

Absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)*

MAXIMO E. RESNIK, HORACIO MARTINEZ, SUSANA G. DE PALOMAR, EDUARDO ZEMAN**

ABSTRACT

Phosphate uptake and translocation were studied in seedpieces (defoliated stalks) of sugarcane (Saccharum officinarum L.). Absorbing roots were from a 90° sector of one node. After a 48 hour period phosphorus accumulation in the stalk was found to decrease with distance from the rooted node, more markedly downwards. Nodes (with dormant buds) accumulated more than internodes. Lateral transfer showed a gradual decrease toward the sector opposite to the rooted one. This distribution pattern was mimicked in all nodes and internodes. — The authors

Introducción

El traslado lateral de agua y solutos ha sido estudiado en plantas adultas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (2) y en otras plantas (7), pero no en tallos defoliados. Estos constituyen el material de "semilla" en esta planta de reproducción agámica, y su nutrición mineral inicial hasta la aparición de las raíces del brote depende exclusivamente de las raíces de la banda radical del nudo, de su capacidad de absorción de nutrimentos y la posterior distribución de éstos en la caña semilla. En este trabajo se estudia la distribución del fósforo absorbido en tallos defoliados de caña de azúcar.

Materiales y métodos

Segmentos centrales de tallos con seis entrenudos del cultivar 'NCo 310', provenientes de caña soca de tres años, se enraizaron en cilindros metálicos desarmables con suelo franco cubriendo tres nudos, en abril de 1975, al aire libre. Hasta el mes de junio se produjeron numerosas raíces en la banda radical en los nudos cubiertos, pero ningún brote. A las 9 semanas se lavó

toda la tierra de las raíces y se eliminó de la planta el nudo superior y el inferior, así como las raíces del nudo inferior restante (Fig. 1).

El material experimental así preparado constaba de tres entrenudos y cuatro nudos intactos; de estos últimos el segundo y el abajo con sus raíces de la banda radical. De estas raíces se eliminó las $\frac{3}{4}$ partes, dejándose las correspondientes al cuarto con yema, uno (u otro) de los adyacentes, o el opuesto (\approx 8g materia fresca). A estas raíces se suministraron 200 ml de solución de KH_2PO_4 , 10^{-3}M (pH 6,8) durante 48 horas, marcado con ^{32}P con una actividad específica de ≈ 1 mCi/mmol. Al cabo de ese período se separaron las raíces y se lavó brevemente el exterior de las cañas con fosfato monopotásico estable 10^{-2}M . Se separaron nudos y entrenudos y se dividió a cada uno de ellos en cuatro secciones radiales, una de las cuales correspondía a la proyección del sector en que se habían dejado las raíces. El material se secó en estufa a $\approx 90^\circ\text{C}$ y se molió en un molinillo de tipo Wiley. La detección de la radiactividad en cada muestra se realizó con un tubo GM colocado a geometría constante de muestras de 2 g de materia seca en planchetas de 5 cm de diámetro. La cantidad de fósforo en cada caso se calculó con base en la actividad específica conocida.

Durante el período de absorción la temperatura fue de $19^\circ\text{C} \pm 2$. Cada tratamiento se realizó con 3 repeticiones, constituyendo los valores tabulados las medias aritméticas. Sobre los datos iniciales se efectuó análisis de la variancia, siendo las DMS estimadas por la prueba de Tuckey.

* Recibido para la publicación el 12 de diciembre de 1975

** Ph.D. Profesor Titular; Ing. Agr. Profesor Adjunto; Ing. Agr. Aux. Docente Graduado y Ayudante estudiantil, Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

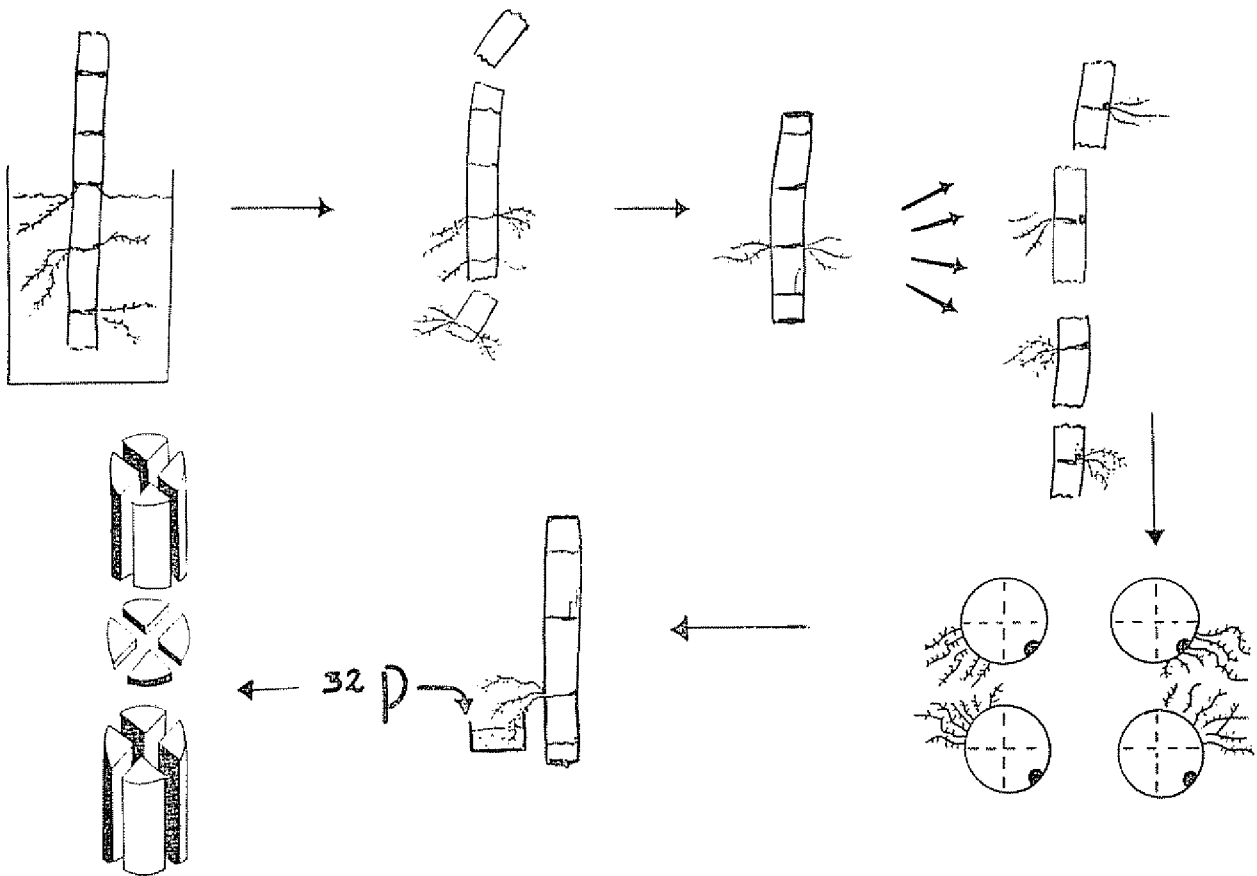


Fig. 1—Esquema del experimento. A la derecha y abajo del dibujo se indican las distintas posiciones del sector radial enraizado con respecto a la yema del mismo nudo.

Resultados

El fósforo fue absorbido y se encontró en todas las secciones radiales y longitudinales de la caña. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 2.

El análisis de la variancia muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos, en el promedio de todos los nudos, entrenudos y sectores. Se analizaron además los resultados expresados en nmol/g seco de tallo, sin referirlo al peso de la raíz de la semilla correspondiente, hallándose algunas diferencias debidas a desuniformidad en la dimensión del sistema radical. Se consideró entonces, que la absorción está relacionada con las dimensiones del sistema radical, y todos los valores de absorción obtenidos se relacionaron con el peso de las raíces correspondientes a cada planta.

Traslado vertical

La acumulación de fósforo en los nudos es significativamente mayor que en los entrenudos (1 por ciento P). La concentración del fósforo absorbido es mayor en el nudo enraizado, y decrece hacia los nudos superiores, y más marcadamente hacia el inferior. Del mismo

modo, el entrenudo inmediato superior a las raíces exhibe valores mayores que los otros dos, y en general se observa una acumulación mayor hacia arriba que hacia abajo de las raíces. Los valores correspondientes se encuentran en el Cuadro 1.

Traslado lateral

La mayor acumulación del fósforo absorbido se encuentra en el sector radial enraizado y en su proyección (ortóstica) correspondiente en los distintos nudos y entrenudos. En forma decreciente se lo encuentra en los sectores adyacentes, y finalmente en el opuesto. Este modelo de distribución es común a todos los tratamientos (posiciones del sector enraizado respecto a la yema), no manifestándose ningún efecto de la yema. Los Cuadros 2, 3 y 4 resumen la distribución lateral en los distintos tratamientos.

Discusión

La absorción registrada puede considerarse normal, puesto que durante el período considerado un 5,9 por ciento del fósforo presente en la solución fue absorbido, aun siendo la concentración relativamente alta ($10^{-3} M$)

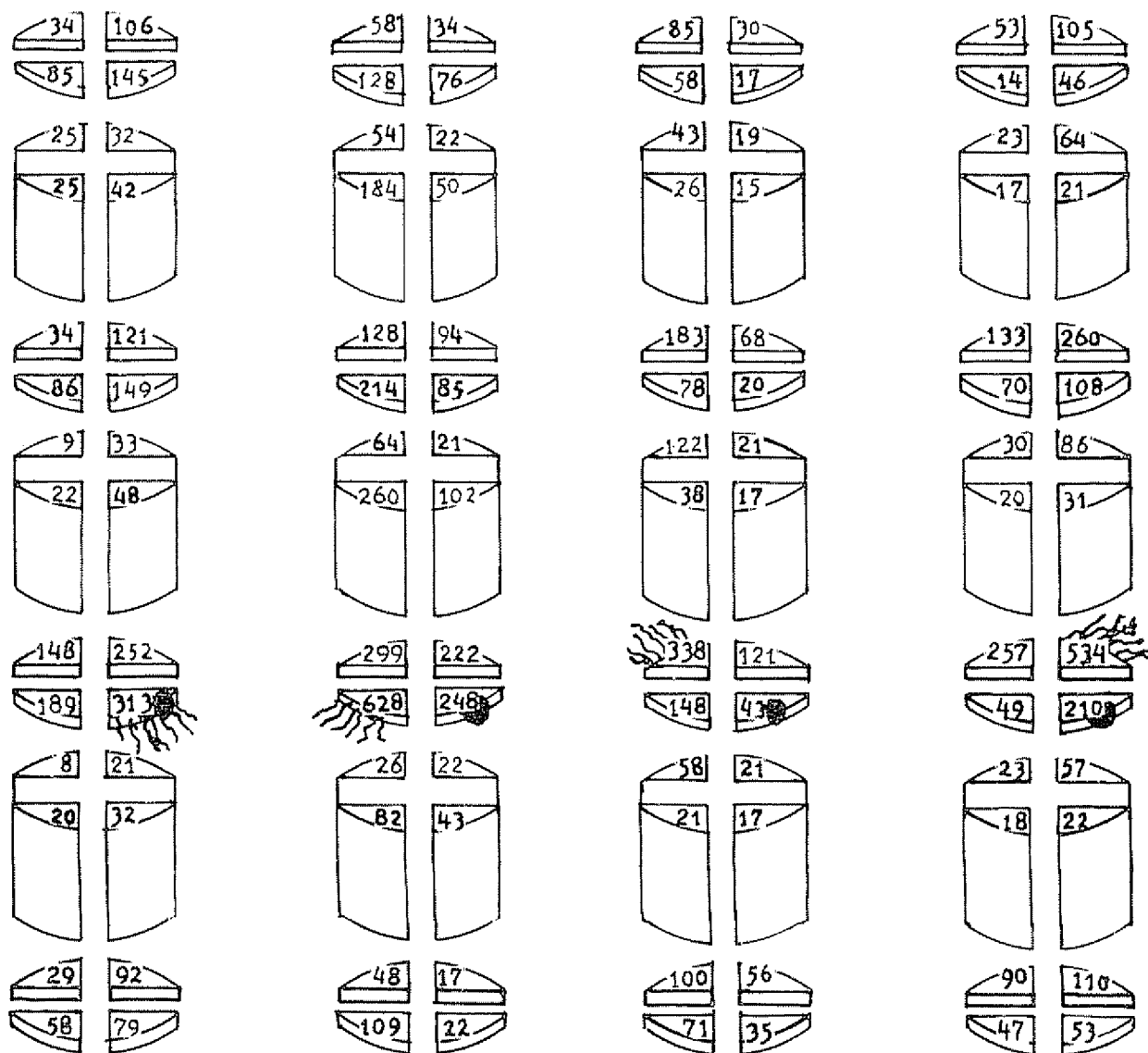


Fig. 2.—Fósforo acumulado en tallos de caña de azúcar con raíces en un sector radial de 90° de un nudo en 48 h (μmoles/g seco/g raíz). El dibujo indica las distintas posiciones de la yema y las raíces.

y la relación raíz/medio suficientemente amplia (≈ 1 por ciento p.f./v). No hay efecto de la posición de la yema dormida respecto al sector enraizado sobre la absorción total (Cuadro 1). La translocación al tallo es, en cambio, relativamente baja: 31 por ciento del total absorbido absoluto, pero 1/266 si se considera $\mu\text{moles/g}$ seco en el tallo con relación a igual parámetro en la raíz*. Esto puede deberse a la carencia de hojas en el tallo y, en consecuencia, a la falta de apoyo que la transpiración podría brindar al proceso de translocación, dado que normalmente el movimiento de fósforo en plantas intactas de caña de azúcar es muy rápido (5).

* Cálculo basado en lo acumulado en la raíz (no consignado en *Retenidos*)

En la distribución vertical, la mayor acumulación en los nudos (Cuadro 1) puede ser indicativa de una mayor actividad metabólica que en los entrenudos, aunque también podría reflejar la mayor densidad del sistema vascular en el cual se opera el traslado.

La translocación lateral, indiferente también a la ubicación de las yemas (Cuadros 2, 3 y 4), exhibe un mismo modelo de distribución radial tanto en nudos como en entrenudos, decreciente en forma perimetral. La relación de acumulación del sector enraizado/sector opuesto es de 4,28 en promedio general, 4,03 en nudos (tomados conjuntamente) y 4,38 en entrenudos (tomados conjuntamente)*, no difiriendo significativamente

* Valores calculados en base a los Cuadros 2, 3 y 4.

Cuadro 1.—Fósforo acumulado en los distintos nudos y entrenudos enteros de tallos de caña de azúcar, con raíces en un sector radial de 90° de un nudo (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento: 170,0 para todos los valores excepto medias

DMS 5 por ciento para medias: 62,2

Diferentes letras indican diferencias significativas

Nivel respecto a raíces	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecho yema	Opuesto a yema	— X
Nudo superior 2	50,0	55,6	46,3	52,0	50,9 a
Entrenudo superior 2	27,0	39,3	27,3	38,3	32,9 a
Nudo superior 1	98,1	114,0	90,6	132,0	108,7 b
Entrenudo superior 1	37,6	52,3	61,3	45,0	49,0 ab
Nudo enraizado	208,3	246,3	174,3	245,3	218,6 c
Entrenudo inferior	21,6	40,0	27,0	29,3	29,4 a
Nudo inferior	62,0	72,1	59,8	64,0	64,4 ab

Cuadro 2.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en nudos de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (4 nudos combinados) (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 202,2

DMS 5 por ciento para medias: 73,3

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecho yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	166,6	201,6	171,2	245,3	196,1 a
Adyacente izquierdo a raíz	98,0	109,3	89,1	85,0	95,4 b
Adyacente derecho a raíz	133,3	101,3	88,0	121,3	110,9 b
Opuesto a raíz	53,6	52,6	49,0	46,3	48,6 b
— X	112,8	116,2	99,3	123,7	—

Cuadro 3.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en entrenudos de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (3 entrenudos combinados) (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 30,2

DMS 5 por ciento para medias: 21,9

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecha yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	43,0	93,3	73,0	73,3	70,6 a
Adyacente izquierdo a raíz	20,3	43,3	20,0	23,1	26,6 b
Adyacente derecho a raíz	27,6	34,6	26,6	23,3	28,0 b
Opuesto a raíz	17,6	19,6	11,3	15,6	16,0 b
— X	27,1	47,7	32,7	33,8	—

Cuadro 4.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en nudos y entrenudos (4 nudos y 3 entrenudos combinados) de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 46,8

DMS 5 por ciento para medias: 33,9

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecha yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	74,6	126,6	105,3	126,0	108,1 a
Adyacente izquierdo a raíz	35,0	72,6	29,6	41,6	44,7 b
Adyacente derecho a raíz	53,0	52,6	48,3	55,0	52,2 b
Opuesto a raíz	23,6	31,3	19,0	27,1	25,2 b
— X	46,5	70,7	50,5	62,1	—

entre sí. El valor de este parámetro no disminuye en los distintos nudos y entrenudos a medida que se alejan del nudo enraizado. Esto sugeriría que la distribución radial se sitúa en el nudo enraizado y que el traslado vertical permite estampar en los distintos niveles una mímica de la distribución radial del nudo enraizado. El complejo sistema vascular del nudo (4) parece entonces no ser funcional para la translocación del fósforo, del mismo modo que no lo es para el azúcar (aunque sí para el agua) (2). Levi (7) propuso la existencia de "unidades de translocación", con restricciones similares a las impuestas por el ortóstico en el floema de otras plantas (3, 6), pero sugirió también que podría haber translocación lateral en el nudo (en *Phaseolus*). Es posible que la desaparición de las hojas haga perder la funcionalidad de parte del sistema vascular del nudo (2) con el cual habían estado vinculadas. La integridad del sistema sería necesaria para interpretar la nutrición fosforada normal de una planta adulta por una sola raíz en los experimentos de Hartt (5), aunque en ese caso el prolongado período de absorción y translocación da la posibilidad de explicaciones alternativas basadas en la recirculación (1).

Resumen

Se estudió la absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados y enraizados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) por raíces ubicadas en un sector de 90° de un nudo. La distribución vertical a las 48 horas fue decreciente hacia arriba y más aún hacia abajo, y la acumulación mayor en los nudos que en los entrenudos. El traslado lateral fue restringido, disminuyendo el fósforo acumulado a ambos lados del sector enraizado y más aún hacia el sector opuesto. En todos los nudos y entrenudos la distribución radial siguió el mismo modelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Estación Experimental Agrícola de Tucumán por la provisión de tallos de caña de azúcar, al Ing Agr J. Mariotti y a sus colaboradores por su ayuda en la interpretación estadística de los resultados, y al Ayudante Estudiantil Ernesto Saade por su colaboración general.

Literatura citada

1. BIDDULPH, O *et al*. Circulation patterns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plant. *Plant Physiology* 33:293-300. 1958.
2. BULL, T A, GAYLEY, K R y GIASZIOU, K T. Lateral movement of water and sugars across xylem in sugarcane stalks. *Plant Physiology* 49:1007-1011. 1972.
3. CALDWELL, J. Studies on translocation. II. The movement of food materials in plants. *New Phytologist* 29:27-43. 1930.
4. DILLEWIJN, C VAN. Botany of sugarcane. Waltham, Mass., *Chronica Botanica*, 1952. 371 p.
5. HARTT, C E. The phosphorus nutrition of sugarcane. *Hawaiian Planters Record* 55:33-46. 1955.
6. HO, L. C y PEEL, A. J. Transport of ¹⁴C-labelled assimilates and ³²P-labelled phosphate in *Salix viminalis* in relation to phyllotaxis and leaf age. *Annals of Botany* 33:743-751. 1969.
7. LEVI, E. The distribution of mineral elements following leaf and root uptake. *Physiologia Plantarum* 21:213-226. 1968.