

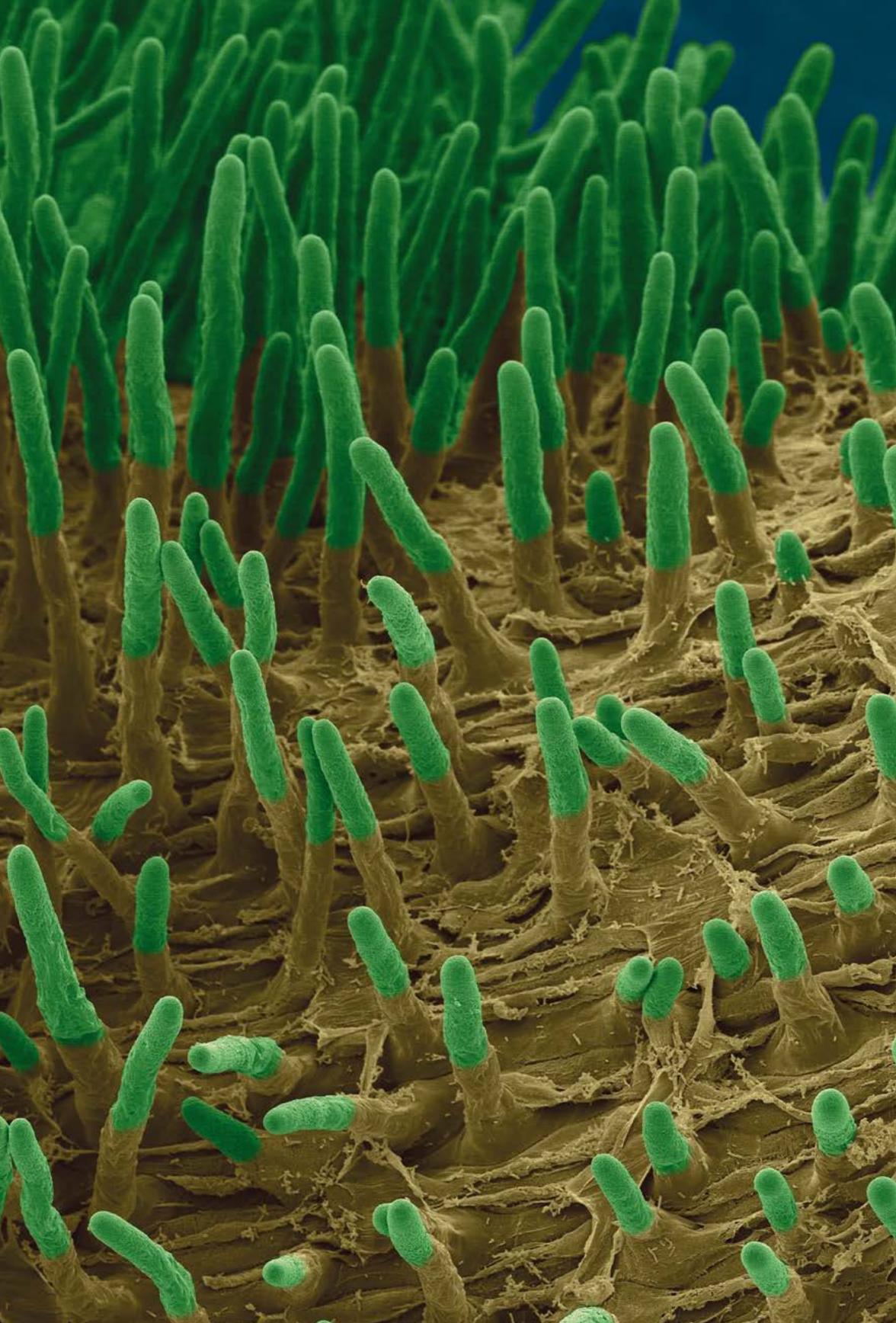
Cultivar con NUTRIENTES

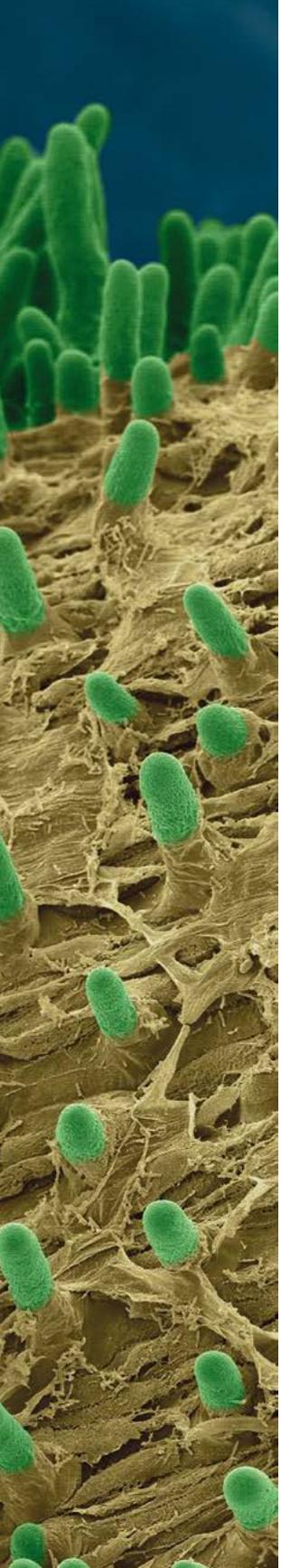
La guía del jardinero orgánico para optimizar la nutrición de las plantas



CULTIVAR CON NUTRIENTES







JEFF LOWENFELS

CULTIVAR
CON NUTRIENTES

*La guía del jardinero orgánico
para optimizar la nutrición
de las plantas*


melusina

Título original: *Teaming with Nutrients. The Organic Gardener's Guide to Optimizing Plant Nutrition*

© 2013 by Jeff Lowenfels

This edition published by arrangement with Timber, an imprint of Workman Publishing Co., Inc., a subsidiary of Hachette Book Group, Inc., New York, New York, USA. All rights reserved.

© De la traducción del inglés: Carlos Gual Marqués

© Editorial Melusina s.l.

www.melusina.com

El editor agradecerá que se le haga llegar cualquier comentario, duda o sugerencia a la siguiente dirección de correo electrónico: info@melusina.com

Reservados todos los derechos de esta edición

Primera edición: mayo de 2023

Imagen de cubierta: Getty images

Diseño de cubierta: Araceli Segura

Fotocomposición: Carolina Hernández Terrazas

Imagen de portada y contraportada: Micrografía electrónica de barrido de los pelos radiculares desarrollándose en un rábano durante la germinación de la semilla.

eISBN: 978-84-18403-74-3

CONTENIDO

Prólogo de Mike Amaranthus

Agradecimientos

Introducción

1. La célula vegetal
2. Algo de química básica
3. La botánica para la nutrición de plantas
4. Los nutrientes
5. El movimiento del agua en las plantas
6. El movimiento de nutrientes a través de las plantas
7. Las moléculas de la vida
8. La importancia del análisis del suelo
9. Factores que influyen en la disponibilidad de nutrientes
10. Qué y cuándo alimentar a las plantas

Epílogo

Glosario

Créditos de las ilustraciones y fotografías



Prólogo

A menos que seas un científico que se ocupa de las micorrizas, probablemente nunca te hayas parado a pensar en cómo se alimentan las plantas. La mayoría de los jardineros piensa que el cultivo de un buen tomate se basa en la fotosíntesis y en mezclar un poco de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K). Jeff Lowenfels demuestra lo errónea que es esta suposición.

Este nuevo libro es el complemento perfecto del primer y segundo libro de Jeff, *Cultivar con microbios* y *Cultivar con hongos*, que explican con gran habilidad el importante funcionamiento de la red de nutrientes del suelo en el suministro de nutrientes a las plantas. Ahora puedes saber qué hacen las plantas con estos nutrientes, cómo los obtienen en sus raíces, y qué ocurre con los nutrientes una vez que están en la planta.

He estudiado la ciencia de cómo las plantas absorben los nutrientes durante la mayor parte de mi carrera. He necesitado mucha química y biología para llegar a donde estoy hoy. Solo desearía haber tenido este libro cuando era mucho más joven y me estaba iniciando en la ciencia de las plantas y la micología; me habría ahorrado mucho tiempo y un doloroso aprendizaje. Jeff tiene el don de ser capaz de explicar la ciencia complicada de forma que sea comprensible al instante e incluso agradable. Te lleva de la mano en los momentos difíciles, te guía por la ciencia y luego retoma el vuelo una vez que sabe que has captado los conceptos.

El libro de Jeff es tan oportuno como informativo. Demasiados jardineros creen que están tomando el camino de la modernidad echando a ciegas el abono sintético N-P-K siguiendo una imagen del etiquetado o un anuncio en la televisión. Dejamos que la química tome el control. Sabemos poco de lo

que hacemos, pero lo hacemos de todos modos. El resultado ha sido un aumento alarmante de la contaminación por fósforo y nitrógeno.

Los jardineros N-P-K deben su práctica al gran científico Justus von Liebig, el padre de los fertilizantes artificiales. Lo que la mayoría no sabe es que, más tarde en su vida, von Liebig reconoció que había cometido un grave error al basarse exclusivamente en la química. De hecho, vio los efectos negativos de los fertilizantes artificiales en la vida del suelo en su propio huerto y a partir de entonces prefirió la materia orgánica a los fertilizantes químicos inorgánicos que había ideado. En sus propias palabras: «Después de conocer la razón por la que mis fertilizantes no eran eficaces de forma adecuada, fui como una persona que recibía una nueva vida». Comprender cómo funcionan los nutrientes nos hará ver la luz y, en última instancia, nos hará mejores jardineros con jardines más sostenibles.

Trabajo con jardineros de todo el mundo. Con independencia de su idioma, cultura o edad, la historia es siempre la misma: todos los jardineros quieren tener éxito. Los buenos son los que aprenden todo lo que pueden sobre el funcionamiento de las plantas, porque saben que esta información les permitirá contrarrestar lo que no pueden controlar. Estoy seguro de que la información de este libro aumentará en gran medida la base de conocimientos de cualquier aficionado a la jardinería, y le permitirá compensar en mayor medida los factores que escapan a su control.

Ya es hora de que todos aprendamos cómo comen las plantas.

MIKE AMARANTHUS

Científico jefe y presidente de Mycorrhizal Applications, Inc.

Agradecimientos

Hay dos personas que deben ser reconocidas. La primera es Judith Hoersting, mi mejor amiga y esposa, que compartió conmigo biología celular, química, nutrientes esenciales, mi MacBook y la biblioteca de Portland durante un año mientras me sacaba esto del cuerpo. La segunda es Lisa D. Brousseau, que apareció de la nada y editó este libro para darle forma. Mantuvo la historia en la buena senda; aportó ideas, correcciones y sugerencias útiles; y sufrió teniendo que trabajar con la persona menos dotada del mundo para revisar un texto.

Pienso a veces que nunca la rosa abrió más roja
que sobre el suelo ungido por la sangre de un César
y el jacinto glorioso que del sol se sonroja,
de una cabeza antigua caído al surco se antoja.

Omar Jayam

Astrónomo y poeta persa del siglo XI

Introducción

¿Cómo comen las plantas? Estoy seguro de que esta es una pregunta antigua. Probablemente surgió hace 10.000 años después de que algún jardinero observara que el pescado podrido hacía maravillas con las plantas. Tampoco podía faltar la observación de que la orina tenía un efecto beneficioso sobre las plantas. Estos y otros abonos naturales no mencionados en público ayudaron a desencadenar la revolución neolítica, la transición de cazador-recolector a agricultor-jardinero. Incluso en la antigüedad, alimentar a una población cada vez mayor requería avances hortícolas. Las civilizaciones azteca y maya, por ejemplo, se dedicaban por completo al cultivo de alimentos para mantener a sus poblaciones crecientes. Ofrecían a sus dioses sangre en sacrificio para asegurar una buena cosecha. Quizá esta práctica surgió de la observación de que en la tierra ensangrentada por el sacrificio de un animal o como resultado de un golpe mortal durante una acalorada batalla crecían mejores plantas.

Vengo de una larga línea de usuarios de fertilizantes naturales. Mi abuelo y mi padre me enseñaron a enterrar los peces huesudos no comestibles que pescábamos cada verano bajo los rosales y las tomateras. También tuvimos un caballo durante un tiempo, y gallinas, gansos, patos y conejos. Conocíamos las maravillas del estiércol. No voy a hablar del uso de la orina como fertilizante, pero con tres niños creciendo en más de tres hectáreas, ten por seguro que se aplicaba a todo tipo de plantas en abundancia, con distintos efectos sobre ellas. Hoy, los jardineros utilizan fertilizantes caseros y comerciales, abonos y acolchados. Muchos se limitan a seguir las instrucciones sin pensar en lo que esos polvos y líquidos hacen realmente. Nos alegramos de que lo hagan.

Después de más de cincuenta años de jardinería, me di cuenta de que no sabía gran cosa sobre los fertilizantes, aparte de lo que aprendí de mi familia y de mi propia observación con el paso de los años. Cuando empecé a preguntar a mis amigos jardineros qué podían decirme sobre los fertilizantes, descubrí un hecho sorprendente: no encontré a ningún jardinero que pudiera decirme cómo funcionaban. Al parecer, los jardineros de hoy en día no saben más sobre cómo funcionan que nuestros primeros ancestros. Nos basamos en el mismo principio, la observación, que, por desgracia, incluye la publicidad.

Sin embargo, la forma en que comen las plantas ha sido objeto de debate probablemente desde los primeros tiempos. Los antiguos griegos, por ejemplo, se enzarzaron en discusiones sobre lo que debía utilizarse como fertilizante que recuerdan a los argumentos modernos sobre lo orgánico frente a lo inorgánico. El científico del siglo XVII Jean Baptiste van Helmont demostró que, en realidad, las plantas no necesitaban fertilizantes, solo agua. Un siglo después, el inglés Jethro Tull y otros promovieron la idea de que el carbono de las plantas procedía de las partículas orgánicas del suelo que solo entraban a través de las raíces. De ahí que Tull tuviera la idea de pulverizar las partículas del suelo para hacerlas más comestibles para las raíces, y así nació la práctica de la roturación.

A mediados del siglo XIX, el químico alemán Justus von Liebig demostró que las plantas obtienen el carbono del dióxido de carbono de la atmósfera. También examinó las cenizas de las plantas quemadas y vio que contenían minerales que obviamente no procedían del humus orgánico ni de las partículas del suelo. De estos estudios surgió la teoría mineral de la nutrición de las plantas de von Liebig, que afirma que las plantas necesitan ciertos minerales y que estos pueden devolverse al suelo en forma inorgánica para que las plantas puedan crecer en suelos desprovistos de ellos.

Von Liebig experimentó en un campo de la campiña inglesa desde 1845 a 1849, cultivando con abonos artificiales, los primeros fertilizantes sintéticos. Sin embargo, cometió un error. Von Liebig pensaba que las plantas obtenían el nitrógeno de la atmósfera, así que no lo añadió a sus suelos.

A sus plantas no les fue bien. Rápidamente se demostró que estaba equivocado sobre la procedencia del nitrógeno, así que él y otros prepararon fórmulas de fertilizantes inorgánicos que contenían nitrógeno y funcionaban bien. De hecho, funcionaban tan bien como los abonos. Tras solo unos años de pruebas, los resultados fueron tan impresionantes que hicieron que von Liebig predijera: «Llegará un momento en que los campos se abonarán con una solución de vidrio (silicato de potasa), con las cenizas de la paja quemada y con las sales del ácido fosfórico, preparadas en las fábricas de productos químicos, exactamente como se administran actualmente los medicamentos para la fiebre y el bocio».

Los experimentos de von Liebig y los esfuerzos de sus contemporáneos competidores condujeron al nacimiento y crecimiento de la industria de los fertilizantes químicos. Los primeros fertilizantes de este tipo se vendieron en 1845, y así comenzó un enorme cambio en el modo de vida de la sociedad. Por primera vez en la historia, los agricultores no tuvieron que depender de los animales para los abonos. Podían esparcir productos químicos inorgánicos en sus campos, productos químicos que podían fabricarse en fábricas o extraerse de la tierra.

La importancia de este cambio no se le escapa a nadie que haya tenido un perro o un gato. Los animales requieren una alimentación costosa y muchos cuidados. Ocupan un terreno valioso y consumen muchos nutrientes. La invención de los abonos artificiales permitió cultivar sin tener animales (aunque ojalá el perro, al menos, pudiera quedarse).

Antes de la década de 1850, cuando un agricultor agotaba sus tierras tenía que recurrir a costosos abonos de origen animal o, como hacían los agricultores estadounidenses, buscar nuevas tierras. El Oeste americano se colonizó en parte porque los primeros agricultores estadounidenses no tenían suficientes animales para producir suficiente estiércol para reponer sus suelos. El lema estadounidense de que la expansión del país era el «destino manifiesto» tenía más que ver con la agricultura de lo que nos enseñan en la escuela. Cuando los nutrientes del suelo se agotaban, era más barato y más fácil trasladarse al Oeste y empezar de nuevo.

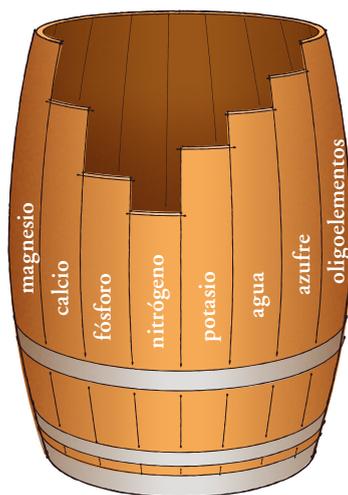
Pocos agricultores se preocupaban realmente, y mucho menos entendían, por qué estos productos químicos inorgánicos funcionaban, siempre y cuando lo hicieran. ¿Qué más había que saber? Sin embargo, la nueva ciencia de la agricultura estaba floreciendo. Justus von Liebig, considerado por la mayoría como el padre de la ciencia agrícola moderna, hizo una nueva contribución en 1863 cuando propuso la ley del mínimo. En ella dice: «Un abono que contiene varios ingredientes actúa de esta manera: el efecto de todos ellos en el suelo se acomoda a aquel de ellos que, en comparación con las necesidades de la planta, está presente en la menor cantidad». En otras palabras, el crecimiento de la planta está limitado por el mineral menos abundante, independientemente de la abundancia de los demás minerales. Esta idea afecta a la forma de utilizar los fertilizantes incluso hoy en día. (Por cierto, puede que von Liebig se apropiara de la ley del mínimo de Carl Sprengle, que al menos merece ser mencionado aquí.)

La aplicación de la ley del mínimo reveló que las plantas utilizaban los elementos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en mayor cantidad y que eran los nutrientes que más necesitaban si querían prosperar en suelos agotados. Esto dio lugar a la era de la medición de la cantidad de nitrógeno, fósforo

y potasio (y otros elementos nutritivos esenciales para las plantas) y de la enmienda de las deficiencias con fertilizantes inorgánicos. Hoy en día, cualquier fertilizante que se vende en el mundo lleva tres números en el envase que representan el porcentaje en peso de cada uno de esos elementos: la relación N-P-K.

En consecuencia, muchos jardineros piensan que solo tienen que buscar estos tres números para saber qué abono utilizar. De hecho, los fabricantes de fertilizantes lo hacen aún más fácil. Hoy en día, lo único que tiene que hacer un jardinero es mirar las imágenes del etiquetado de los envases de fertilizantes. Localiza los tomates, plantas anuales, perennes, plantas de interior u orquídeas que quieras alimentar y compra el producto. Por supuesto, existe todo tipo de publicidad para que te convenzas de que necesitas saber aún menos: solo tienes que comprar una marca concreta y tus plantas irán bien.

Afortunadamente, al igual que los neandertales, aquellos primitivos jardineros neolíticos, la mayoría de nosotros somos capaces de dar un poco de sentido a las cosas gracias a nuestras propias observaciones. Los jardineros de hoy en día saben que, si se echa mucho nitrógeno en el césped, este crece como un loco y hay que cortarlo más a menudo. Así que el nitrógeno tiene algo que ver con las hojas y el crecimiento. Las hojas amarillas con venas verdes vuelven a ser hojas verdes con venas verdes cuando se añade hierro al suelo. Así que el hierro debe tener algo que ver con que la planta sea verde.



La ley del mínimo de von Liebig establece que, si un nutriente no alcanza el mínimo requerido por una planta, entonces no importa la cantidad que añadas de los demás.

En resumen, el barril solo aguanta hasta su duela más baja.

Sin embargo, muchos jardineros simplemente creen en el poder de los fertilizantes porque están expuestos a la publicidad. El fosfato, nos tienen dicho, ayuda a que crezcan raíces sanas. A menos que se desentierren las raíces, ¿quién puede saberlo realmente? Pero yo soy un creyente. El boro es necesario para la polinización. Vale. Y el calcio o el magnesio tienen algo que ver con la prevención de las manchas en los tomates.

¿POR QUÉ IMPORTA?

Aunque la jardinería consiste en cultivar plantas, muchos jardineros no entienden cómo llegan los nutrientes al interior de las plantas para que puedan crecer, o cómo contribuyen los nutrientes al crecimiento (y a flores más hermosas, verduras más sabrosas, árboles más sanos) una vez dentro. Cuando comprendas cómo funcionan los fertilizantes, cómo llegan a las plantas y qué hacen a partir de ahí, no tendrás que depender de alguien que solo adivina lo que necesitan tus plantas. Sabrás algo sobre cómo funcionan los fertilizantes y si lo que pagas vale la pena. La información es poder. Saber cómo funcionan los fertilizantes también debería convertirte en un jardinero más sostenible y ayudar al planeta. Detengámonos en el nitrógeno, por ejemplo. La producción de fertilizantes sintéticos a base de nitrógeno es un proceso de fabricación que consume mucha energía. Más del 5 por ciento de la producción mundial de gas natural se utiliza para fabricar estos fertilizantes. Hace menos de cien años, todo el nitrógeno disponible para las plantas en el mundo (excepto una pequeña parte fijada durante las tormentas eléctricas) era producido por los microbios. Todo el nitrógeno en tu cuerpo se producía de forma natural, mientras que hoy en día la mitad de tu nitrógeno proviene de fuentes sintéticas. Además, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados provoca una grave contaminación. Los jardineros utilizan tres veces más nitrógeno por hectárea que los agricultores. Esto da lugar a un exceso de nutrientes que son arrastrados a los cursos de agua y dañan los ecosistemas acuáticos.

Utilizar los nutrientes esenciales de las plantas de forma adecuada ayudará a evitar algunas graves catástrofes medioambientales que ya se están produciendo. Fabricar nitrógeno para que los jardineros lo desperdicien en cantidades prodigiosas no es nuestro único problema. El mundo está a punto de alcanzar el máximo de su capacidad de producción de fósforo. La precipitada disminución de la disponibilidad de este nutriente clave ha llevado a algunos a predecir que quedan menos de cincuenta años para que se agote. Más vale que los jardineros utilicen prácticas sostenibles o pondremos a prueba la ley del mínimo en lo que respecta a los nutrientes de las plantas. Y este es un asunto grave.

Los investigadores estudian la absorción y el uso de nutrientes por parte de las plantas porque influyen en muchas tecnologías importantes que nos afectan a todos. La modificación genética de las plantas y la creación de pesticidas, herbicidas y biocidas orgánicos e inorgánicos tienen que ver con la forma de comer de las plantas. Por ejemplo, muchos herbicidas actúan interfiriendo en el sistema de nutrientes de una planta, impidiendo que algún nutriente llegue a la planta y provocando que muera. Muchas plantas modificadas genéticamente están diseñadas para resistir al glifosato (disponible para los jardineros como Roundup). A medida que se siembran más cultivos genéticamente modificados, una cantidad cada vez mayor de glifosato se abre paso en el medio ambiente. Si no entiendes cómo funciona el sistema de nutrientes de las plantas a nivel químico, no puedes entender el actual debate sobre los organismos modificados genéticamente y el glifosato. Una vez entiendas cómo se alimentan las plantas, te darás cuenta de dónde va a parar el debate, y podrás tomar algunas decisiones sobre el uso del glifosato en tu jardín.

Las plantas son lo que comen. Si quieres la mejor planta posible, tienes que alimentarla adecuadamente. Es útil saber qué hace realmente cada elemento esencial y las mejores fuentes de estos. En el camino, espero que te contagies por el conocimiento del maravilloso universo del interior de las plantas: células, orgánulos, vías secretas, fabricación a una escala inimaginable; la vida en su forma más básica y sencilla. Contemplar la belleza de este sistema seguramente aumentará lo que ya sientes por las plantas y la jardinería. Me encontré comparando los sistemas celulares con los sistemas humanos y luego con los sistemas planetarios y acabé enfrentándome al significado de la vida, todo ello mientras me centraba en la célula vegetal, su estructura, y me preguntaba sobre su asombroso funcionamiento. Las células vegetales construyen todo lo que las plantas son, lo que da lugar a gran parte de lo que nosotros somos. Es realmente asombroso.

LA RED DE NUTRIENTES DEL SUELO

Aunque este libro versa sobre cómo se alimentan las plantas e incluye algunas sugerencias sobre qué tipos de fertilizantes utilizar para las plantas, tengo que asegurar a mis fieles lectores que no estoy abandonando los principios de la red de nutrientes del suelo esbozados en mi anterior libro, *Cultivar con microbios. La guía de la red de nutrientes del suelo del jardinero orgánico*. Ahora entiendo mejor la importancia de las relaciones micorrícicas y actinorrícicas con las plantas. Es importante establecer y mantener estos y otros organismos del suelo para que, a su vez, puedan alimentar a tus plantas. Las prácticas reco-

mendadas en este libro son orgánicas y no tienen una orientación química. Todos los nutrientes que necesitan las plantas pueden suministrarse fácilmente sin tener que recurrir a ninguno de los abonos artificiales de von Liebig.

Von Liebig acabó reconociendo los efectos negativos de los abonos artificiales en la vida del suelo de su propio huerto. A partir de entonces, prefirió el uso de materia orgánica a los abonos inorgánicos. De hecho, pasó buena parte de su vida posterior argumentando que los británicos debían utilizar sus aguas residuales como fertilizante, a pesar de haber creado la industria de los fertilizantes inorgánicos.

LA HOJA DE RUTA

Describir el proceso de absorción y utilización de nutrientes por parte de las plantas implica necesariamente química y biología. No te preocupes. Cada capítulo se basa en el anterior, de modo que cuando llegues a la conclusión, ya tendrás la ciencia asimilada y lo entenderás. Levantemos parte del misterio con un breve resumen.

En el capítulo 1 hablo de las distintas partes de una célula vegetal típica, porque es donde ocurre la acción. La pared celular externa y la membrana plasmática actúan como barreras y reguladores de lo que puede entrar y salir de la célula. Las proteínas especiales de la membrana ayudan a que el agua y los nutrientes entren en la célula, a la vez que mantienen fuera los materiales no deseados. El citoplasma alberga estructuras y orgánulos que realizan trabajos especiales relacionados con la captación y utilización de los fertilizantes. Proporcionan energía a la célula y sirven como sitios para la fotosíntesis. El núcleo es el centro de mando donde se aloja el ADN. Las células tienen una infraestructura de transporte y comunicación, zonas de construcción de proteínas e incluso túneles que conectan todas las células de una planta.

El capítulo 2 abarca la química básica necesaria para comprender el viaje de los nutrientes. No tienes que recordar nada de la escuela. Hablo de los átomos, los electrones y los enlaces químicos. (Por fin tenemos una razón para conocer los enlaces covalentes, iónicos y de hidrógeno, que afectan a las cualidades y la disponibilidad de los distintos nutrientes.) Esta química da lugar a los cuatro tipos de moléculas necesarias para la vida: hidratos de carbono, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. También describo el ATP (trifosfato de adenosina), la moneda energética de todas las células y enzimas que acelera los millones de reacciones químicas que se producen dentro de las células de las plantas.

En el capítulo 3 hablo de la botánica que afecta a la absorción y utilización de los nutrientes. Cuatro tipos de tejidos vegetales y su organización en órga-

nos especiales (hojas, tallos y raíces) desempeñan funciones en la absorción de nutrientes. Algunos realizan funciones sorprendentes e inesperadas, como la ayuda en la formación de relaciones simbióticas y otras asociaciones biológicas importantes para la absorción de nutrientes.

Los diecisiete elementos esenciales para la vida de las plantas se tratan en el capítulo 4, incluyendo los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) que las plantas necesitan en mayor cantidad y los micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso zinc, molibdeno y níquel), que solo se necesitan en cantidades residuales. También trato los otros tres nutrientes esenciales: carbono, hidrógeno y oxígeno, así como los diferentes grados de movilidad de los distintos nutrientes y sus implicaciones.

El agua es la protagonista de esta historia. En el capítulo 5, la química y la botánica descritas en los capítulos anteriores se utilizan para ayudar a explicar cómo se mueve el agua a través del suelo para llegar a las raíces de una planta. Una vez que el agua está en el interior de una planta, hay diferentes formas de que llegue hasta el xilema, donde es transportada hasta los tallos y las hojas junto con los nutrientes disueltos en ella. Posteriormente, el agua se desplaza por toda la planta en el floema, junto con los azúcares, proteínas, enzimas y hormonas producidas en las células de la planta. Describo la interacción entre los dos tejidos en el sistema vascular cuando se trata de que las plantas tomen y distribuyan nutrientes.

El capítulo 6 trata del movimiento de los nutrientes hacia el interior de una planta, empezando por su movimiento en el suelo alrededor de las raíces de la planta. Una vez dentro de la planta, los nutrientes deben ser transportados a través de las membranas celulares para que puedan ser utilizados para fabricar todos los compuestos que la planta necesita para su crecimiento y mantenimiento.

En el capítulo 7 explico el papel de los nutrientes esenciales en la composición de las cuatro moléculas de la vida. Los hidratos de carbono se producen mediante la fotosíntesis. Las proteínas se construyen a partir de diversas combinaciones de los veinte aminoácidos. Los lípidos están formados por ácidos grasos y glicerol. Por último, los ácidos nucleicos son las moléculas de ADN y ARN que llevan el código genético.

En el capítulo 8, el libro pasa a la jardinería real y a la aplicación de algunos de los conocimientos adquiridos en los capítulos anteriores para hacer de nuestro arte una ciencia. Discuto si necesitas fertilizar y, si lo haces, qué pasos debes seguir. El uso de fertilizantes debe basarse en un conocimiento sólido, que solo puede obtenerse mediante el análisis de tu suelo.

En el capítulo 9 hablo de los demás factores que influyen en la absorción de nutrientes y el uso de los nutrientes: la temperatura, los microbios del sue-

INTRODUCCIÓN

lo, la humedad, la compactación del suelo y las reacciones químicas que se producen en las plantas y en el suelo. Muchas prácticas de jardinería se hacen evidentes cuando se aclara la ciencia que las sustenta.

Por último, en el capítulo 10 ofrezco recomendaciones sobre con qué alimentar a las plantas basadas en el conocimiento de cómo absorben las plantas los nutrientes y cómo los utilizan. Proporciono recetas de abono diseñadas para plantas anuales, hortalizas y céspedes y describo las mejores formas de aplicar los fertilizantes, incluyendo el momento de la aplicación y otras características de los abonos naturales que se pueden obtener.

ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

Soy el primero en admitir que entender cómo absorben las plantas los nutrientes requiere más botánica, química y biología celular de lo que el jardinero medio (y probablemente por encima de la media) sabe. Esto no significa que tengas que aprender ciencias de nivel universitario para conseguirlo. Además, somos jardineros, no químicos, y este es mi libro. Por tanto, en mi libro evito las ecuaciones químicas como la peste. No necesito explicarlo todo. Para eso está internet. Proporciono suficiente información para que puedas llegar al final de la historia sin sentirte abrumado, o al menos para que sepas por dónde empezar para utilizar internet. Y, por el amor de Dios, no leas este libro como si fuera un libro de texto. Por supuesto que hay mucha información aquí, pero si te limitas a leerlo y no te obsesionas con memorizarlo todo, descubrirás que muy pronto la jerga fluye y la comprensión aumenta con cada capítulo. Te ayudará mirar las ilustraciones que fueron dibujadas especialmente para representar cosas en tres dimensiones. Todo se apoya en lo anterior, y todo quedará claro. Solo relájate y lee para disfrutar.

Así que, adelante. Con suerte, nunca más darás por sentado lo que ocurre para que tus plantas puedan crecer.



1. La célula vegetal

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- ▶ La pared celular externa y la membrana plasmática son barreras que regulan lo que puede entrar en una célula.
- ▶ La membrana celular tiene túneles que conectan todas las células vegetales.
- ▶ Las acuaporinas y las proteínas de transporte ensambladas en la membrana ayudan a que el agua y los iones nutrientes entren en la célula mientras mantienen fuera los materiales no deseados.
- ▶ El citoplasma es la parte líquida de la célula junto con los orgánulos, las estructuras de la célula que realizan trabajos especiales.
- ▶ Las mitocondrias son las centrales energéticas de la célula.
- ▶ Los cloroplastos son los lugares donde se produce la fotosíntesis.
- ▶ Las moléculas de proteínas se construyen en ribosomas situados en el retículo endoplásmico o flotando en el citoplasma.
- ▶ El almacén central, la vacuola, está rodeada por otra membrana, el tonoplasto.
- ▶ Los lisosomas y los peroxisomas son los centros de reciclaje de la célula.
- ▶ El núcleo es el centro de mando donde se aloja el ADN.
- ▶ Los microtúbulos y los filamentos de actina sirven como centros de comunicación e infraestructuras de transporte.

Hay muchos lugares por los que podríamos empezar. Sin embargo, soy un gran partidario de preparar el escenario antes de presentar a los protagonistas. Cuando se trata de cómo comen las plantas, el escenario es la célula vegetal básica. La teoría celular sostiene que la célula es la unidad más pequeña de vida y que todos los seres vivos están formados por una o varias células. Además, todas las células proceden de células preexistentes.

La mayoría de los jardineros estudiaron algo de biología celular en la escuela, y muchos de nosotros tenemos una comprensión básica de cómo se dividen las células. Sin embargo, en los últimos años los científicos han realizado muchos descubrimientos nuevos estudiando el ADN y los marcadores genéticos, y utilizando microscopios electrónicos más grandes y sofisticados, y toda una serie de otras maravillas de la tecnología moderna. Estos descubrimientos han dado lugar a una imagen mucho más clara de la célula vegetal y de lo que ocurre fuera y dentro de ella.

TAMAÑO

Las células de las plantas son incomprensiblemente pequeñas y, por tanto, están fuera del alcance del pensamiento cotidiano de un jardinero. Probablemente no sirva de nada señalar que la mayoría de las células vegetales están en el rango de 10 a 100 micrómetros. Micrómetros o micras ($1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m}$) y nanómetros (hay 1.000 nm en una micra) son las medidas utilizadas a nivel celular. Sin embargo, resulta útil al menos intentar poner el tamaño de una célula vegetal en cierta perspectiva.

Los componentes de la célula se miden en nanómetros o milmillonésimas de metro. Los nanómetros se utilizan para medir átomos y moléculas. A pesar de todos estos números, estos pequeños tamaños son casi incomprensibles. Intentémoslo. Un cabello humano mide unos 100.000 nm de ancho. Puedes ver uno a simple vista sin la ayuda de un microscopio. Una molécula de agua tiene menos de 1 nm de ancho. Eso no se podría ver con un microscopio en una clase de biología de secundaria. Todo lo que sea menor de 500 nm solo puede verse con un microscopio electrónico.

¿Sigues sin entender lo ridículamente pequeño que es esto? Si cada persona de la Tierra midiera 1 nm de altura, todos cabríamos en un paquete de comercial de semillas. Por cierto, son más de 7.000 millones de personas muy pequeñas. O considera el punto al final de esta frase; tiene entre 500 y 600 μm de diámetro. En esta zona cabrían de cinco a cincuenta células vegetales. No olvides que son tridimensionales.

Otra forma de apreciar estos tamaños es imaginar que un solo átomo tiene el tamaño de un guisante pequeño. Una vaina de guisantes, por tanto, es del tamaño de una simple molécula. Un camión semirremolque lleno de vainas de guisantes tiene el tamaño de una molécula compleja, y un buque cisterna que transporta un montón de semirremolques llenos de vainas tiene el tamaño de una célula.

El tamaño puede parecer un factor limitante cuando se trata de células. Se podría pensar que, por eficiencia y economía, las células deberían ser grandes. Sin embargo, una esfera más pequeña tiene relativamente más superficie por unidad de área interior. Si una célula fuera demasiado grande, no habría suficiente superficie de membrana para suministrar a la célula los nutrientes necesarios para sobrevivir. En cualquier caso, hay un límite práctico en el tamaño de las células, y lo pequeño no es algo malo.

El número de células de una planta es igual de sorprendente. Un abedul de veinte años está formado por algo así como 15 ó 16 billones de células. Probablemente más, pero ¿quién puede contar tanto? De nuevo, estas células vegetales no son objetos planos, como a menudo se describen en los textos escolares de ciencias. Ese árbol es decididamente tridimensional, al igual que cada una de sus billones de células que lo componen. Tienen grosor y están llenas de partes igualmente tridimensionales compuestas por átomos tridimensionales, la partícula más pequeña de un elemento.

A partir de aquí, todo debe verse en tres dimensiones. Cuando llegues al final de este capítulo, deberías ser capaz de reducirte mentalmente a un tamaño de media micra y pasearte por una célula, inspeccionando sus partes y obteniendo una visión molecular de las cosas. A ese tamaño, nuestra célula vegetal parece una fábrica tan grande como un estadio de fútbol.

LA PARED CELULAR

Las células vegetales están rodeadas por una pared celular, una estructura fuerte y enrejada. La pared celular es lo que distingue a las células vegetales de las animales, que carecen de paredes celulares. Con un grosor medio de unos 20 nm, su función principal es contener y proteger la célula.

La pared celular está formada principalmente por celulosa, que es con lo que se fabrican las fibras de las páginas de este libro (a menos que sea electrónico). Aproximadamente un tercio de toda la materia vegetal está compuesta de celulosa, lo que la convierte en la sustancia más común producida biológicamente en la Tierra. La celulosa es una molécula compleja formada por muchas moléculas de glucosa más simples, un tipo de azúcar, que al unirse se