

PREMIO FERTIBERIA A LA MEJOR TESIS DOCTORAL EN TEMAS AGRÍCOLAS. 14ª Edición.

1^{er} Premio. LIGNOSULFATOS DE Zn ADHERIDOS EN NPK COMO FERTILIZANTES DE CULTIVOS DE TRIGO Y MAÍZ

Autor: Diego Martín Ortiz. (directores: Agustín Gárate Ormaechea y Lourdes Hernández Apaolaza). Dpto. Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

Uno de los factores que limitan la producción mundial de alimentos es la deficiencia de zinc. De acuerdo con un informe de la “World Health Organization” (WHO, 2004), la deficiencia de zinc ocupó el 11º puesto en las causas de muerte entre la población de los países desarrollados y el 5º en países en vías de desarrollo. La mitad de las explotaciones cerealistas mundiales se cultivan en suelos con cantidades insuficientes de zinc, lo que se traduce en un descenso tanto en las cosechas como en la calidad del grano recolectado.

Los productos generalmente empleados en la corrección de carencias de zinc de los cultivos son sales inorgánicas y quelatos sintéticos. Las sales inorgánicas, como cloruros y sulfatos, tienen el inconveniente de no ser eficaces en ciertos suelos, donde el zinc queda poco disponible para los cultivos. También se emplean quelatos sintéticos que presentan una gran estabilidad, si bien su elevado coste hace que sólo se empleen en cultivos de alto valor añadido. Presentan además el inconveniente que su elevada estabilidad aumenta la probabilidad de que puedan ser arrastrados a acuíferos.

Actualmente, se están planteando nuevas vías para la corrección de deficiencias de zinc que sean eficaces y atiendan, además, a la exigencia de una agricultura respetuosa con el medio ambiente. Una de ellas es el uso de agentes complejantes basados en materiales biodegradables, generalmente subproductos de otras industrias. En esta línea se ha desarrollado la presente tesis doctoral, con el objetivo de evaluar la utilización del lignosulfonato de zinc (ZnLS) incorporado en un fertilizante complejo mineral NPK como fuente de este elemento en cultivos de trigo y maíz.

Se han estudiado distintas sales de lignosulfonatos, de distinto origen y estructura, eligiendo la que forma el complejo ZnLS más adecuado. Se han formulado fertilizantes complejos NPK con ZnLS, optimizados para cultivo de maíz y trigo, evaluando su eficacia tanto en microcosmos como en campo. Y se ha desarrollado también un complejo de lignosulfonato de manganeso con la misma tecnología usada para el zinc.

Para trigo y maíz cultivados en condiciones controladas, la aplicación de NPK con ZnLS incrementó el crecimiento y la concentración de Zn de la parte aérea de las plantas frente a la adición de NPK con $ZnSO_4$. En estos dispositivos experimentales, la eficacia del NPK+ZnLS fue el doble que la obtenida al aplicar NPK+ $ZnSO_4$. Asimismo, en condiciones de campo en suelo calcáreo, se observó que la aplicación de NPK+ZnLS produjo incrementos superiores de cosecha y de concentración de Zn en parte aérea respecto al empleo de NPK+ $ZnSO_4$.

En conclusión, la aplicación de fertilizantes complejos NPK formulados con lignosulfonato de zinc supone un aporte eficaz de zinc al suelo, que se traduce en mejoras en la nutrición de este elemento y en aumentos de cosecha.

Accésit. ESTUDIO DEL MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN CULTIVO SIN SUELO DE ROSAL, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

Autor: Elisa Gorbe Sánchez (directores: Dra. Ángeles Calatayud Chover y Dr. Florentino Juste Pérez). Dpto. Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia.

La optimización de la nutrición de los cultivos es vital para evitar estreses y obtener altos rendimientos y calidades de los productos hortícolas. Los sistemas de cultivo sin suelo permiten el manejo y la operación durante el cultivo sobre los diferentes factores que afectan a la nutrición vegetal.

La rosa es uno de los cultivo ornamentales más extendidos y de mayor valor, de ahí la importancia de la optimización de sus factores de crecimiento y calidad, así como de la durabilidad del vigor de la flor cortada.

En esta tesis, se ha estudiado la influencia de la temperatura de la solución nutritiva en el metabolismo del nitrógeno y el carbono, así como el efecto de la composición de dicha solución sobre los parámetros de la vida de la flor cortada. Las plantas de rosal fueron tolerantes a temperaturas de la solución de 10 °C durante el invierno, activando mecanismos como el incremento en la producción de raíz fina, absorción de nitrato, actividad nitrato reductasa, actividad fotoquímica y contenido en carbohidratos, así como el aumento de la movilización de N y carbohidratos hacia las raíces.

Se desarrollaron cinco modelos de absorción mineral (nitratos, fosfatos, potasio, calcio y magnesio) y uno de absorción hídrica, y se estudió el efecto de la utilización de una menor concentración de la solución nutritiva en comparación con la estándar en la vida post cosecha de la flor cortada. Se observó que una dilución del 40% de la solución nutritiva acortó la vida en vaso de las rosas en un día.

PREMIO FERTIBERIA A LA MEJOR TESIS DOCTORAL EN TEMAS AGRÍCOLAS. 13ª Edición.

1^{er} Premio. RELACIÓN ENTRE LA CLOROSIS FÉRRICA DE LA VID Y LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS CALCÁREOS. CORRECCIÓN CON VIVIANITA.

Autor: Isabel Díaz de la Torre (directores: M^a Carmen del Campillo García, José Torrent Castellet). Universidad de Córdoba.

La clorosis férrica es una deficiencia común en viñedos cultivados en suelos calcáreos, manifestándose por amarilleamiento internervial de las hojas más jóvenes y disminución del crecimiento. La mayor parte de los viñedos de España están en suelos calcáreos, por lo que la clorosis férrica es frecuente, incluso en portainjertos tolerantes, y se hace necesario el uso de fertilizantes de hierro (Fe). Los objetivos principales de esta tesis doctoral fueron estudiar qué propiedades del suelo influyen en la clorosis férrica en vid, validar un método para predecir la incidencia de la clorosis, y evaluar la eficacia de la inyección de vivianita (fosfato ferroso; $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) al suelo para aliviar sus efectos.

Según este estudio, las propiedades del suelo que más influyen en la aparición de la clorosis férrica son el contenido en formas de Fe poco cristalinas, el equivalente de carbonato cálcico y el contenido en caliza.

Respecto al método analítico de predicción de la incidencia de la clorosis férrica, la determinación de los contenidos en Fe extraíble con oxalato amónico a pH 3, con citrato-ascorbato y con hidroxilamina sin tamponar, se relacionó con el contenido de clorofila en hoja, siendo este último el que sistemáticamente mejor se correlacionó con la concentración de clorofila.

En el estudio de la clorosis férrica en vid cultivada en sustratos artificiales, el contenido en carbonato influyó negativa y significativamente en el crecimiento y, en menor medida, en el valor SPAD (medición relativa de la cantidad de clorofila en hoja); el contenido en Fe influyó positiva y significativamente en el valor SPAD y en el tamaño de la hoja.

Para validar el método de extracción con hidroxilamina no tamponada como predictor de clorosis férrica se utilizaron datos de experimentos con garbanzo (*Cicer arietinum* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.), vid (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*, portainjerto '110 Richter')

cultivados en maceta y con olivo (*Olea europaea* L., cv. Hojiblanco, Manzanillo y Picual) en campo. Para las plantas herbáceas se determinó la concentración relativa de clorofila y para vid y olivo se midió el valor SPAD. El contenido en Fe extraíble con hidroxilamina (Feha) a una relación suelo:extractante de 1:20 o 1:100 (según el contenido de carbonato) resultó ser un buen predictor de la concentración de clorofila en hoja (26–66% de la varianza explicada). Para olivo el nivel crítico era 42–67 mg Feha kg⁻¹ (relación suelo: extractante de 1:100) y, para vid, garbanzo y girasol, 10–11 mg Feha kg⁻¹ (relación suelo: extractante de 1:20).

Para evaluar la eficacia de la vivianita como fertilizante de Fe se llevaron a cabo experimentos en maceta (con portainjerto `110 R´) y en campo (seis regiones: Rioja, Ribera del Duero, La Mancha, Montilla–Moriles, Condado de Huelva y Jerez). Los experimentos, que duraron tres años, incluían uno o dos tratamientos con una suspensión de vivianita inyectada al suelo al principio, un control sin fertilizar con Fe y uno o más tratamientos con quelato de Fe (FeEDDHA) o con sulfato ferroso aplicados anualmente.

En maceta, las plantas fertilizadas con vivianita mostraron brotes más largos, más hojas y mayor valor SPAD que las plantas control. Las diferencias en valor SPAD y peso de madera de poda entre plantas fertilizadas con Fe y plantas control fueron significativas los tres años; no hubo en cambio diferencias entre plantas tratadas con FeEDDHA y vivianita. En campo, el valor SPAD y el crecimiento del perímetro del tronco de las vides fertilizadas con vivianita fueron significativamente mayores que los de las plantas control en cinco y tres viñedos, respectivamente. Una aplicación de vivianita fue tan eficaz como aplicaciones anuales de sulfato ferroso o FeEDDHA, lo que sugiere que la vivianita tiene un efecto persistente como corrector de la clorosis férrica.

Accésit. Biofortificación con Se en plantas de lechuga: estudio de la producción, calidad y estado nutricional.

Autor: Juan José Ríos Ruiz (directores: Luis M. Romero Monreal y Juan Manuel Ruiz Sáez). Universidad de Granada.

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue el diseño de un programa de biofortificación con selenio (Se), elemento traza que no es nutriente esencial para los cultivos pero sí es esencial para los animales, teniendo un papel fundamental en la capacidad antioxidante.

La biofortificación consiste en incrementar la concentración biodisponible de elementos esenciales en la parte comestible de los productos cosechados, mediante la intervención agronómica o la selección genética.

El Se existe en poca concentración en los suelos en muchas zonas del mundo. En particular en España, Galicia, Aragón y las zonas de horticultura intensiva de Andalucía son las que presentan menor concentración.

En este trabajo se investigó sobre el cultivo de la lechuga, determinando la dosis y forma de Se en que se produce mayor acumulación en planta de este elemento y mayor concentración de antioxidantes, y estudiando el efecto de la biofortificación sobre los procesos fisiológicos de las plantas y su estado nutricional.

Los experimentos se realizaron en macetas individuales en condiciones controladas, empleando dos formas de aplicación (selenito y selenato).

La forma de aplicación de Se más adecuada para biofortificación resultó ser como selenato, ya que consigue mayor producción y concentración de Se en las hojas de lechuga, lo que aseguraría una adecuada ingesta de este elemento para satisfacer las necesidades humanas. El Se, en cualquiera de las formas estudiadas, incrementa el contenido de antioxidantes, siendo este incremento mayor con el selenato.

El selenito produce mayor asimilación de S, produciendo fitotoxicidad por la formación de Se-cisteína. El selenato, en cambio, produce la formación de compuestos organosulfurados como el glutatión, lo que podría reducir su efecto tóxico. El Se incrementa el metabolismo del N en cualquiera de sus formas, sobre todo el selenito, lo que podría estar relacionado con la mayor asimilación de S. Asimismo, el selenato redujo la concentración de nitratos en hoja.

Accésit. Fisiología del cultivo de trigo y calidad del grano bajo diferentes regímenes de fertilización nitrogenada.

Autor: Teresa Fuertes de Mendizábal (directores: José M^a Estavillo Aurre y M^a Begoña González Moro). Universidad del País Vasco.

El manejo de los aportes de N constituye el factor más importante para incrementar el rendimiento y la calidad en el cultivo del trigo. La comprensión de las respuestas del cultivo a la fertilización nitrogenada, reflejadas en diferencias en el comportamiento agronómico, requiere del estudio de los procesos fisiológicos implicados en la asimilación, acumulación y movilización interna de nitrógeno en la planta a lo largo de su ciclo de desarrollo.

El objetivo del trabajo de tesis fue estudiar el efecto fisiológico y agronómico de la fertilización nitrogenada (dosis, fraccionamiento y momento de aplicación) en el cultivo de trigo, usando para ello una parcela de referencia en condiciones reales. Se estableció así un modelo fisiológico de los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, estudiando el efecto de la aplicación de N sobre la distribución temporal de estos procesos. Al mismo tiempo se realizó un estudio sobre la influencia que los diferentes regímenes de N tienen sobre los parámetros de calidad del grano y su composición proteica. La autora estudia la influencia del patrón de fertilización nitrogenada sobre los parámetros de extensibilidad, tenacidad e índice de caída de Harberg.

Usando un ensayo en condiciones controladas (macetas) realizó un seguimiento de los procesos de removilización de C y N durante el período post-antesis, con el objetivo de establecer el patrón temporal de las diferentes fases fisiológicas responsables de la acumulación de reservas en el grano, así como determinar la contribución de las diferentes partes de la planta bajo distintos niveles de disponibilidad de N.

Al principio del llenado del grano se forman proteínas metabólicas y estructurales (globulinas, albúminas, anfifílicas), mientras que más tarde se acumulan proteínas de reserva (gliadinas y gluteninas). No detecta sincronización en la acumulación de proteínas estructurales y de reserva. Estas últimas determinan las propiedades de la masa y son imprescindibles para la panificación. Registra una correlación entre el contenido de proteínas de reserva y el porcentaje de N en el grano, y que a medida que aumentan las gliadinas aumenta la extensibilidad.

Este trabajo se concluye con unas recomendaciones de dosis, fuentes y fraccionamiento del N fertilizante aportado para las condiciones estudiadas en Álava. Dosis de fertilización iguales o menores a 100 kg N ha^{-1} producen harinas con aptitudes insuficientes para la panificación, mientras que 140 kg N ha^{-1} producen harinas mediocres y 180 kg N ha^{-1} , harinas con buenas aptitudes de panificación.

En resumen, la fertilización nitrogenada tiene influencia sobre la composición proteica del grano, mostrando un efecto positivo en los índices de calidad. Aumentar la dosis de fertilizante o fraccionar su dosificación da lugar a harinas más fuertes, extensibles y equilibradas, es decir, más adecuadas para la industria panadera. Según la autora, el límite superior de la dosis de N aportada no viene determinado tanto por un efecto fitotóxico (que se reflejaría en una disminución de la calidad o del rendimiento), sino por la marcada disminución de la eficiencia de la aplicación en dosis altas.