

FUNCIÓN DEL MICROELEMENTO BORO EN EL ORGANISMO VEGETAL¹

Por ISIDORO MOGILNER²

Entre los microelementos o elementos oligodinámicos o micronutrientes se encuentra el boro.

La acción beneficiosa del boro en los vegetales se manifiesta sólo en muy bajas concentraciones, que no sean superiores a algunos miligramos por litro en la solución nutritiva. Un aumento de la concentración a 10-20 mg por litro, ya muestra una manifiesta acción depresiva. Es interesante destacar que esa acción depresiva del boro (en concentraciones mayores que las necesarias) fué conocida mucho antes que su indispensabilidad (en concentraciones relativamente bajas); y por mucho tiempo un alto contenido del suelo en sales de boro, fué considerado dañoso para la agricultura (14).

Según PIETERBURGSKY (15) todos los cultivos crecen normalmente y fructifican si además de los otros elementos minerales esenciales el suelo contiene boro en forma soluble en agua en la cantidad de 0,5 - 1 mg por kilo de suelo. De acuerdo al mismo autor los análisis del contenido en boro soluble en agua (extracción acuosa) de distintos tipos de suelo de la Unión Soviética y publicados por E. V. BOBKO no alcanzan a la cantidad citada, de lo que deduce que el contenido en boro del suelo puede no ser suficiente para obtener grandes cosechas. Generalmente, según PIETERBURGSKY, el contenido del suelo en boro soluble en agua representa el 10 % del contenido total en boro del suelo.

Cae boro al suelo conjuntamente con las lluvias, pero preferentemente en las regiones marítimas. Así, por ejemplo, en Holanda, de esa manera se agrega al suelo alrededor de 25 gramos de boro por hectárea por año (16).

La manifestación más típica por la ausencia de este microelemento es la muerte de los meristemas, en primer lugar en los órganos aéreos. La investigación anatómica demuestra que ha cesado la división celular en el meristema. Simultáneamente se observa una profunda perturbación de la disposición normal de los elementos del floema y del xilema, incluso hasta la total desaparición de estos tejidos de

¹ Trabajo realizado en el Instituto de Botánica Aplicada.

² Ingeniero Agrónomo. Profesor titular de Fisiología Vegetal de la Universidad del Nordeste.

conducción; esta es la causa de la perturbación en el traslado de sustancias plásticas de las hojas a los órganos de reserva y a los situados en la parte axil de la planta, que se observa cuando la planta tiene "hambre de boro" (20), pág. 64. BONNER y GALSTON (4) dan la siguiente descripción de la deficiencia de boro en los vegetales: "El síntoma externo es la muerte de los meristemas de la raíz y del tallo, cesando, en consecuencia, el crecimiento de la planta y la formación de hojas nuevas, razón por la cual la falta de boro en el tabaco fué llamada en ocasiones enfermedad apical. La deficiencia bórica en los órganos carnosos produce la desintegración y el pardoamiento de los tejidos internos, síntoma que se manifiesta en el meollo rojo de la remolacha, en la coloración parda interna y formación de coreho en las manzanas, y en las zonas acuosas y pardas que aparecen en los coliflores".

Las necesidades en B de las distintas especies vegetales varían mucho. En general es en las especies pertenecientes a la clase dicotiledóneas, donde se hallan las más altas necesidades en B; en cambio las monocotiledóneas satisfacen sus exigencias en este microelemento con menores cantidades. Dentro de las monocotiledóneas, donde se halla las menores cantidades en B es en la familia de la gramíneas y en esta familia hay gran diferencia entre las distintas especies en cuanto a su exigencia en B. Así mientras que la cebada en soluciones nutritivas que no contienen B da plantas con espigas estériles, el trigo en estas mismas soluciones alcanza a dar algunas espigas aunque de poca cantidad de granos (14). Otro cereal poco exigente en B es la avena; en cambio son exigentes en B, además de la cebada, el maíz y el arroz. Por supuesto no hay que sacar la conclusión de que el B es menos indispensable para la avena que para el maíz. Lo que determina la cantidad de B, como de cualquier otro microelemento, que una planta debe tomar del exterior (suelo, solución nutritiva) para tener un desarrollo y crecimiento normal, depende de dos factores: a) de la cantidad del microelemento que tiene almacenada en la semilla y b) de las necesidades cuantitativas de ese microelemento para la planta dada.

Por lo que se puede decir que para la avena, generalmente alcanza para cumplir su ciclo vital la cantidad de B que tiene almacenada en la semilla.

La cantidad de B que se halla en las monocotiledóneas oscila entre 2, 3 a 11,5 mg, por kg de materia seca; en las dicotiledóneas la cantidad hallada varía de 8 a 95 mg por kg de materia seca (2).

La cantidad de B que se encuentra en la planta no se halla uniformemente distribuida en los distintos órganos. Los órganos que contienen la mayor cantidad de B son las flores y en ellas la mayor cantidad se halla en el estigma y en los granos de polen y la menor cantidad en la corola. Así en un análisis realizado por BERTRAN y SILBERSTEIN(3); 1940, de la distribución del B en *Nicotiana rustica*,

hallaron que el contenido total de la planta en B cuando comenzaba a florecer daba un promedio de 7,4 mg por kg de sustancia seca. Su distribución en los distintos órganos fué la siguiente: 4 a 7 mg por kg de materia seca en las raíces y la parte inferior del tallo; 10,5 a 13,5 mg/kg de materia seca en las hojas más jóvenes y en las inflorescencias, excepto la corola que tenía 3,2 mg/kg de peso seco.

Las plantas depositan este microelemento en las semillas, pero el contenido en B de las semillas según BERTRAND G. y L. SILBERSTEIN⁽³⁾, 1941, puede ser mayor o menor que el correspondiente contenido de la planta. Así en determinaciones que hicieron en semillas y plantas de distintas especies de gramíneas, crucíferas y papiloinoideas, hallaron que el contenido en B de las semillas varió de 7,1 a 20,6 mg/kg de materia seca y el contenido de toda la planta varió de 2,3 a 95 mg/kg de materia seca.

La distribución de este microelemento en la semilla no es uniforme, siendo generalmente mayor su contenido en el embrión,⁴ y en el embrión es mayor su contenido en los extremos que en el centro⁽³⁾, 1944.

El B no se redistribuye o se redistribuye poquísimos en la planta. De ahí que aunque las hojas y tejidos viejos tengan un buen contenido en B, si el suministro de este microelemento por el medio nutritivo no continúa, las hojas y tejidos que se van formando bajo esas condiciones muestran los síntomas característicos de la carencia de este microelemento (10 y 18, pág. 25).

El B incide en el desarrollo del sistema radicular; cuanto más se asegura el suministro adecuado de este microelemento tanto más robusto es el desarrollo de la raíz. Esto tiene gran importancia para el cultivo de aquellas especies cuyos órganos comestibles o industriales son las raíces o hipocotilos, verbigracia la remolacha azucarera⁽¹⁸⁾ pág. 25.

Según PEIVE⁽¹⁸⁾ pág. 22, las necesidades en B de las plantas disminuyen con la disminución de la temperatura y con la disminución de las dosis de abonos fosforados.

Según SHKOLNIK y MAKAROVA⁽²⁵⁾, 1949 a, b y c, el B ejerce una acción protectora contra un exceso de cobre. Disminuye la permeabilidad del protoplasma para el cobre, especialmente cuando las temperaturas son superiores a 25°. El Zn produce, con respecto al cobre el mismo efecto que el B; pero su acción es menos pronunciada. SHKOLNIK y MAKAROVA suponen que una posible explicación de las diferencias en cuanto a las cantidades requeridas de B por las dicotiledóneas (que exigen relativamente mucho B) y las monocotiledóneas (que relativamente exigen poco B) podría ser debido a que las primeras ante pequeñas cantidades de Cu ya manifiestan síntomas de intoxicación; en cambio las monocotiledóneas soportan cantidades de Cu muy superiores a las dicotiledóneas. De donde sacan la conclusión de que las exigencias en B, al menos en parte,

se explicarían por integrar este microelemento un mecanismo de protección contra los efectos tóxicos del Cu.

El B no sólo tiene una relación con la permeabilidad citoplásmica con respecto al Cu, sino que su acción en la permeabilidad celular es mucho más compleja. Según RUBIN⁽²⁶⁾, pág. 65, una gran cantidad de trabajos experimentales han subrayado que el B, al parecer, debe ser considerado como un factor que favorece la entrada a la planta de algunos cationes. En ausencia de B las plantas no reciben del suelo la cantidad necesaria de Ca y por eso se ven privadas del catión Ca que favorece la entrada de otros cationes a sus tejidos. Por eso se puede explicar la circunstancia observada en algunos experimentos en los que el daño producido por una insuficiencia de B pudo exitosamente atenuarse con un suministro adicional de Ca al medio nutritivo. Para un desarrollo normal de la planta es necesaria una determinada relación entre los iones B y Ca en el medio de cultivo. Esta relación varía para las distintas especies. La relación óptima Ca/B (en equivalentes) para algunos cultivos es la siguiente: para la remolacha azucarera, aproximadamente 100; para el tabaco 200; para la soja 500. Es decir que las necesidades relativas de B en el medio nutritivo (en relación con el Ca) para la remolacha azucarera son 5 veces mayores que para la soja.

Que debe haber una íntima dependencia fisiológica entre las necesidades en B y en Ca lo atestigua el hecho de que algunos hongos y algas que no necesitan B para su desarrollo, tampoco necesitan Ca (RUBIN).

No sólo las plantas superiores tienen necesidad de B para poder cumplir normalmente su ciclo vegetativo, sino también los vegetales inferiores (microorganismos) tienen necesidad de este microelemento. El rol del B, según PEIVE, al regular los complejos procesos biológicos de los microorganismos del suelo, manifiesta en las plantas que tienen un trofismo simbiótico una acción múltiple y compleja. En realidad si no se hallan satisfechas las necesidades en B y demás elementos que requieren la planta superior y los microorganismos, se perturba el metabolismo de ambos y la simbiosis se transforma en parasitismo. El mismo autor dice que se puede conjeturar que la podredumbre del meollo de la remolacha y enfermedades similares que se hallan en otras plantas, que se explicaban sólo como manifestación de insuficiencia de microelementos en el suelo, son provocadas por la actividad vital de los microorganismos y son manifestaciones del pasaje de la simbiosis trófica al parasitismo. De este modo interpreta el autor las bacteriosis que afectan al lino. La introducción en el suelo de abonos con B no permite el desarrollo de las bacterias parásitas en el lino o favorece (si están parasitadas) su curación más rápida. Hay que tener en cuenta que el concepto de simbiosis tróficas que tienen los biólogos soviéticos, es mucho más amplio que el comúnmente aceptado y que interpreta como tal

el que manifiestan las leguminosas con los *Rhizobium*, algunas especies de las familias de las Rubiáceas y Dioscoriáceas que también viven en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno y que tienen la peculiaridad de formar los nódulos en las hojas, etc. En general los microbiólogos soviéticos admiten que cada especie vegetal favorece el desarrollo de varias especies de microorganismos que proliferan en enorme cantidad en la contigüidad de sus raíces, introduciéndose algunas en las mismas células de la raíz (esta zona es llamada rizosfera). Las plantas vivirían en simbiosis con los microorganismos que pululan en su rizosfera. La base material de esta simbiosis sería, por un lado, las sustancias orgánicas que secretan las raíces y por el otro lado las sustancias que tienen actividad biológica, sintetizadas por los microorganismos (verbigracia: antibióticos, vitaminas, etc), y que son absorbidas por las raíces.

Otros investigadores soviéticos creen que la relación entre plantas y microorganismos de su rizosfera es mucho más compleja y amplia.

Aún sin tener el punto de vista de los biólogos soviéticos, algunos experimentadores interpretan el hecho bien conocido de que un excesivo encañado produce una insuficiencia de B en el suelo, en el sentido de que la cal estimula la actividad microbiana, con lo que se provoca una utilización del boro por los microorganismos que conduce a una seria deficiencia de este microelemento para las plantas cultivadas (11).

Una gran parte del B absorbido se halla inmovilizado en las paredes celulares o en combinaciones intracelulares. SMITH (28) halló que en las células de la hoja de la calabaza (squash) alrededor del 50 % del B se halla inmovilizado de esa manera. PEIVE (18) pág. 23, dice que la mayor parte del B se halla en las paredes celulares de la planta, donde se encuentra combinado con la pectina y también con el alcohol metílico, siendo así uno de los componentes de las sustancias pécticas. El mismo autor señala que según los trabajos de BOVKO el B aumenta la actividad de la enzima pectasa.

El *Aspergillus niger* y el *Penicillium*, que se supone no requieren ni B ni Ca para su crecimiento, son incapaces de sintetizar verdaderos compuestos pécticos (31).

El B influye en la formación de la clorofila. En los trabajos realizados por SHKOLNIK pudo establecerse una ligazón entre el B el Fe y el N en el proceso de la formación de la clorofila (18), pág. 25. En dosis adecuadas estimula la fotosíntesis (4).

Varios trabajos han demostrado que el B influye positivamente en la síntesis y en la traslación de los hidratos de carbono. Con un suministro adecuado de este microelemento (por aspersión, tratamiento por sumersión de las semillas en soluciones de H_3BO_3 durante un número de horas, abonado del suelo, soluciones nutritivas) se obtiene un mayor contenido de hidratos de carbono en las plantas tratadas (5), (23) 1948, (9) 1948. Un trabajo interesante en el que

se analiza la influencia del B en el traslado de los carbohidratos es el realizado por ШКОЛНИК y ABDURASHITOV⁽²⁴⁾ en maíz. De este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones: el B, el Mn, el Zn, el Cu y el Mo influyen positivamente en la síntesis de los hidratos de carbono. Cuando la planta de maíz tuvo 3 hojas, el contenido en hidratos de carbono en la parte aérea de las variantes tratadas con microelementos fue superior al del testigo. Cuando la planta de maíz tuvo 6 hojas, analizando separadamente el contenido en monosacáridos, sacarosa, fracción maltosa, almidón, hemicelulosa, de tallos y hojas, se observó que el B a semejanza de los otros microelementos anteriormente citados aumentó el contenido en carbohidratos. Pero este aumento fue mucho mayor en el tallo que en la hoja.

En el tallo el aumento en hidratos de carbono fue a base de hidratos de carbono solubles (monosacáridos y especialmente sacarosa) cuyo contenido fue casi doble en relación al testigo. En cambio el contenido en almidón permaneció casi igual al testigo. Además, el B (y también los otros microelementos) aumentó el contenido en hemicelulosas en tallo y hojas. Cuando la planta de maíz se hallaba en la fase de maduración de los granos, el análisis de los distintos hidratos de carbono en hojas, tallo, semilla, chalas y marlo, en las distintas variantes, demostró lo siguiente: el B, (a semejanza de los otros microelementos citados) disminuyó, en relación al testigo, el contenido en monosacáridos, sacarosa y contenido total de hidratos de carbono en hojas y tallo. Se produjo la traslación de monosacáridos y especialmente de sacarosa a la espiga. Bajo la influencia de los microelementos aumentó significativamente el contenido en monosacáridos y especialmente de sacarosa en las semillas, chalas y marlos. También estos microelementos aumentaron excepcionalmente el contenido en hidratos de carbono solubles, especialmente sacarosa, del estigma. En este trabajo se observa, por así decirlo, gráficamente, la influencia positiva del B en la traslación de los hidratos de carbono desde las hojas a los órganos reproductores. De ahí la importancia de un suministro adecuado de B para conseguir un buen rinde en semillas, especialmente en aquellas especies que exigen cantidades relativamente grandes de B, verbigracia trébol, alfalfa.

¿Por qué mecanismo (s) influye el B en la traslación de los hidratos de carbono? Uno de ellos sería que el B (mejor dicho el H_3BO_3) tiene la facultad de formar complejos orgánicos con los azúcares (sacarosa y monosacáridos); estos complejos que tienen un carácter ácido se distinguirán por tener mayor y más fácil movilidad que los azúcares. No se sabe exactamente cuáles son estos compuestos ni se los ha podido aislar. Otro mecanismo sería el de activar los procesos de óxido reducción. En el último trabajo de ШКОЛНИК y ABDURASHITOV⁽²⁴⁾ que hemos citado los autores dicen que КУРСА-

NOV y TURKINA han demostrado que las células de los tejidos de conducción se distinguen por tener una gran intensidad respiratoria, superior a la de los otros tejidos de la hoja; y que la traslación de la sacarosa va acompañada de un aumento de la respiración de los tejidos de conducción, lo que indica un significativo gasto de energía, que es necesaria para el traslado de las moléculas de azúcar en los tubos cribosos.

En el mismo trabajo ⁽²⁴⁾ SHKOLNIK y ABDURASHITOV estudiaron la influencia de los microelementos citados incluyendo el B, en varios sistemas de óxido-reducción y hallaron que aumentan el contenido del ácido ascórbico, y la actividad del ácido ascórbico oxidasa, que aumentan la actividad de la polifenol oxidasa y de la peroxidasa y que también, por supuesto, aumentan la intensidad respiratoria. Estos resultados, en general, están de acuerdo con los obtenidos por otros autores. SHKOLNIK y ABDURASHITOV dicen que aparentemente el Mn, el Cu, el Mo y el Zn influyen positivamente en la traslación de los hidratos de carbono por su capacidad en aumentar la intensidad respiratoria, con la que se suministra la energía necesaria para su traslado y también porque esos elementos tienen la capacidad de combinarse con las sustancias orgánicas, incluidos los azúcares (según demostraron C. F. MILLS; P. POLLARD y P. SMITH). En lo que respecta al B deducen que su influencia positiva en la traslación de los hidratos de carbono, debe buscarse, no en la incidencia de este microelemento sobre la actividad de los procesos de óxido-reducción, sino en su capacidad de dar compuestos orgánicos con los azúcares que son más móviles que éstos. Esta conclusión se basa en experiencias que demuestran que bajo condiciones exteriores que estimulan excesivamente los procesos de oxidación de la respiración, como ser altas temperaturas o el suministro de grandes dosis de cal, este microelemento a menudo disminuye la actividad de los fermentos oxidativos y la intensidad de la respiración; y sin embargo, bajo estas mismas condiciones exteriores el B no disminuye la traslación de los hidratos de carbono sino que acelera su traslado.

En las plantas que sufren de insuficiencia de B, los azúcares y el almidón se acumulan en las hojas (lo que era dable esperar por disminuir la traslación de los azúcares) y se debilita la actividad hidrolítica de la invertasa ⁽¹⁵⁾ pág. 24. En cambio con un suministro de este microelemento, los hidratos de carbono se acumulan especialmente en los órganos reproductores, en las semillas y en los órganos de reserva, de ahí la incidencia positiva de este microelemento en los rindes y en la calidad de ciertos cultivos (rindes de semillas de leguminosas, aumento del contenido en sacarosa en la remolacha azucarera, del contenido en almidón en la papa, etc.).

Por una insuficiencia de B en las plantas se perturba el metabolismo de los hidratos de carbono y el proteico. De ahí que en esos

casos se observe una acumulación de azúcares y nitrógeno amoniacal. También disminuye la rapidez de la oxidación de los azúcares y de la aminación de los productos del metabolismo de los hidratos de carbono, todo lo cual incide negativamente en la síntesis de proteínas (¹⁸) pág. 23, fenómenos explicables si se toma en cuenta la incidencia de este microelemento en la síntesis y traslación de los azúcares y en la actividad de ciertas enzimas.

El B parece incidir también en el metabolismo fosforado. En estudios realizados en girasol (⁹) 1950, se demostró que con carencia de B se acumula en las hojas más fósforo inorgánico que orgánico; suministrando este microelemento el contenido del fósforo inorgánico declina y aumenta el contenido en fósforo orgánico. Según RUBIN (²⁰) pág. 64, se ha observado en algunos ensayos que en plantas deficientes en B se dificulta el proceso de formación de los ésteres fosforados de la glucosa y la síntesis de A T P, lo que produciría una declinación de los procesos sintéticos endotérmicos incluida, entre ellos, la síntesis proteica. Esta podría ser probablemente la causa de la detención de la formación de nuevas células en los meristemas, fenómeno que se observa cuando hay carencia de B. Hemos citado más arriba que el B incide positivamente en la actividad de las siguientes enzimas: polifenol oxidasa, peroxidasa, ácido ascórbico oxidasa y pectasa. Se ha demostrado que también aumenta la actividad de la catalasa (⁹) 1948; (¹⁷) y que disminuye la actividad de la D O P A oxidasa cuando se halla en concentraciones relativamente altas (¹²) y (⁷). Aumenta la actividad de la invertasa y de la amilasa (⁵).

Un fenómeno interesante es el posible reemplazo del B por el H_2O_2 . SHKOLNIK ET AL. (²⁷) y (¹⁸) pág. 22, realizaron experiencias con lino (planta que requiere concentraciones relativamente altas de B). Lo cultivaron en soluciones nutritivas en ausencia total de B, agregando diariamente 3 gotas de H_2O_2 al 1 - 10 % por cada 2 litros de solución nutritiva. De este modo pudieron evitar la muerte de los meristemas y la aparición de bacteriosis del lino (síntomas característicos de la deficiencia de B en el lino). Las plantas se desarrollaron fuertes y el sistema radicular fué completamente normal. La única diferencia que hubo entre las plantas tratadas con H_2O_2 y las plantas a las que se suministró B, fué que las primeras dieron un rinde un tanto menor que las segundas, pero en su aspecto general eran normales y sanas. De esto deducen SHKOLNIK y colaboradores que la función principal del B es incrementar el suministro de oxígeno a los tejidos vegetales y particularmente al sistema radicular y que esa acción la realiza facilitando la formación de peróxidos orgánicos. En las experiencias realizadas por SHKOLNIK ET AL. aereación de la solución nutritiva en la variante sin B, no la produjo mayores efectos positivos y las plantas tuvieron un desarrollo subnormal.

Otro aspecto interesante de la influencia del B es que aumenta la resistencia a la sequía. Esta acción del B parece efectuarse a través de la influencia que ejerce sobre las propiedades físico-químicas de los coloides protoplasmáticos, pues aumenta la viscosidad del protoplasma. Generalmente las plantas resistentes a la sequía tienen una mayor viscosidad protoplasmática que las no resistentes⁽²³⁾ 1947 y⁽²⁶⁾. Además del B esta misma acción la producen el Mn, el Zn y en menor grado el Cu.

Considerando las influencias múltiples que tiene este microelemento en funciones esenciales del vegetal, era dable esperar que en determinadas condiciones en que el suelo no satisficiera las necesidades requeridas de este microelemento o cuando su suministro fuese inferior a la cantidad óptima, se consiguiese un aumento en el rinde o en la calidad (a veces en ambos aspectos) de ciertos cultivos, suministrando a los mismos cantidades adecuadas de B, utilizándose en unos casos como fuente de B, el ácido bórico y en otros el bórax. Así, por ejemplo, se ha conseguido un aumento del rinde en arroz. Es interesante hacer notar que un exceso de B deprime el crecimiento del arroz. La cantidad óptima en soluciones nutritivas fué de 0,01 - 1 p. p. m. Un suministro superior a 20 partes por millón ejerció un efecto deprimente,⁽³⁰⁾ 1938 y⁽²⁹⁾. Se puede establecer como una regla, no sólo para el B, sino también para los demás microelementos que se consideran indispensables, que su suministro en exceso produce en el vegetal efectos nocivos y a veces deletéreos.

Por tratamiento con distintas concentraciones de B (de 0,5 a 3,0 p. p. m.), se obtuvo un aumento en el número de frutos y en el peso de ellos, en la tomatera. Pero es interesante hacer notar que el contenido en carbohidratos de los frutos maduros disminuyó en relación al testigo⁽⁸⁾.

En tabaco, en experimentos realizados en macetas con arena, se determinó que la cantidad óptima del suministro de B, fué de 1 - 2 mg por planta (lo que representaría de 2 - 2,8 kg/Ha de bórax). El suministro de la cantidad adecuada influye favorablemente en el color de las hojas, en su contenido en Ca y en la calidad de la combustión (burning quality)⁽²¹⁾.

En yute (*Corchorus capsularis*) en un ensayo realizado en arena, la variante a la que se le agregó 0,1 p. p. m. de B, fué la que dió el mayor crecimiento⁽¹⁶⁾.

En remolacha azucarera, con el suministro de B se aumentó el rinde y el contenido en sacarosa. Un efecto similar se obtuvo adicionando Mn; pero suministrando B y Mn conjuntamente el efecto fué superior al producido por cada uno de estos microelementos separadamente. Asimismo se obtuvo un efecto beneficioso en maíz y en vid⁽¹²⁾.

En las leguminosas, con el abonado con B se ha obtenido un aumento significativo en el rinde de semillas y también de heno. Así

en un ensayo realizado con trébol rojo (*T. pratense?*) mientras que el testigo sin B rindió 2, 18 quintales de semilla y 41,0 quintales de heno, la variante a la que se le adicionó B en forma de H_3BO_3 a razón de 2 Kg de B por Ha rindió 4,17 quintales de semilla y 47,1 quintales de heno, lo que representa un aumento en el rinde con respecto al testigo de 91,3 % de semillas y 14,9 % de heno. Con este trébol, la mayor efectividad del abonado con B se consigue en los suelos ácidos encalando hasta obtener un pH de 6,5 - 7,0. En suelos débilmente ácidos, que tenían un pH aproximado de 5,5 el abonado con B (sin encalar) dió un aumento en el rinde de semilla en trébol de 35 - 55 % y en alfalfa el aumento en el rinde de semilla fué de 23 % ⁽¹⁸⁾ pág. 13.

En lino, sobre un fondo de abonado con NPK, en la variante a la que además de este abono se le agregó B, se obtuvo un aumento del rinde en fibra y en semilla y, además, la calidad de la fibra fué superior a la obtenida en la variante a la que no se adicionó B. Como fuente de B se utilizó bórax. La dosis óptima fué de 3 Kg de bórax por Ha ⁽¹⁸⁾ pág. 70.

En papa, el contenido en almidón (promedio de 8 ensayos) en la variante sin B fué 13,7 % \pm 0,5; y en la variante con B fué 14,3 % \pm 0,7. En remolacha azucarera el contenido en azúcar, promedio de 23 ensayos, en la variante sin B fué de 17,1 % \pm 0,3 y en la variante con B 18,1 % ⁽¹⁸⁾ pág. 84.

En lo que respecta al algodónero, se ha demostrado que es un cultivo que tiene grandes requerimientos en B y que una concentración adecuada de este microelemento favorece mucho la fructificación ⁽⁹⁾. Se ha conseguido un aumento en el rinde de fibra y semilla de 11 - 13 % abonando con B (2,8 Kg de bórax por Ha) ⁽²²⁾.

Como sucede con todo elemento indispensable, el efecto positivo o negativo del abonado con B depende de la cantidad que el suelo contiene de este microelemento, de sus proporciones relativas con respecto a los otros elementos indispensables y de las necesidades del cultivo que se siembra en ese suelo. También sería un factor a tener en cuenta, la cantidad de microelemento contenida en la semilla, la que varía con la especie y con la cantidad de este microelemento del suelo en que se cultivó la planta.

Para el algodónero se ha determinado que cuando el suelo contiene más de 5 p. p. m. de B, es tóxico ⁽²⁰⁾ 1937.

Un ensayo interesante se realizó en 1939 en algodónero (Novikov et al.) ⁽¹⁵⁾. El ensayo consistió en la sumersión de semillas de algodónero en agua y en soluciones de H_3BO_3 al 0,4 % y al 0,7 %, durante 48 horas a 25°, luego fueron sembradas en tierra, salina y no salina, las que fueron abonadas. Las plantas originadas de semillas que habían estado en las soluciones de H_3BO_3 superaron al testigo en número de cápsulas y en crecimiento. El mayor rinde se obtuvo

en el suelo no salino con las semillas tratadas con la solución al 0,4 % de H_3BO_3 y en los suelos salinos con la concentración de 0,7 %

Este ensayo planteó la posibilidad de tratar antes de la siembra las semillas del algodónero así como las de otros cultivos con soluciones de microelementos. Esta línea de trabajo fué seguida posteriormente por distintos experimentadores.

SUMMARY

In this paper the author makes a sort of critic revision of the function of boro microelement in plant organism.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BAURMEISTER, W., 1943. — Influence of boron on photosynthesis and respiration of submersed plants. *Bibliography of Literature on the Minor elements. Chilean Nitrate Educational Bureau, Inc.* 1948. Fourth Edition, **1**, (3): 113.
- (2) BERTRAND, G. et al., 1941. — The distribution of B in plants. *Bibliography on... etc.*, 1948, **1** (2): 120.
- (3) BERTRAND, G. and SILBERSTEIN, L. 1940. — Distribution of boron in the organs of *Nicotiana rustica*. *Bibliography of Literature... etc.* 1948, **1** (5): 119.
(1941) — Boro content of seeds. *Bibliography of Literature... etc.*, 1948, **1** (6): 119. (1944) — The distribution of boron in different parts of seed. *Bibliography of Literature... etc.*, 1948, **1** (1): 120.
- (4) BONNER, J. y GALSTON, A. W., 1955. — Principios de Fisiología Vegetal. Madrid. *Editorial Aguilar*: 61 y 62.
- (5) BUZOVER, F. Y., 1951. — Effect of boron on accumulation of carbohydrates and enzymic activity of potato. *Bibliography of Literature... etc.*, 1953, **3** (4): 9.
- (6) GA. AGR. EXP. STA. 46TH. ANN. RPT., 1933-34. — Cotton nutrition, pág. 29. *Bibliography of Literature... etc.*, 1948, **1** (2): 167.
- (7) GOUCHER, C. and MAC VICAR, R., 1951. — Inhibition of Dopaoxidase by borate. *Bibliography of Literature... etc.*, 1955, **4** (1): 13.
- (8) GOVINDAN, P. R., 1952. — Influence of boron on the yield and content of carbohydrates in tomato fruits. *Bibliography... etc.*, 1953, **3** (3): 12.
- (9) IAKOVLEVA, V. V., 1948. — The influence of boron on the biochemical changes in the roots and leaves of the sugar beet. *Bibliography... etc.*, 1953, **3** (2): 26.
(1950) Effect of boron on transformation of phosphorus compounds in plants. *Bibliography of... etc.*, 1953, **3** (3): 264.
- (10) KY. AGR. EXPT. STA., ann. Rept. 1936, 21-2 (1937): Boron in plant growth. *Bibliography of Literature... etc.*, 1948, **1** (2): 199.
- (11) LYON, T. L. y BUCKMAN, H. O., 1947. — Edafología. *Acme Agency*: 406.

- (12) MAC VICAR, R. and BURRIS, R. H., 1948. — Relation of boron to certain plant oxidases. *Bibliography . . . etc.*, 1951, 2 (5): 21.
- (13) MENAGARISHVILI, A. D. and LAZHAVA, V. V., 1950. — Effectiveness of microelements in agricultural yields on some Georgia (Transcaucasia) soils. *Bibliography . . . etc.*, 1953, 3, (3): 18.
- (14) MAXIMOV, N. A., 1958. — Curso breve de Fisiología vegetal. (En ruso). *Editorial del Estado de Literatura Agrícola*. Moscú: 222; 223.
- (15) NOVIKOV, V. A. and SADOVSKAIA, R. O., 1939. — Soaking of cotton seed in boric acid as a mean to satisfy its boron requirement and increase salt resistance. *Bibliography . . . etc.*, 1948, 1 (6): 233.
- (16) PALIT, BENOY KRISHNA, 1940. — Beneficial effect of boron on jute. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1948, 1 (1): 240.
- (17) PATTANAIK, S., 1950. — Effect of boron on the catalase activity of rice plant. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1951, 2 (2): 26.
- (18) PEIVE, I. A. V., 1954. — Los microelementos en la Agricultura en la faja de los no chernoziom de la URSS. *Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS*. Moscú. (En ruso). Págs. 2; 22; 23; 24; 13; 70 y 81.
- (19) PIETERBURGSKY, A. V., 1957. — La alimentación radicular de las plantas. Moscú. *Editorial del Estado de Literatura Agrícola*. (En ruso). Págs. 80 y 81.
- (20) RUBIN, A. B., 1956. — Fisiología Vegetal. Moscú. *Editorial del Estado "Ciencia Soviética"*. (En ruso). Tomo 2, págs. 64 y 65.
- (21) SCHMID, K. — The effect of boron on yields and quality of tobacco. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1953, 3 (7): 21.
- (22) SEKIBIN, D. M., 1939. — The dynamics and accumulation of nutritive elements in connection with various heights of the crop of cotton plants and with various amounts of fertilizers added. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1948, 1 (4): 268.
- (23) SHKOLNIK, M. IA., 1947. — The minor elements problem in the light of the newest data. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1951, 2 (3): 32. (1948), Influence of microelements on the carbohydrate metabolism of plants. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1953, 3, (6): 22.
- (24) SHKOLNIK, M. IA. y ABDURASHITOV, S., 1958. — Influencia de los microelementos en la síntesis y en la traslación de los hidratos de carbono. *Fiziologičeskii žurnal*, 5 N.º 5. (En ruso).
- (25) SHKOLNIK, M. IA. y MAKAROVA, N. A., 1949 (a). — Antagonism of boron and copper. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1951, 2, (4): 32. 1949 (b), Boron and zinc requirements of plants under varying conditions of growth medium. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1951, (2), (1): 33. 1949 (c), Possible reasons for different boron requirements in mono and dicotyledonous plants. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1951, 2 (2): 33.
- (26) SHKOLNIK, M. IA. and NATHANSON, N. E., 1953. — Viscosity of the protoplasm in various sorts (according to drought resistance) of wheat and barley and the effect of trace elements on it. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1955, 4 (4): 21.
- (27) SHKOLNIK, M. IA. and STEKLOVA, M. M., 1951. — Physiological role of boron in plants. *Bibliography of Literature . . . etc.*, 1953, 3 (1): 23.

- (28) SMITH, MALCOM, E., 1944. — The rol of B in plant metabolism. I. B in relation to the absortion and solubility of Ca. *Bibliography of Literature*. . etc., 1948, **1** (5): 273.
- (29) TOKUOKA, MATSUO and HITOSHI MOROOKA, 1936. — Effects of boron for the growth of the rice plant. II. Accelerating action of boron for the growth of the rice plant. *Bibliography of Literature*. . . etc., 1948, **1** (4): 280.
- (30) TOKUOKA, MATSUO and SUISEN DYO (1937). — Fertilization for cotton. I. Efficacy of boron for cotton plantations. *Bibliography of Literature*. etc., 1948, **1** (3): 279. (1938), Effect of boron on the growth of rice plant III. Water culture experiments. *Bibliography of Literature* . etc., 1948, **1**, (4): 279.
- (31) WINFIELD, M. E., 1945. — The role of boron in plant metabolism. III. The influence of boron on certain enzyme systems. *Bibliography of Literature* etc., 1948, **1** (5): 298.