

LOS ABONOS

CAPÍTULO PRIMERO

LA ALIMENTACIÓN DE LAS PLANTAS

El empleo racional de los abonos exige el conocimiento previo de la naturaleza, origen y forma asimilable de los elementos que la vegetación reclama para su perfecto desenvolvimiento; porque *abonar* es proporcionar alimentos á la planta, y mal se puede suministrar materiales nutritivos al vegetal si no se sabe cuáles son éstos, de dónde proceden y en qué forma son asimilados. Por eso el estudio de los abonos, para que sea bien comprendido, debe ser precedido de una exposición sumaria de la alimentación vegetal.

Esta sumaria exposición comprenderá tres partes. En la primera se tratará de *los alimentos de las plantas*, determinando la naturaleza, origen y forma asimilable de los elementos nutritivos. En la segunda se estudiará *la tierra arable*, considerándola como depósito de una parte importante de los alimentos de las plantas. En la tercera se dará á conocer las *exigencias de los principales cultivos en principios fertilizantes*.

I.—*Los alimentos de las plantas.*

Nutrición de las plantas; alimentos.—Una planta cualquiera, para desarrollarse por completo, necesita tomar del medio exterior ciertas sustancias; introducirlas en su interior y

transformarlas en materia organizada. Este conjunto de fenómenos constituye la *nutrición vegetal*.

Toda sustancia que la planta toma del exterior para transformarla en su interior en materia organizada y emplearla en la constitución de su cuerpo recibe el nombre de *alimento*.

La planta toma las materias alimenticias necesarias para su desarrollo y para la formación de sus órganos de los dos medios en que vive: del suelo que la sostiene y de la atmósfera que la rodea. Los órganos encargados de esta función son: las raíces y las hojas. Las primeras toman del suelo los materiales nutritivos que éste contiene al estado asimilable; las hojas absorben los gases y vapores repartidos por el aire.

Naturaleza de los elementos nutritivos.—El análisis químico de la planta, ó sea la determinación de los elementos químicos que constituyen el vegetal, sirve de base para investigar la naturaleza de las sustancias necesarias para su nutrición.

Para practicar el análisis químico de la planta se la somete á la combustión y se analizan los productos volátiles y las cenizas. Siguiendo este procedimiento, se ve que la planta se compone de dos órdenes de elementos: unos, llamados *combustibles ó volátiles*, que desaparecen en forma de compuestos gaseosos en el acto de la combustión; y otros, denominados *fixos ó minerales*, que quedan formando las cenizas. A los primeros pertenecen el *carbono*, el *hidrógeno*, el *oxígeno* y el *nitrógeno*. En las cenizas de casi todos los vegetales se encuentran, en proporciones variables según las especies y formando diferentes sales minerales, el *fósforo*, el *azufre*, el *silicio*, el *cloro*, el *potasio*, el *sodio*, el *calcio*, el *magnesio*, el *hierro* y el *manganeso*. Estas diez sustancias acabadadas de enumerar son, por decirlo así, fundamentales en las cenizas, porque, á excepción si acaso del manganeso, no faltan nunca en el residuo que queda cuando la planta se quema. Con ellas se hallan, en proporciones débiles, otras cuya presencia es puramente accidental (rubidio, litio, etc.); se debe esto á que toda materia soluble existente en el suelo puede pasar al interior de la planta si se halla al alcance de sus raíces.

Todos los elementos denominados *volátiles* son necesarios para la nutrición vegetal; no sucede lo mismo con las materias *minerales*. Para determinar cuáles de las sustancias que forman el cuerpo de la planta son indispensables para su nutrición se cons-

tituye, mediante compuestos químicos definidos, un medio artificial en el cual la planta pueda alcanzar su completo y vigoroso desenvolvimiento; retirando después de este medio uno á uno los elementos constituyentes para poder juzgar, por el efecto de esta supresión sobre la cosecha, del grado de necesidad de cada elemento suprimido, se puede llegar á no dejar subsistir en el medio artificial más que aquellos elementos que son verdaderamente indispensables. Procediendo de esta manera se ha demostrado de una manera definitiva que los elementos ó cuerpos simples indispensables para la nutrición de las plantas, y que constituyen, por consiguiente, su alimento completo, son el *carbono*, el *hidrógeno*, el *oxígeno*, el *nitrógeno*, el *fósforo*, el *azufre*, el *potasio*, el *calcio*, el *magnesio* y el *hierro*. El *silicio*, el *cloro* y el *sodio*, aunque se hallan en las cenizas de casi todas las plantas, no son necesarios para la alimentación de los vegetales.

Origen y forma asimilable de cada elemento nutritivo.—Para que cualquiera de los elementos que forman el alimento completo de la planta sea asimilado por ésta, es decir, para que llegue á constituir parte integrante del organismo vegetal, debe hallarse bajo cierta forma que se llama *forma asimilable*. Importa averiguar cuál es la forma asimilable de estos diversos elementos, para saber en qué forma se han de ofrecer á la planta cuando haya necesidad de suministrárselos por medio de los abonos. Veamos, pues, cuál es el origen y la forma asimilable de los elementos químicos que constituyen el alimento de la planta.

Los vegetales, hemos dicho, toman sus alimentos del suelo y del aire. Este último les proporciona los elementos que hemos llamado *combustibles ó volátiles*, es decir, el oxígeno, el hidrógeno y, mediata ó inmediatamente, la totalidad del carbono y del nitrógeno que entran en la composición de sus tejidos. El suelo suministra también el nitrógeno y, además, los elementos *fixos ó minerales* que constituyen las cenizas del vegetal; las plantas toman exclusivamente del suelo estos principios *fixos ó minerales*.

Trataremos en particular de cada uno de los elementos nutritivos.

Carbono.—Este cuerpo figura en primer lugar entre los alimentos de los vegetales. El carbono entra en todas las combinaciones orgánicas, de las cuales es como el núcleo esencial. Cier-

tos principios inmediatos de las plantas están desprovistos de hidrógeno, otros de oxígeno, otros de nitrógeno; ninguno carece de carbono. El carbono forma próximamente la mitad de la materia vegetal seca.

Las plantas toman el carbono del ácido carbónico del aire. Tienen los vegetales la propiedad de absorber el ácido carbónico de la atmósfera y de descomponerle, reteniendo el carbono y desprendiendo el oxígeno. Este fenómeno, que ha recibido el nombre de *función clorofiliana*, tiene lugar en los órganos verdes de la planta, y principalmente en las hojas; y se verifica por la acción de los rayos solares absorbidos por la *clorofila* ó materia verde de los vegetales. La descomposición del ácido carbónico por las plantas y la consiguiente absorción del carbono no tiene, pues, lugar ni durante la noche ni en los órganos que no sean verdes.

Según parece, el carbono no es suministrado á los vegetales provistos de clorofila ni por la materia orgánica ni por los carbonatos existentes en el suelo, sino exclusivamente por el ácido carbónico del aire atmosférico. El ácido carbónico que resulta de la descomposición de las materias orgánicas del suelo contribuye *indirectamente* á la asimilación favoreciendo la disolución y la absorción del fosfato y del carbonato de cal; pero no es asimilado directamente por la planta.

Hidrógeno y oxígeno.—El hidrógeno proviene del agua y del amoniaco que las plantas absorben á la vez del suelo y de la atmósfera.

El oxígeno es asimilado al estado de combinación, en forma de agua, de ácido carbónico y de sales oxigenadas.

Muchos hechos tienden á demostrar que bajo la influencia de la luz las partes verdes de los vegetales fijan el carbono al mismo tiempo que el hidrógeno y el oxígeno, estos dos últimos elementos en la proporción en que se encuentran en el agua. Los hidratos de carbono, como la glucosa y el almidón, son los productos de la asimilación del carbono y del agua.

El oxígeno libre de la atmósfera absorbido por la planta en virtud de la respiración no debe ser considerado como elemento nutritivo propiamente dicho, porque no contribuye directamente al aumento en peso de la planta, ni interviene como primera materia en la formación de la sustancia orgánica. Por el contra-

, el oxígeno absorbido por la respiración contribuye á la descomposición de la materia organizada: la respiración es un fenómeno de *desasimilación*.

Nitrógeno.—*Importancia del estudio del origen y asimilación del nitrógeno.*—De cualquiera manera que se considere, dice Mr. Grandeau, el estudio del papel del nitrógeno en la naturaleza ofrece un interés de primer orden. El nitrógeno, asociado al carbono y á los elementos del agua (hidrógeno y oxígeno), constituye las diversas materias protéicas que son el punto de partida de toda organización, desde el protoplasma de la célula vegetal hasta las combinaciones más complejas del organismo animal.

Las materias nitrogenadas, más ó menos complejas, de las plantas alimenticias son el único origen de los líquidos y de los tejidos (sangre, carne muscular, etc.) del hombre y de los animales. Mientras los vegetales toman de fuentes exclusivamente inorgánicas (amoniaco y ácido nítrico) el nitrógeno que se transforma en sus tejidos en albúmina, gelatina y caseína vegetales, la naturaleza niega á los animales, en absoluto, la facultad de fijar estos principios minerales.

Los animales están, pues, bajo la dependencia absoluta de los vegetales. Las plantas constituyen la cadena que une el mundo mineral al mundo animal. Esta relación forzada que existe entre el desenvolvimiento de la materia nitrogenada en las plantas, y la conservación de la vida animal sobre nuestro planeta, explica el interés extraordinario que, para la agricultura y para la humanidad, entrañan todas las cuestiones que se refieren al origen, fuentes y asimilación del nitrógeno.

Demostrado que el hombre y los animales no fijan directamente en su cuerpo ni el nitrógeno gaseoso del aire, ni el amoniaco, ni el ácido nítrico, y que su sangre, origen inmediato de todos los tejidos y líquidos del organismo, toma todo su nitrógeno de los principios nitrogenados elaborados por las plantas, la cuestión del nitrógeno queda reducida al conocimiento de los fenómenos que dan por resultado último fijar en los vegetales el nitrógeno tomado al reino mineral.

Ahora bien, ¿de qué fuentes directas ó intermedias toman las plantas el nitrógeno necesario para la elaboración de sus principios nitrogenados? Esto es lo que vamos á examinar con la rapidez que permita la importancia de esta cuestión.

El nitrógeno atmosférico.—Las plantas toman el nitrógeno de la atmósfera y del suelo. Trataremos primero del nitrógeno atmosférico.

Ciertas observaciones demuestran que la atmósfera proporciona nitrógeno á los vegetales. Gran número de bosques y de praderas no reciben nunca abonos nitrogenados y su vegetación continúa, sin embargo, desenvolviéndose indefinidamente. Cuando se compara el nitrógeno contenido en los abonos suministrados á una tierra con el de las cosechas proporcionadas por ella, resulta siempre un exceso á favor de las cosechas; y eso que nunca la totalidad del nitrógeno de los abonos es utilizada, pues una parte importante es arrastrada por las aguas.

La atmósfera contiene inmensa cantidad de nitrógeno libre, además de pequeñas proporciones de nitrógeno combinado al estado de amoniaco y de ácido nítrico (y nitroso). Estas tres formas de nitrógeno atmosférico constituyen, como vamos á ver, otras tantas fuentes de nitrógeno para los vegetales.

El nitrógeno libre del aire.—Lo primero que ocurre pensar, es que viviendo la planta en el aire, es decir, en una mezcla de oxígeno y nitrógeno, debe hallar en la atmósfera el nitrógeno que necesita. La cantidad de este elemento disponible en la atmósfera es enorme, puesto que constituye los $\frac{4}{5}$ de la masa total del aire. Las débiles dosis de ácido carbónico que se hallan diseminadas en la atmósfera bastan, como sabemos, para la alimentación carbonada de los vegetales; la nutrición nitrogenada parece que debía estar mejor asegurada todavía con la reserva inmensa de nitrógeno libre que el aire contiene. No obstante lo natural de estas conjeturas, *esta alimentación directa por el nitrógeno del aire no tiene lugar*, ó si se verifica, es tan débil, tan excepcional que no puede ser considerada como un modo normal de la nutrición vegetal.

La cuestión de si las plantas fijan ó no el nitrógeno libre del aire ha provocado numerosas investigaciones y ha originado una larga contienda científica entre Boussingault y Ville. Las experiencias del primero, especialmente las verificadas de 1851 á 53, demuestran que las plantas no absorben el nitrógeno gaseoso existente en la atmósfera. Ville, por el contrario, deduce de sus investigaciones, practicadas desde 1850 á 56, que las plantas pueden asimilar *directamente* cierta cantidad de nitrógeno libre atmosférico, y que las dosis fijadas por ciertos vegetales privile-

giados, como las leguminosas, son considerables. Este eminente agrónomo formuló la siguiente conclusión: el nitrógeno del aire es absorbido por las plantas y sirve á su nutrición.

Lawes, Gilbert y Pugh, queriendo resolver la duda que subsistía á consecuencia de los trabajos precedentes, practicaron una serie de investigaciones que condujeron á la conclusión deducida por Boussingault: los vegetales no absorben el nitrógeno libre del aire. Desde entonces la doctrina de la no fijación del nitrógeno fué defendida por la mayoría de los sabios. La opinión dominante hoy es que *el nitrógeno libre del aire no es fijado directamente por las plantas*.

Fijación del nitrógeno libre del aire por el suelo.—Pero si los vegetales no fijan directamente el nitrógeno libre de la atmósfera, pueden, en cambio, absorberlo por intermedio del suelo.

La opinión de que el suelo fija el nitrógeno libre del aire ha sido defendida en 1873 por Deherain, según el cual resultaba de sus experiencias que el nitrógeno atmosférico tiene la propiedad de combinarse con ciertas sustancias ternarias, tales como la celulosa, glucosa, etc., y, por inducción, con las materias orgánicas del suelo en vías de descomposición. Según las experiencias de Schloësing, que han hecho perder todo su valor á las de Deherain, esta aseerción no es exacta: en ningún caso el nitrógeno del aire es fijado en ninguna proporción por los elementos ternarios del suelo.

Experiencias muy interesantes, verificadas desde 1875 por Berthelot, parecen demostrar que el suelo provisto de ciertas sustancias orgánicas no nitrogenadas, como la celulosa, dextrina, etc., puede, bajo la influencia de una débil tensión eléctrica y de ciertos microorganismos, fijar el nitrógeno del aire.

Las experiencias de Berthelot, que no convencieron á Schloësing ni á otras notabilidades, por más que éste no niegue la posibilidad de la fijación del nitrógeno del aire por las tierras arables, originaron entre estos dos eminentes agrónomos una discusión en la que Schloësing oponía experiencias personales negativas á los resultados positivos de Berthelot. Por otra parte, A. Gautier y Drouin practicaron otras investigaciones, que han confirmado el fenómeno de la fijación. El año 1888 se pasó todo entero en esta discusión. Difícil era, en medio de estas contradicciones absolutas, averiguar dónde se hallaba la verdad.

Los recientes trabajos ejecutados por Hellriegel y Wilfarth en Alemania, por Breal en Francia, y los resultados publicados al principio de 1890 por Berthelot, cuyas experiencias han sido repetidas con éxito por Frank (de Berlín), *parece que han fijado la opinión sobre este punto, estableciendo la realidad de la fijación del nitrógeno por la tierra vegetal con ó sin el concurso de la vegetación, gracias á la intervención de microbios especiales.*

Esta cuestión es de tal importancia que conviene dar á conocer los resultados obtenidos.

Según las experiencias de Berthelot, en la tierra desprovista de vegetación, si el suelo es arcilloso y medianamente rico en nitrógeno, la fijación de este elemento parece en general suficiente para compensar las pérdidas naturales y hasta para realizar cierto enriquecimiento. La naturaleza de la tierra ejerce una influencia enorme en el fenómeno. Los suelos pobres en arcilla y humus, los arenosos ó calcáreos son sin duda poco aptos para fijar el nitrógeno atmosférico.

En las tierras provistas de vegetación espontánea la riqueza nitrogenada del suelo tiende á crecer hasta un cierto límite en que se establece el equilibrio entre la causa de la fijación y las causas múltiples que ocasionan la pérdida del nitrógeno.

Pero en los cultivos más ó menos intensivos donde el peso de los vegetales es muy grande con relación al del suelo, la cantidad de nitrógeno sustraída por la cosecha y por las acciones naturales excede notablemente de la fijada por los microbios especiales, y el agotamiento llega muy pronto. Esto es lo que se observa particularmente en el cultivo de los cereales.

En el cultivo de las leguminosas forrajeras la fijación del nitrógeno tiene lugar más enérgicamente que en la tierra desprovista de vegetación.

Las experiencias de Hellriegel y Wilfarth son en este punto decisivas por completo y acusan bien claramente, primero el carácter micróbico del fenómeno, y después la manera tan absolutamente distinta de verificarse éste con las leguminosas y con las cereales.

De estas experiencias y de las de Breal y Berthelot resulta que las leguminosas tienen la propiedad de fijar á altas dosis el nitrógeno libre del aire, no en sus hojas, como se había pensado, sino en sus raíces, por la influencia de microbios parásitos de

estas raíces. Esta fijación es, en efecto, correlativa de la existencia en las raíces de las leguminosas de nudosidades especiales (tubérculos blanquecinos del grosor de una cabeza de alfiler próximamente), á las cuales dan origen y donde se desenvueiven gran número de microorganismos particulares de forma de Y ó de T (*Rhizobium leguminosarum* de Mr. Frank). Los microbios que pueden fijar el nitrógeno en la tierra desprovista de vegetación hallan en las raíces de las leguminosas un medio favorable para su desarrollo, y entre las plantas y los microbios parásitos se establece una especie de alianza íntima llamada *symbiose*, útil á las unas y á los otros. Los microorganismos alojados en las nudosidades fijan el nitrógeno gaseoso y forman materias albuminoideas que suministran al vegetal superior; en cambio éste, por su savia descendente, les envía los productos carbonados elaborados en sus hojas.

Schloesing, hijo, y Laurent comprobaron más tarde por la vía *directa* los resultados precedentemente obtenidos por medio del método indirecto por Hellriegel y Wilfarth. De este modo quedó demostrada definitivamente la absorción del nitrógeno libre del aire por el suelo y su fijación en la materia vegetal de las leguminosas.

En resumen, las tierras vegetales pueden, en general, gracias á la intervención de microbios especiales, fijar cantidades notables de nitrógeno atmosférico. Esta fijación tiene lugar así en los suelos cultivados como en los desprovistos de vegetación. Si la pérdida de nitrógeno, resultante de una nitrificación muy activa seguida del acarreo de los nitratos por las aguas pluviales, ó de la nutrición de las cosechas, no es muy grande, la tierra se enriquece de nitrógeno hasta un cierto límite. Esto es lo que sucede en los cultivos forestales y en las praderas naturales de gramíneas. Con las leguminosas la fijación de nitrógeno se verifica no solamente sobre el suelo, sino sobre las raíces mismas, donde la función sintética de los microbios se ejerce todavía con más intensidad que en el suelo. De aquí resulta un enriquecimiento de la tierra mucho más marcado que el que habría podido alcanzarse en ausencia de todo cultivo.

La facultad que tienen las leguminosas de acumular el nitrógeno atmosférico en sus raíces, permite explicar el real mejoramiento del suelo que resulta del cultivo de estas plantas y el nin-

gún efecto que sobre ellas ejercen los abonos nitrogenados.

Conviene, sin embargo, advertir que (excepto tal vez el altramuces, según experiencias de Frank) las plantas leguminosas, al principio de su existencia, viven á expensas del nitrógeno del suelo, y solamente cuando éste se hace insuficiente aparecen en las raíces las nudosidades colectoras del nitrógeno atmosférico. No hay, pues, ganancia de nitrógeno más que cuando las plantas se desenvuelven vigorosamente; de aquí se deduce la necesidad de aplicar á estas plantas abonos fosfatados, potásicos y calcáreos en proporción suficiente para asegurarles una vegetación exuberante.

También importa tener en cuenta que si las leguminosas encuentran en el suelo nitratos en abundancia, toman de éstos el nitrógeno, producen menos nudosidades y extraen de la atmósfera menor cantidad de dicho elemento.

Según Nobbe, existe probablemente una variedad de microbios especial, si no para cada especie, por lo menos para cada género de plantas de la familia de las leguminosas, porque las inoculaciones hechas sobre raíces de una especie de leguminosas con microbios tomados de otra especie han dado resultados negativos; por ejemplo, los microbios de las habas no producen efecto sobre los altramuces.

Hasta ahora parece exclusiva de las plantas de la familia de las leguminosas la facultad de albergar los micobrios fijadores del nitrógeno libre del aire. Las experiencias practicadas por Schloesing, hijo, y Laurent con la avena, la mostaza, el berro, el tabaco y la patata no han dado resultado.

El amoniaco y el ácido nítrico del aire.—Además de nitrógeno libre, el aire contiene pequeñas proporciones de nitrógeno combinado al estado de amoniaco y de ácido nítrico (y nitroso) que constituyen una fuente, que no es en absoluto despreciable, de nitrógeno para las plantas.

El amoniaco y el ácido nítrico del aire son el resultado de la combinación directa del nitrógeno con el hidrógeno del vapor acuoso el primero, y del nitrógeno con el oxígeno el segundo, en el seno de la atmósfera, por la influencia de los fenómenos eléctricos.

El ácido nítrico no existe de ordinario al estado libre en la atmósfera; se encuentra en forma de nitrato de amoniaco acompa-

ñado del nitrito. Tampoco el amoniaco se halla al estado libre en el aire. Una porción existe, como acabamos de decir, combinado con el ácido nítrico; el resto, es decir, la mayor parte, debe hallarse en forma de carbonato.

El amoniaco y el ácido nítrico de la atmósfera, especialmente el primero, contribuyen en una cierta medida á la alimentación nitrogenada de los vegetales, sea directamente, sea por intermedio de las aguas meteóricas y del suelo.

El nitrógeno de las aguas meteóricas.—Los meteoros acuosos, lluvia, rocío, nieblas, nieve, etc., contienen constantemente, en cantidades variables y siempre muy débiles, amoniaco, ácido nítrico, sal marina, trazas de sales de cal y de materias orgánicas.

Liebig parece que fué el primero, en 1826, que señaló la presencia de las sales amoniacales en el agua de lluvia. H. Sainte-Claire Deville descubrió, hacia 1849, el ácido nítrico en todas las aguas terrestres. Después de estos descubrimientos los trabajos de Boussingault, Barral, Marchand y Bineau han confirmado la constancia del hecho. Boussingault ha demostrado que lo mismo sucede con la nieve, el rocío y las nieblas. En fin, en diversos puntos y especialmente en Bechelbronn, en Rothamsted y en muchas estaciones agronómicas de Alemania se ha determinado cuantitativamente la importancia numérica del acarreo de nitrógeno asimilable (amoniaco y ácido nítrico) por las aguas meteóricas.

No vamos á reproducir aquí los resultados obtenidos por los diversos experimentadores acerca de las cantidades de amoniaco y de ácido nítrico contenidas en cada litro de las diferentes aguas meteóricas, y de la cantidad de nitrógeno asimilable que por este medio recibe al año cada hectárea. Estos resultados son extremadamente variables, pero todos demuestran que la cantidad de nitrógeno absorbible (amoniaco y ácido nítrico) que llega al suelo arrastrado por los meteoros acuosos, sin ser despreciable en absoluto, es tan escasa que no puede, de ninguna manera, compensar las pérdidas anuales que el suelo experimenta por las cosechas, aun por las menos exigentes (bosques y praderas).

El amoniaco aéreo y la vegetación.—El amoniaco existente en el aire ha sido considerado desde 1840 por Liebig como una de las fuentes de nitrógeno asimilable para los vegetales.

La posibilidad de que el amoniaco gaseoso sea absorbido directamente por las raíces fué indicada en 1808 por Davy y ha sido confirmada en 1859 por Stöckhardt.

Pero no solamente por las raíces puede ser absorbido el amoniaco del aire, sino también por las hojas y otras partes aéreas de las plantas, según lo prueban las experiencias de Sachs, Schloësing y Mayer. De estas notables investigaciones resultan las siguientes conclusiones:

Las partes verdes de los vegetales superiores tienen la facultad de absorber el amoniaco de la atmósfera en forma de carbonato de amoniaco. Esta absorción de amoniaco es una de las formas de asimilación de nitrógeno por los vegetales. La nutrición por esta absorción de nitrógeno puede, en el caso de que toda otra alimentación nitrogenada falte á la planta, producir un aumento en la masa de la sustancia orgánica del vegetal. El nitrógeno contenido en el amoniaco absorbido por las hojas sirve para la producción de materias albuminoideas; esto es, se transforma en materia proteica.

Aunque este modo de nutrición nitrogenada no basta para el desenvolvimiento completo del vegetal, ni satisface por consiguiente las exigencias de las plantas en nitrógeno, se puede admitir, dice Grandeau, que una parte considerable, el cuarto, el tercio ó más tal vez del nitrógeno de la cosecha procede directamente del amoniaco del aire absorbido por las hojas.

El amoniaco aéreo y la tierra vegetal.—Según las experiencias de Schloësing, la tierra vegetal, seca ó húmeda, calcárea ó no calcárea, fija continuamente el amoniaco del aire. De estas experiencias resulta para las tierras secas una fijación de 12 á 30 kilogramos por año y hectárea, y que las tierras húmedas pueden llegar á fijar 50 kilogramos ó más. Se desprende de estos datos que, si bien la absorción del amoniaco por las tierras no basta para suministrar todo el nitrógeno de las fuertes cosechas, constituye por lo menos una fuente no despreciable de este precioso elemento.

En lo que se refiere á los cambios de amoniaco entre la atmósfera y la tierra, las opiniones más erróneas se encuentran en las obras de química agrícola. Es idea casi universalmente admitida que el amoniaco aéreo procede en gran parte de la tierra, que es el producto de la descomposición de la materia organizada del

suelo que se difunde por la atmósfera. Se dice también en la mayor parte de las obras de química agrícola que el carbonato de amoniaco del aire es arrastrado casi enteramente por la lluvia, como si el carbonato de amoniaco disuelto en el agua en muy pequeña cantidad no poseyese una tensión.

Partiendo de estas hipótesis, que no confirma ningún hecho bien estudiado, se explica sin dificultad cómo después de una sequía más ó menos prolongada la primera lluvia es rica en amoniaco; se dice que, durante la sequía, el aire se ha enriquecido á expensas de la tierra y que la primera lluvia disuelve el carbonato emitido por el suelo. A pesar de que hace más de treinta años que se conoce el poder absorbente del suelo para el amoniaco y que se ha demostrado que la tierra no cede el amoniaco de que se apodera, los errores acabados de señalar, dice Grandeau, se encuentran en las obras más recientes y en apariencia más autorizadas.

Estos errores, que deben desaparecer de la ciencia, han sido refutados por los trabajos de Schloësing acerca de las relaciones amoniacales que se establecen entre los mares, la atmósfera y el suelo.

Schloësing ha fundado sus trabajos en las diferencias de tensión del amoniaco de los mares, del aire y del suelo. Cuando el amoniaco libre ó carbonatado se difunde por el aire, por el agua ó por la tierra, por débil que sea su cantidad, conserva siempre una tensión. Si dos medios que contienen amoniaco se ponen en contacto, aquel en que tenga una tensión mayor cede el amoniaco al otro, hasta que la tensión sea la misma en los dos medios y el equilibrio se haya establecido.

Este equilibrio, siempre perseguido, no se realiza nunca en la superficie del globo por diversas circunstancias. Habrá, pues, constantemente entre los mares y la atmósfera, la atmósfera y la lluvia, el suelo y las plantas, cambios debidos á la diferencia de tensión del amoniaco en estos diversos medios. Para conocer el sentido en que se verifican los cambios hay que estudiar las tensiones del amoniaco en los mares, en el aire, en el suelo, etc., y es claro que el movimiento del amoniaco tendrá siempre lugar del medio donde la tensión sea mayor á aquel donde alcance el *mínimum*.

De las experiencias de Schloësing, en la parte relativa á los