

Par l'analyse, les savants décelèrent encore d'autres substances en petites quantités. Ils les considérèrent comme non indispensables à la vie et leur présence comme due au hasard. Lorsque leur adjonction à la fumure, dans les essais culturaux, favorisait la croissance, on parlait d'agents excitateurs ou de stimulants.

Le développement des essais culturaux, des essais hydroponiques, et notamment l'emploi des solutions nutritives et la synthèse des sels nutritifs purs ont permis de multiplier des observations exactes. Ces dernières montrèrent que certains éléments mineurs sont indispensables à la vie végétale. Grâce à l'analyse spectrale, on peut déterminer aujourd'hui, dans les tissus végétaux et animaux, peut-être la moitié des éléments du système périodique. On peut, certes, prouver qu'un petit nombre d'entre eux est indispensable, mais sans connaître pour autant la nature exacte de leurs effets et de leur rôle.

Lorsqu'on considère les éléments nécessaires à la vie selon leur répartition dans le système périodique, on fait d'intéressantes constatations. On remarque qu'ils sont répartis de façon régulière le long de la ligne Argon — Carbone — Argon. Cette ligne a été dénommée fort justement par Frey-Wyssling de Zurich «Nährstofflinie», c'est-à-dire «Ligne des substances nutritives». Elle permet et facilite sans aucun doute l'examen plus approfondi du comportement des oligo-éléments (éléments mineurs) dans le sol et l'étude des problèmes modernes de la nutrition végétale.

C'est ainsi qu'on peut admettre que les éléments mineurs du groupe des métaux: le cuivre, le zinc, le manganèse, le fer, le cobalt et le nickel sont fortement absorbés dans le sol et peu exposés au lavage par les précipitations atmosphériques. En revanche, ils sont plus ou moins assimilables, selon les variations des phénomènes de réaction et d'oxydation. Il s'agit là de problèmes complexes dont l'interdépendance est difficile à élucider. Les relations des éléments mineurs entre eux, avec les substances nutritives majeures dans le sol, dans les plantes et dans l'organisme animal, ne sont pas pour faciliter l'étude de ces questions. Cependant, si au cours des deux dernières décennies on a réussi à assurer et à augmenter non seulement la productivité des sols, mais aussi la qualité des récoltes et, pourtant, le rendement de l'exploitation animale, on le doit pour une bonne part aux recherches intensives de la science en ce qui concerne les éléments mineurs. La science a permis de déceler, de doser et d'utiliser à bon escient et avec efficacité ce groupe d'éléments nutritifs, aussi important pour la nutrition végétale que pour l'affouragement des animaux ou l'alimentation humaine.

Quant aux conditions en Suisse, elles sont relativement favorables, d'après un rapport publié par la presse technique et présenté à la session d'hiver de la commission pour la production végétale de la Société suisse d'agriculture. Cela est dû au fait qu'une bonne partie des sols sont relativement jeunes et proviennent d'une multitude de matériaux de désagrégation de minéraux variés. En outre, la majorité des sols accusent un degré d'acidité de 5,8 à 6,8 pH; ils ne sont donc que légèrement acides et leur réaction est par conséquent favorable à la solution et à l'assimilation des éléments nutritifs et mineurs. La déficience en oligo-éléments (carence) est de ce fait relativement rare en Suisse. Le Bore, avant tout, est souvent pris en considération comme complément de la fumure. La carence en manganèse n'apparaît guère que pour les céréales dans les terrains marécageux neutres ou alcalins, rarement dans les terrains d'alluvions peu désagrégés.

Les symptômes de déficience en autres éléments mineurs ne sont pas sûrs. On doit cependant compter sur une carence en zinc, en Valais, dans les sols riches en chaux et peu désagrégés. La Station de chimie agricole du Liebefeld, près Berne, a procédé à une vaste enquête dans les diverses régions du pays par l'analyse d'échantillons de fourrages. Il ressort de ces recherches, qu'en regard des teneurs-limites considérées par la littérature comme nécessaires pour un approvisionnement

suffisant, les foin et regains contiennent en Suisse, en général, des quantités suffisantes d'oligo-éléments.

Encore un mot au sujet de la nomenclature. Je me rends parfaitement compte que l'on puisse désigner différemment les «éléments mineurs», selon le point de vue auquel on se place. L'analyste sera tenté de désigner sous cette dénomination tout ce qu'il trouve en petite quantité dans les plantes. Le phytophysiologiste reconnaît le rôle important de certaines de ces substances qu'il appellera «**éléments oligodynamiques**», en allemand «**Hochleistungs- oder oligodynamische Elemente**», tandis que les autres l'intéressent moins. Le chimiste agricole, qui doit compter avec les artifices de la propagande, voudrait pour sa part une distinction plus rigoureuse. A l'expression de caractère général «éléments mineurs», il voudrait opposer le terme spécifique «microélément nutritif» («Mikronährstoff»).

Il est clair qu'une discrimination rigoureuse n'est pas possible. Il me semble cependant qu'une réunion internationale comme la nôtre est précisément appelée à définir aussi clairement que possible les termes d'une telle nomenclature. C'est dans ce sens qu'un savant suisse, M. le Dr Gisiger de la station de chimie agricole du Liebefeld, a tenté de grouper les éléments biochimiques et de les représenter dans un schéma: Il distingue:

- les éléments indispensables comprenant des substances nutritives qu'il appelle «**Makro- und Mikronährstoffe**» et qu'on pourrait traduire «**substances nutritives majeures et mineures**».
- Les éléments non-indispensables comprenant des substances stimulantes, du ballast et des poisons.

Après ce bref commentaire sur le thème qui fera l'objet de nos discussions, je termine mon allocution, en réitérant mes vifs et cordiaux remerciements aux conférenciers pour leur travail, à M. le Professeur Nikolic pour son rapport général, enfin au Comité d'organisation pour ses peines et le soin qu'il a pris pour assurer la pleine réussite de notre manifestation.

Je souhaite que les débats soient féconds et couronnés de succès. Ceci dit, j'ouvre la séance officiellement.

La résolution approuvée

La 5ème Assemblée générale du C. I. E. C., après avoir entendu les rapports très documentés qui lui ont été présentés, et en particulier:

- Dans un but de normalisation de terminologie, recommandation de désigner par le terme générique de microéléments (oligo-éléments) les éléments chimiques indispensables en petites quantités au développement des végétaux et des animaux.
- Dans un but de normalisation des analyses: recommandation de soumettre l'analyse des microéléments à la Commission d'uniformisation des méthodes d'analyses du C. I. E. C.
- Attire l'attention sur l'intérêt de surveiller attentivement les déficiences du sol en microéléments et de les corriger par des applications appropriées.

Fait toutefois observer que l'emploi de ces substances ne doit pas faire perdre de vue l'indispensable emploi des fumures minérales traditionnelles au moyen des éléments N, P, K. Ca. dont elle ne permet pas une réduction d'utilisation, mais peut, en certain cas, accroître l'efficacité.

Prévient enfin les utilisateurs du danger d'emploi inconsideré des microéléments, ces substances étant généralement toxiques lorsque leur concentration dans le sol est trop élevée.

0,91), die sich in einer 10-Liter-Flasche mit etwa 4 l Wasser befinden, langsam unter stetigem Kühlen und Umschütteln durch einen Tropftrichter zufließen. Dadurch werden Ammoniakverluste vermieden. Die Flüssigkeit wird nach dem Abkühlen mit Wasser auf 10 l gebracht. Zu geringer Ammoniakgehalt der Zitratlösung ist eine Fehlerquelle.

Verlustfrei hergestellte und aufbewahrte Zitratlösung enthält in 100 cm³ 10 g Zitronensäure und 7,96 g Gesamtammoniak, entsprechend 6,55 g Stickstoff. Davon sind 5,53 g freies Ammoniak, entsprechend 4,54 g Stickstoff.

Zur Prüfung verdünnt man 25 cm³ der Ammoniumzitratlösung (am besten mit einem auf Einguss geeichten und nachzuspülenden Messkölbchen gemessen) auf 1 l und verwendet davon 50 cm³ zur Ammoniakbestimmung. Diese 50 cm³ entsprechen 1,25 cm³ der ursprünglichen Zitratlösung. Sie müssen bei Abschluss aller Verluste 0,0818 g Ammoniakstickstoff enthalten.

2. Eisenzitratlösung. (Für zitronensäurelösliche Phosphorsäure im Thomasphosphat und kieselsäurereiche Phosphatlösungen.) Man verwendet die unter 1 genannte Zitronensäurelösung, die im Liter 800 g Zitronensäure enthält. Zu 1,25 l dieser Lösung fügt man noch 30 g Eisenchlorid (unzerstört, leicht und klar löslich), die unter schwachem Erwärmen in etwa 50 cm³ Wasser gelöst wurden, hinzu und spült mit wenig Wasser nach. Nun lässt man diese Lösung sehr langsam unter fleissigem Umschütteln und unter Kühlung in 3,5 l Ammoniakflüssigkeit (s = 0,91), die sich in einer 5-Liter-Flasche befinden, durch einen Tropftrichter zufließen, füllt nach völligem Abkühlen auf Zimmertemperatur zur Marke auf und mischt. Die Eisenzitratlösung enthält die doppelte Menge Zitronensäure und Ammoniak wie die Lösung 1. Zur Gehaltsprüfung verfährt man deshalb genau so, wie dort angegeben ist, nur mit dem Unterschied, dass man von der verdünnten Lösung (25 cm³ auf 1 l) nicht 50, sondern 25 cm³ verwendet. Sie müssen bei Ausschluss aller Verluste ebenfalls 0,0818 g Ammoniakstickstoff enthalten.

3. Magnesiummischung. Es werden 550 g krist. Magnesiumchlorid, 700 g Ammoniumchlorid und 2,5 l Ammoniakflüssigkeit (s = 0,91) mit Wasser auf 10 l gelöst.

a) Fällung der wasserlöslichen Phosphorsäure von Superphosphat und seinen Mischungen.

Von der wässrigen Superphosphatausschüttelung werden 50 cm³ (= 1 g Substanz) nach der Zitratmethode mit 50 cm³ Ammoniumzitratlösung und danach mit 25 cm³ Magnesiummischung in einem dickwandigen Becherglas versetzt. Diese ist rasch zuzugeben und sofort mit der Lösung durch Rühren oder Umschwenken gleichmässig zu vermischen. Sodann wird im Rührapparat eine halbe Stunde gerührt. Das Filtrieren, Auswaschen und Glühen des Niederschlages wird, wie üblich, ausgeführt.

b) Fällung der wasserlöslichen Phosphorsäure von Doppelsuperphosphaten.

Von Doppelsuperphosphaten und Doppelsuperphosphaten mit einem über 20% hinausgehenden Phosphorsäuregehalt nimmt man nur 25 cm³ = 0,5 g Substanz, aber dieselben Reagensmengen wie unter a). Von Doppelsuperphosphaten werden zur Umwandlung der etwa vorhandenen Meta- und Pyrophosphorsäure in die fällbare Orthoform 25 cm³ 10 Minuten lang mit 10 cm³ Salpetersäure (s = 1,40) gekocht. Nach dem Zusatz der Ammoniumzitratlösung wird eine dem Salpetersäurezusatz entsprechende Menge Ammoniakflüssigkeit hinzugefügt, abgekühlt und dann weiter wie bei gewöhnlichen Superphosphaten verfahren.

c) Fällung der Gesamt-Phosphorsäure (z. B. Thomasphosphat). 50 cm³ (= 0,5 g Substanz) des gewonnenen Filtrates werden zur Neutralisation mit Ammoniak (s = 0,91) bis zur beginnenden Trübung versetzt. Alsdann werden 50 cm³ Ammoniumzitratlösung und danach 25 cm³ Magnesiummischung zugegeben und sofort im Rührapparat ausgerührt. Der Niederschlag fällt meist schwerer vollständig aus als z. B. in Superphosphatlösungen, weshalb besser eine Stunde lang gerührt wird.

D. Die Untersuchung der Kalk-Düngemittel

1. Die Bestimmung des Gesamt-CaO

a) Bei Kalk-Düngemitteln mit geringem Gehalt an SiO₂, Al und Fe.

Reagenzien: 1. Salzsäure, s = 1,20. 2. Salpetersäure, s = 1,40. 3. Ammoniak, 10 %ig. 4. Essigsäure, 10 %ig. 5. Ammoniumoxalat, 10 %ig.

Gang der Analyse: 5 g Düngemittel werden im 500-cm³-Kolben bis zur völligen Lösung mit 50 cm³ Wasser, 50 cm³ Salzsäure (s = 1,2) und 5 cm³ Salpetersäure gekocht. Nach dem Erkalten wird aufgefüllt und filtriert. Vom Filtrat werden 10 cm³ (= 0,1 g Substanz) nach Zusatz von Phenolphthalein mit einigen Tropfen Ammoniak schwach alkalisch gemacht und mit einem geringen Ueberschuss von Essigsäure angesäuert. Nach dem Verdünnen auf etwa 100 cm³ wird der Kalk mit Ammoniumoxalat in der Siedehitze ausgefällt. Man hält einige Minuten im Kochen und lässt dann absetzen. Nach Bedarf kann der Niederschlag sofort filtriert werden. Das Auswaschen kann mit heissem oder kaltem Wasser erfolgen. Der Niederschlag muss sehr gut gegläht werden. Er enthält bei dieser Arbeitsweise und bei normalen Kalkdüngemitteln nur geringe Mengen von Eisen und anderen Verunreinigungen. Im allgemeinen darf bei der Kalkbestimmung der geglähte Niederschlag ein Gewicht von 0,1 g nicht übersteigen.

b) Bei Kalkdüngemitteln mit höherem Gehalt an SiO₂.

Reagenzien: 1. Salzsäure, s = 1,20. 2. Salpetersäure, s = 1,40. 3. Ammoniak, 10 %ig. 4. Essigsäure, 10 %ig. 5. Ammoniumoxalat, 10 %ig.

Gang der Analyse: 5 g Düngemittel werden in einem 500-cm³-Kolben vorsichtig mit 100 cm³ verdünnter Salzsäure versetzt, etwa eine halbe Stunde gekocht, nach dem Abkühlen aufgefüllt und filtriert. Vom Filtrat werden 200 cm³ (= 2,0 g Substanz) in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad eingedampft, schwach gegläht, einmal mit konz. Salpetersäure und zur Abscheidung der Kieselsäure zweimal mit konz. Salzsäure aufgenommen und schwach gegläht; dann wird mit konz. Salzsäure angefeuchtet, mit heissem Wasser versetzt und in einen 500-cm³-Kolben filtriert. Das Filtrat versetzt man zur Abscheidung von Ferrihydroxyd und Aluminiumhydroxyd mit Ammoniak im Ueberschuss, kocht das überschüssige Ammoniak weg, versetzt mit einigen Tropfen Essigsäure, füllt auf und filtriert. In 50 cm³ des Filtrats (= 0,2 g Substanz) wird der Kalk mit Ammoniumoxalat gefällt. Der Niederschlag wird filtriert und der Kalk entweder gravimetrisch als CaO oder mit Kaliumpermanganatlösung titrimetrisch bestimmt.

2. Die Bestimmung des Gesamt-MgO.

Methode von B. Schmitz.

Reagenzien: 1. 2 n Natriumphosphatlösung. 2. Ammoniumacetatlösung, 10 %ig. 3. Ammoniak, 2,0 %ig. 4. Salzsäure, verdünnt, etwa 1 : 10.

Gang der Analyse: Das Filtrat von D 1 wird auf etwa 50 cm³ eingengt und mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure angesäuert. Sodann versetzt man die Flüssigkeit mit etwa 50 cm³ Ammoniumacetat und mit einem Ueberschuss von Natriumphosphat. Nachdem die Flüssigkeit bis zum Blasenwerfen erhitzt wurde, lässt man aus einer Bürette 2,5 %iges Ammoniak unter Verwendung von Phenolphthalein bei dauerndem Umrühren mit einem Glasstab zufließen, bis eine schwach milchige, opalisierende Trübung entsteht. Die Wände des Glases sollen beim Rühren mit dem Glasstab möglichst nicht berührt werden. Sobald die Trübung bemerkbar wird, stellt man die Ammoniakzugabe ab und rührt solange, bis die Trübung verschwunden und der Niederschlag kristallin geworden ist, was nach etwa einer Minute erreicht ist. Darauf fährt man unter Umrühren mit dem Ammoniakzusatz fort, wobei der Zufluss keinesfalls so schnell erfolgen darf, dass man mit dem Auge die in die Flüssigkeit fallenden Tropfen nicht mehr einzeln unterscheiden kann.

Sobald eine schwache Rotfärbung erkennbar ist, unterbricht man den Ammoniakzusatz nochmals, spült den Glasstab mit