the early twenty-first century. International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA
- Platero, M. and Tejerina, G. (1976): Calcium nutrition in *Phaseolus vulgaris* in relation to its resistance to *Erwinia carotovora*. *Phytopath. Z.* 85: 314-319.
- Rosegrant, M.W., Agcaoili-Sombilla, M. and Perez, N.O. (1995): Global food projections to 2020: Implications for investment. Food, agriculture, and the environment, Discussion paper 5, International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA.
- Sweeney, D.W., Granade, G.V., Eversmeyer, M.G. and Whitney, D.A. (2000): Phosphorus, potassium, chloride, and fungicide effects on wheat yield and leaf rust severity. *J. Plant Nutr.* 23:9, 1267-1281.
- Ukwungwu, M.N. and Odebiyi, J.A. (1985): Incidence of *Chitochaeonius Bleszynski* on some rice varieties in relation to plant characters. *Insect Sci. Appl.* 6: 653-656.
- Yudelman, M., Ratta, A. and Nygaard, D. (1998): Pest management and food production. In: Food, agriculture and the environment. Discussion paper 25, International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA.

# EL POTASIO EN LA NUTRICIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS

Oswaldo Cortamira, Ing.Agr.PhD -EEA INTA Pergamino, Argentina.  
ocortamira@pergamino.inta.gov.ar .

## RESUMEN

*La vida comenzó en el mar arcaico, donde las relaciones electrolíticas de los sistemas de vida eran fijos. Las células han seguido siendo acuáticas y el ambiente externo se convirtió en su ambiente interno. Para sobrevivir, los sistemas vivos tuvieron que mantener niveles electrolíticos externos e internos dentro de estrechos límites. La separación notable del sodio - el cloruro y el potasio en diversos compartimientos de la célula es uno de los milagros de la vida. El potasio es un elemento inorgánico esencial, pero asociado a los niveles de sodio y de cloruro. La célula necesita de un balance electrolítico, porque cumple un papel importante en la nutrición celular. Además, el potasio comúnmente no se encuentra en la célula o el cuerpo así que requiere de una fuente diaria de alimento. Los requerimientos están muy cerca de los niveles de mantenimiento y no hay grandes diferencias entre las especies o el estado fisiológico. Aunque, cualquier exceso o deficiencia podría conducir rápidamente a la muerte celular.*

## POTASSIUM IN ANIMAL NUTRITION

*The life began in archaic sea, where electrolytes relations to life systems were fixed. The cells have remained aquatic and external environment became their internal environment. To survive, living systems had to maintain external and internal electrolytes levels within narrow limits. The remarkable separation of sodium - chloride and potassium in different cell compartments is one of the miracles of life. Potassium is an essential inorganic element, but it link with sodium and chloride levels. Cell needs electrolyte balance because it has important role of cell nutrition. Furthermore, there are not stock in the cell or body so it require daily supply with cell food. The requirements are very close to maintain levels and there are not big differences between species or physiological state. Although, any excess or deficiency could rapidly lead dead cell.*

## Evolución

«La vida comenzó en un Mar Antiguo y los electrolitos presentes en ese mar fijaron las condiciones para el desarrollo de los sistemas vivientes» Lepkovsky (1964). Cuando esos sistemas vivientes dejaron el mar debieron soportar los ambientes externos, pero las condiciones de vida fijadas en el mar no cambiaron. Para sobrevivir esos sistemas debieron mantener los niveles de electrolitos en límites muy estrechos. Las células vivientes superiores tuvieron

que mantener sus medios acuáticos. Para ello, las antiguas condiciones externas se volvieron internas, es decir que las células requirieron un ambiente interno especial conocido como fluido extracelular que permite mantener el equilibrio electrolítico. Este equilibrio es una perfecta separación y compartimentación de iones, y es uno de los milagros de la vida. Para mantener la vida en los reinos vegetal y animal se requieren grandes aportes de aniones y cationes como elementos nutritivos.

## Adaptación y equilibrio

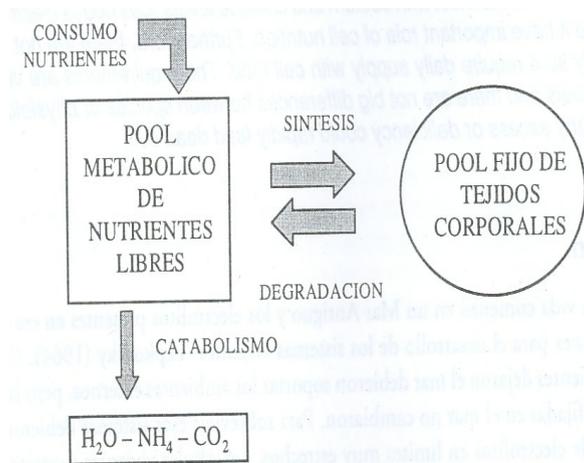
Los sistemas vivientes se formaron a partir de unidades biológicas con capacidad de reproducirse llamadas células. Estas se adaptaron al medio ambiente gracias a una cobertura externa constituida por una membrana lipoproteica que permite la nutrición y la renovación de los elementos que forman las células. Es el proceso continuo de renovación celular el responsable de la capacidad de adaptación al medio ambiente y del equilibrio necesario para el desarrollo y la continuidad de la vida.

## Nutrición y renovación

Todo organismo viviente requiere de elementos nutritivos tales como Agua, Hidratos de Carbono, Lípidos, Proteínas y Minerales. Estos elementos son metabolizados por reacciones químicas endotérmicas o exotérmicas de síntesis, degradación y oxidación que regulan la renovación celular.

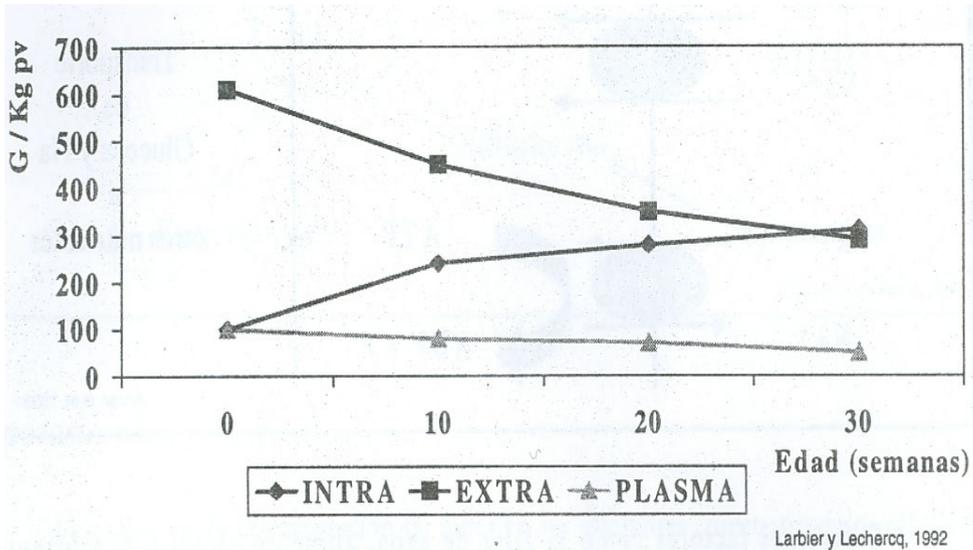
Estos fenómenos biológicos se pueden explicar a través de un modelo simple de compartimentación de elementos nutritivos (Waterlow). El pasaje de elementos de un compartimiento a otro se realiza a través de membranas lipoproteicas por difusión o transporte activo (Figura 1).

Figura 1. Modelo de Waterlow (Garlick, 1990)



El medio acuoso es vital y su balance permite la llegada de nutrientes y la eliminación de residuos tóxicos. En la Figura 2 se observa la evolución del balance hídrico durante la vida de un pollo, delimitando perfectamente los compartimientos mencionados.

Figura 2. Evolución del contenido de agua en un pollo parrillero.



Los compartimientos intracelular y extracelular presentan diferente concentración de solmos que determinan la presión osmótica que define la estabilidad de la estructura celular (Figura 3).

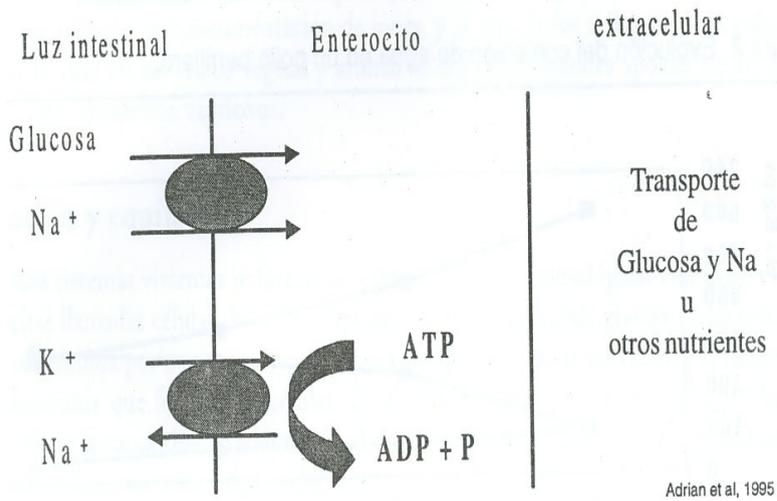
Figura 3. Compartimientos celulares. Concentración de iones - mEq/litro.

Iones	Plasma	Extracelular	Intracelular
Cloro.	113	117	-
Bicarbonato -	27	27	10
Proteínas.	16	2	74
Fostatos.	2	2	113
Sodio +	142	143	14
Potasio +	5	4	157
Magnesio +	3	3	26
Calcio +	5	5	-

Adrian et al, 1995

El pasaje de un elemento nutritivo a través de una membrana requiere un vehículo que permita vencer gradientes de concentración de solmos. Estos vehículos son estructuras denominadas Bombas de Electrolitos y necesitan la provisión constante de cationes, aniones y de energía {reacciones endotérmicas} ya que representan el consumo de energético más importante de cualquier organismo viviente (Figura 4).

Figura 4. Modelo de Crane. Bombas de Na y K.



Diferentes factores como la falta de agua, alimento salados, hemorragias o hiperventilación pulmonar pueden ocasionar una demanda aguda de agua. Esta demanda esta regulada por funciones dependientes del Sistema Nervioso Central como la sensación de sed y la reabsorción de agua en el riñón (Figura 5).

Estos cambios bruscos en el contenido de agua provocan un desequilibrio de los principales electrolitos. En la Figura 6 se observa un esquema que permite explicar la respues-ta del organismo frente un déficit o exceso de Na o K. En este retro-control interviene la Hipófisis que segrega Adrenoconicotrofina (ACTH) que estimula la secreción de Aldosterona por las glándulas suprarrenales provocando la excreción de K y la retención de Na en el riñón.

Figura 5. Balance hídrico

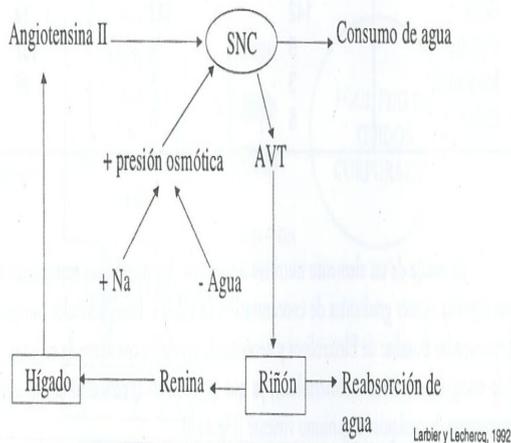
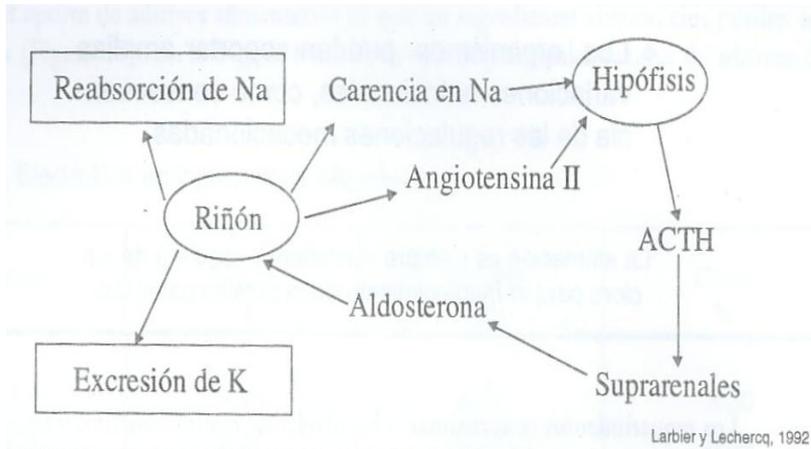


Figura 6. Equilibrio Na y K



### El potasio como nutriente

El análisis de la concentración de iones en los diferentes compartimentos celulares revela que a nivel extracelular el sodio y el cloro son los electrolitos con mayor concentración, pero en el ámbito intracelular es el potasio el mineral más importante (Figura 7).

Figura 7. El potasio como nutriente.

- Principal catión a nivel intracelular
- Función:
  - Retención de agua
  - Regulación de la presión osmótica
  - Transporte de nutrientes
- Requerimientos
  - Hombre = 4 g por día
  - Pollo = 0,3 % kg de alimento
  - Cerdo = 0,17 a 0,3 % kg de alimento
  - Vaca lechera =  $\pm$  30 g por día

Para las reacciones químicas de renovación celular es necesario que haya un equilibrio entre los iones Sodio- Potasio y Cloro. Cuando se hace referencia a los requerimientos nutritivos de estos minerales hay que tener presente que no se acumulan en las células y requieren de un aporte diario con el alimento. No existen grandes diferencias entre las especies ni en diferentes estados fisiológicos en cuanto a los requerimientos iónicos dado que están muy próximos a los niveles de mantenimiento. Por el contrario, cualquier carencia o exceso conduce a una alteración muy importante en la célula que puede provocar la muerte (Figura 8).

Figura 8. Equilibrio iónico +Na- +K- Cl

❖ Los organismos pueden soportar amplias variaciones nutricionales, como consecuencia de las regulaciones mecacionadas.

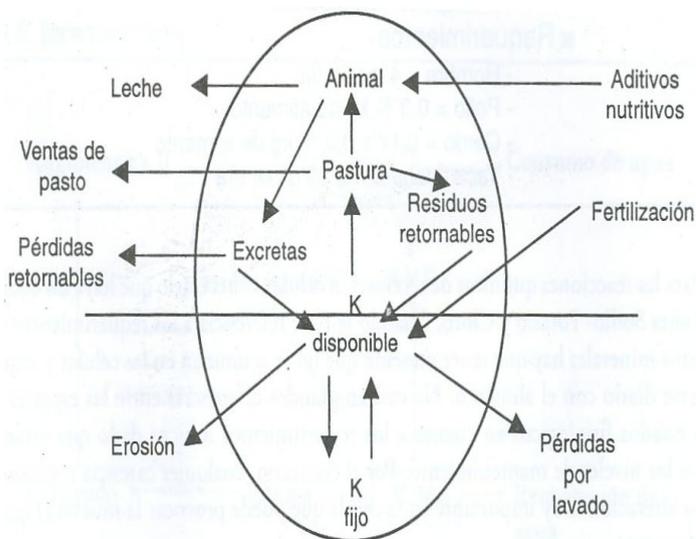
La afirmación es siempre verdadera y requiere de ión cloro para el mantenimiento de la presión osmótica.

Los requerimientos se aproximan a los niveles de mantenimiento, y no existen diferencias entre especies o estados fisiológicos. Existen casos de animales en crecimiento que responden al potasio y reducen los efectos de un desequilibrio de aminoácidos (Lisina-Arginina), Murakami et al, 2000.

La ausencia de reservas corporales exige el aporte diario y cualquier carencia o exceso provoca una disminución del apetito. Mongin y Sauveur (1973) en dietas de pollos evidenciaron una relación óptima para Sodio, Potasio y Cloro entre 230 a 300 mEq / kg de alimento. Es clásico afirmar que la alimentación de animales con vegetales es deficiente en sodio y abundante en potasio. Una fertilización de sodio y en menor intensidad una de potasio aumenta el tiempo de pastoreo y reduce el rechazo de pasto. Phillips et al, 1999. El consumo de potasio en un rebrote tierno puede desencadenar una hipo-magnesemia tetánica, Schonewille et al, 20.

En la figura 9, se observa el ciclo del K en una producción lechera.

Figura 9. Ciclo del potasio en un modelo lechero



La alimentación intensiva de animales domésticos requiere el aporte extra de electrolitos a través del aporte de aditivos alimentarios ya que los ingredientes alimenticios pueden ser deficitarios (Figura 10). En la Figura 11 se observan las principales fuentes de aditivos de potasio.

Figura 10. Electrolitos en ingredientes naturales.

Ingrediente	Sodio %	Potasio %	Cloro %
Alfalfa 17 %	0.09	0.047	2.30
Maíz grano	0.02	0.05	0.33
Pescado	0.040	0.55	0.70
Carne	0.63	0.69	0.65
Soja 44 %	0.01	0.05	1.96
Girasol 28 %	0.02	0.10	0.68

NRC. 1998

Figura 11. Suplementos minerales.

Ingrediente	Fórmula	Potasio %
Fosfato mono K	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	28
Fosfato di K	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	44
Cloruro de K	KCl	52
Sulfato de K anhidro	$\text{K}_2\text{SO}_4$	45
Bicarbonado de K	$\text{KHCO}_3$	39

INRA. 1988

## Conclusiones

El Potasio es un nutriente indispensable. Los requerimientos en diferentes especies se encuentran próximos a los niveles de mantenimiento. Los efectos nutritivos del potasio están muy ligados a los del sodio y del cloro

No existen reservas corporales del complejo Na-K-Cl por lo cual deben ser administrados diariamente con el alimento. El equilibrio electrolítico afecta el transporte de nutrientes y de metabolitos residuales en el ámbito celular. Un desequilibrio iónico determina una reducción del consumo de alimento.

En pollos el stress puede provocar una hipokalemia, sino se revierte conduce a una muerte rápida. Un exceso de K puede provocar tetania hipomagnésica temporal en vacunos cuando pastorean rebrotes o verdes tiernos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adrian J., J. Potus y R. Frangne. 1995. La science alimentaire de A à Z. Lavoisier, Paris Cedex 08,477 pg.
- Borges S.A.; Ariki J.; Santin E.; Maiorka A.; da-Silva A.V.F.1999. Electrolytic balance in chick pre-starter diets. Revista-Brasileira-de-Ciencia-Avicola. 1999, 1: 3, 175-179
- Garlick P.J., 1980. Assessment of protein metabolism in the intact animal. In Protein deposition in animals. Butterly P.J. and Lindsay D. B. Butterworths Londons, 57-67.
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA ed., Paris. 282 pg.
- Larbier M. y B. Leclercq. 1992. Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris. 355 pg.
- Lepkovsky S. 1964. Conference on nutrition in Space and related waste problems (NASA SP-70), Univ. of S.Fla., Tampa. Fla.
- Mongin P. y B. Sauveur. 1973. Effet des teneurs en chlore, sodium et potassium du regime sur la croissance du poulet et l'apparition des anomalies cartilagenous. J. de Recherch. Avic. et Cunicoles. Dec: 187.
- Murakami A.E.; Saleh E.A.; Watkins S.E.; Waldroup P.W. 2000. Sodium source and level in broiler diets with and without high levels of animal protein. Journal of Applied Poultry Research. 9: 1,53-61.
- NRC. 1998. Nutrient requeriment of swine. National Academic Press. Washington, D.C.
- Phillips C.J.C.; Waita J.M.; Arney D.R.; Chiy P.C. 1999. The effects of sodium and potassium fertilizers on the grazing behaviour of dairy cows. Applied-Animal-Behaviour-Science. 61: 3, 201-213
- Schonewille J.T.; Klooster A.T.van't; Wouterse H.; Beynen A.C. 2000. Time courses of plasma magnesium concentrations and urinary magnesium excretion in cows subjected to acute changes in potassium intake. Veterinary-Quarterly. 22: 3, 136-140.