

II REVISIÓN DE LITERATURA

La nutrición de las plantas es un factor de producción que no puede considerarse aisladamente. El empleo de abonos orgánicos y minerales debe orientarse en la meta de producción, la previsible extracción de nutrientes por el cultivo y la reserva de nutrientes en el suelo. En este contexto no debe considerarse sólo las necesidades de un cultivo, sino también el balance de nutrientes del conjunto de cultivos de rotación (5).

El objetivo de un programa nutricional, es lograr una alta rentabilidad del cultivo gracias al aprovechamiento eficiente de nutrientes que permita la obtención del rendimiento y calidad deseados. Los beneficios que se logran son:

- Acelera el establecimiento y alimenta la uniformidad inicial del desarrollo del cultivo.
- Incrementa el aprovechamiento de nutrientes gracias al logro de un mejor desarrollo radicular, actividad fotosintética y fertilidad del suelo.

- Fortalece la floración, produciendo un mayor número de granos.
- Refuerza el llenado del grano favoreciendo un mayor peso del mismo (6).

Yamada (20), manifiesta que el nitrógeno es el nutriente que mas estimula la proliferación del sistema radicular, especialmente cuando se encuentra en forma amoniacal. Además, el nitrógeno amoniacal aumenta la eficiencia de la fertilización fosfatada, que a su vez tiene un efecto positivo en el desarrollo radicular. El potasio envuelto en el transporte ascendente del NO_3 de las raíces hacia la parte aérea y en el descendente con malato hacia las raíces; además el potasio participa en la síntesis de proteínas. Asimismo, indica que es fundamental que exista un adecuado balance entre los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, y micronutrientes B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, y Zn, para el buen crecimiento de la planta y microorganismos benéficos del suelo. Estos nutrientes deben de estar presente en el suelo desde el inicio del crecimiento, cuando es mayor la absorción de estos elementos.

El fósforo es un constituyente esencial de la adenosina trifosfato (ATP), nucleótidos, ácidos nucleicos y fósfolípidos. Sus principales

funciones son el transporte y almacenamiento de energía y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El fósforo es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración (especialmente si la temperatura es baja), el fósforo es particularmente importante en la primera fase de crecimiento. Se requiere aplicar fertilizante fosfatados cuando el sistema radicular de la planta de arroz no está todavía completamente desarrollado y el suplemento fósforo nativo del suelo es bajo. El fósforo es removilizado dentro de la planta durante etapas posteriores de crecimiento si suficiente fósforo ha sido absorbido durante la etapa temprana (9).

Las plantas requieren más potasio que ningún otro nutriente, con excepción del nitrógeno. Los cultivos agronómicos contienen cantidades similares de nitrógeno y potasio, aunque el contenido de potasio de muchos cultivos de altos rendimientos es aún mayor que el nitrógeno. A diferencia de otros nutrientes, el potasio no forma compuestos en la planta sino que permanece libre para regular muchos procesos esenciales, incluyendo la activación de enzimas, la fotosíntesis, la eficiencia del uso del agua, la síntesis de proteínas (17).

Los reguladores del crecimiento y bioestimulantes pueden alterar los procesos o estructuras vitales para, identificar los rendimientos, mejorar la calidad o facilitar la recolección. Tales compuestos químicos, pueden efectuar las propias hormonas de las plantas de un modo tan eficiente, que logran cambiar el periodo normal de desarrollo de tal manera las plantas modifican su crecimiento (11).

Sivori (19), indica que los reguladores de crecimiento son todos aquellos compuestos naturales y sintéticos que, en bajas concentraciones, promueve, inhibe o regula con modificaciones cualitativas o sin ellas, el crecimiento.

Yupera (21), expresa que los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos orgánicos distintos de los nutrientes, que aplicados en pequeñas cantidades, estimulan, inhiben, o modifican de cualquier otro modo los procesos fisiológicos de las plantas.

En el arroz, la raíz primaria no desempeña una función nutritiva, sino esencialmente de anclaje mecánico en el terreno. Las raíces embrionales degeneran rápidamente y son substituidas por coronas de

raíces que, posteriormente, se forman en cada nudo situado en la base del tallo. Después y progresivamente, las raíces se desarrollan en cada tallo formado durante el ahijamiento y a menudo también en los nudos más elevados, como en el caso del transplante. El desarrollo máximo del sistema radicular se alcanza al término del ahijamiento, paralelamente con el máximo incremento porcentual del peso de la planta y la absorción de nutrientes (16).

El desarrollo del sistema radicular en gran parte lo determina, el método de cultivo y la naturaleza del suelo. Las variedades también muestran sistemas radiculares características: los tipos de duración corta tienen sistemas menos desarrollados que aquellos tardíos y las variedades de grano corriente tienen sistemas radiculares más bastos, en contraste con las raíces más delicadas de grano más fino. Tanto el desarrollo hacia abajo como lateral es mayor en las variedades más altas que en las de tallo más corto y existe una elevada correlación positiva entre el número de hijuelos y el de raíces. El desarrollo de la raíz continúa hasta que todos los hijos han florecido. Las variedades típicas de pantano desarrollan un sistema radicular más profuso en condiciones de suelo lodeado que al cultivarse en seco, mientras que

los arroces típicos de secano y los silvestres muestran un comportamiento inverso. Por lo general la iniciación de nuevas raíces llega a su mayor número en la fase del máximo ahijamiento, y en esa época el nitrógeno, el fósforo y el potasio se absorben a una tasa mayor (18).

El arroz cultivado es una planta anual que posee tallos redondeados fusionados, hojas casi planas, y panículas terminales. Los órganos vegetativos constan de raíces, tallos y hojas. Una rama de la planta que posee raíz, tallo y hojas y con frecuencia una panícula, se conoce como vástago., hijuelo o retoño. La planta de arroz tiene un sistema radicular fibroso; hay dos tipos de raíces: a) raíces seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal; b) raíces adventicias secundarias, que muestran una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas raíces sustituyen a las raíces seminales (7).

Según Barber (4), se ha determinado que los nutrientes en la relación del suelo entra en contacto con las raíces de las plantas de tres maneras diferentes: intercepción radicular, flujo de masa y difusión. La

intercepción radicular toma en cuenta la cantidad de nutrientes contactada con la raíz en crecimiento. El flujo de masa transporta los nutrientes hacia las raíces por medio del movimiento de agua en el suelo; la dimensión del flujo de masa se calcula multiplicando el volumen de agua transpirado por planta por la concentración de nutrientes que resta de agua. La difusión se calcula por la diferencia entre el total de nutrientes absorbidos por la planta, menos la suma de la intercepción radicular y el flujo de masa.

Marschiner (15); indica que el suplemento de nutrientes afectó marcadamente el crecimiento, morfología y distribución del sistema radicular, tanto en sustratos artificiales como en el perfil del suelo. En las plantas cultivadas en el suelo, el efecto de nitrógeno en el incremento de la superficie de área radicular es, en general, más acentuada con nitrógeno amoniacal ($N - NH_2$) que con nitrógeno nítrico $N - NO_3$.

Gardener *et al* (13), el efecto del fósforo en el crecimiento radicular es un efecto indirecto, la disponibilidad de P incrementa la fotosíntesis, a lo que a su vez aumenta el sistema radicular. El potasio, a pesar de no

tener un efecto directo en el desarrollo radicular, es importante por algunas funciones fisiológicas como el transporte de nutrientes y metabolitos, organización celular y control de la permeabilidad de las células.

Razormin, es un enraizante líquido con acción bioestimulante; posee una equilibrada formulación en base de extracto de algas, factores bioestimulantes, macro y micro elementos; su composición química es la siguiente:

Extracto de algas	11 % p/p
Aminoácidos libres	7 % p/p
Nitrógeno total (N)	4 % p/p
Fósforo total (P ₂ O ₅)	4 % p/p
Potasio total (K ₂ O)	3 % p/p
Hierro (Fe)	0,4 % p/p
Manganeso (Mn)	0,1 % p/p
Boro (B)	0,1 % p/p
Zinc (Zn)	0,085 % p/p
Cobre (Cu)	0,02 % p/p
Molibdeno (Mo)	0,01 % p/p
Factores bioestimulantes	1,52 % p/p (3)

Raykat enraizador, es un producto especialmente formulado para favorecer el enraizamiento en los primeros estudios de las plantas, contiene macro y micronutriente así como aminoácidos y polisacáridos perfectamente equilibrados que logran un fuerte desarrollo radicular tan beneficioso en el inicio del cultivo. Su composición química es la siguiente:

Aminoácidos libres	4 % p/p
Nitrógeno total	4 % p/p
Pentóxido de fósforo soluble en agua	8 % p/p
Oxido de potasio soluble en agua	3 % p/p
Hierro quelatado	0,1 % p/p
Zinc quelatado	0,02 % p/p
Boro	0,03 % p/p
Polisacáridos	15 % p/p
Citoquininas	0,05 % p/p (3)

Raíces, es un fertilizante quelatado hidrosoluble de uso radicular y foliar, sirve para estimular el crecimiento y desarrollo de raíces fuertes y vigorosas en mayor cantidad, logrando así una mayor absorción de agua, nutrientes minerales existentes en el suelo, obteniendo como resultado plantas fuertes y sanas que produzcan mayor cantidad de frutos de mejor calidad (8).

Rady Plus, actúa en la etapa de enraizamiento y crecimiento vegetativo de las plantas, a través de una rápida síntesis proteica (1).

Egüez (10), estableció un ensayo con los productos orgánicos Rady Max y Riz Gro que actúan como mejoradores del sistema radicular, en el cultivo del maíz híbrido 'Dekalb 5005' en la zona de Babahoyo; los resultados obtenidos demuestran la eficacia del tratamiento Riz Gro en dosis de 2,0 kg/ha aplicado a la siembra, pues se obtuvo un rendimiento de grano 10,896 t/ha; mientras que con el testigo carente del activador obtuvo el menor rendimiento 8,973 t/ha, existiendo un incremento del 21,43 %. Además, todos los tratamientos que incluyen a los Rady Max y Riz Gro, lograron utilidades económicas marginales en comparación al testigo carente de los activadores. También, no se observó acame de raíz y tallo de las plantas en el ensayo, demostrándose el efecto de los activadores en el sistema radicular, obteniéndose mayor anclaje de las plantas.

Amores (2), en base a los resultados obtenidos en un ensayo con bioestimulantes orgánicos en el cultivo del arroz, indica que para lograr incrementos en el rendimiento de grano, es indispensable un

equilibrado programa de fertilización química con macro y micronutrientes, acompañado de la aplicación del bioestimulante o activador fisiológicos, especialmente orgánicos para no causar daños ecológicos. Los bioestimulantes deben de ser aplicados en las diferentes etapas fenológicas de las plantas, con la finalidad de mejorar los suelos, y que los nutrientes presentes en el suelo se transformen en asimilables por las plantas.

García (21), evaluó los efectos de tres mejoradores orgánicos del enraizamiento sobre el comportamiento agronómico y rendimiento en el cultivo del maíz; así los enraizadores Radix – Am; Radix – Tim y Radix-Cal presentaron efectos positivos en el número de mazorcas, diámetro y longitud de mazorca, hileras de granos y granos por mazorca. Los tratamientos Radix – Am en dosis de 6 L/ha y Radix – Cal en dosis de 5 L/ha, obtuvieron los mayores rendimientos de granos 11,586 y 11,58 t/ha, respectivamente; superando en 42,38 % y 42,31 % en relación al testigo carente del enraizador. El mayor peso de 100 granos se obtuvo con la aplicación de Radix – Tim en dosis de 6 L/ha. Además, recomienda la aplicación de los enraizadores como complemento de un equilibrado programa de fertilización química.