

neur en P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>, la longueur moyenne de la chaîne des polyphosphates est plus grande et des composés plus solides peuvent être formés.

### Engrais en suspension

La plupart des problèmes qui se posent à propos des engrais liquides vient de la volonté de fabriquer un produit clair, sans particules solides. Si l'on voulait tolérer une certaine quantité de solides, alors les difficultés telles que faible concentration, formation de sels, précipités des impuretés de l'acide obtenu par voie humide et incompatibilité des oligo-éléments se trouveraient réduites ou éliminées. Pour réaliser tous ces avantages il serait nécessaire d'apporter une certaine quantité de cristaux de sels fertilisants solubles aux solides insolubles tels que les impuretés de l'acide obtenu par voie humide et les phosphates des oligo-éléments. Ceci complique le problème parce que les cristaux de sels solubles peuvent grossir pendant le stockage.

Pour rendre un tel produit acceptable, il serait nécessaire d'empêcher la formation de dépôts, tout au moins d'empêcher les cristaux de se former rapidement et de se solidifier en une masse compacte sur le fond de la citerne. Il faudrait également empêcher que les cristaux ne grossissent au point d'arrêter l'écoulement lors de l'épandage.

Les fabricants montrent un intérêt particulier pour ces problèmes qui ont déjà été quelque peu étudiés (bibliographie 14, 19 et 23). La plupart des travaux sont axés sur l'emploi d'un agent de suspension pour augmenter la viscosité du composé solution-cristaux et, de là, retarder la sédimentation et l'accroissement des cristaux. L'agent de suspension auquel on s'est le plus attaché, est un argile «attapulgit» extrait d'une région sud-est des USA. Ce matériau a la propriété de gonfler dans les systèmes aqueux, et ainsi une petite quantité peut provoquer une augmentation sensible de la viscosité de la suspension obtenue. L'argile non seulement retarde la sédimentation et l'accroissement des cristaux mais améliore également la situation lorsque la sédimentation se produit éventuellement en forçant les cristaux à se déposer en une masse lâche, facilement dispersée plutôt qu'en une masse dure. On appelle le produit obtenu par cette méthode de suspension à l'aide d'argile «suspension de sel» ou «engrais de dépôts». 4 entreprises au moins fabriquent ces suspensions sous forme d'un produit standardisé. La quantité d'eau de la formule est réduite en comparaison de la fabrication de l'engrais liquide clair, non cristallisé, provoquant la cristallisation des composés fertilisants comme le nitrate de potassium et le phosphate diammonique. Dans certains cas, tout le chlorure de potassium utilisé n'entre pas en solution. Le produit qui en résulte a une teneur relativement forte en produits fertilisants et transporte une assez forte charge de cristaux finement divisés en suspension.

Habituellement, c'est environ 2 % d'argile qui sont utilisés comme agent de suspension. On fabrique des produits tels que 5-15-20, 14-14-14 et 18-18-0; tous ceux-ci ont une concentration beaucoup plus forte que les liquides clairs qui peuvent leur être comparés et tiennent honorablement leur place auprès des engrais composés solubles couramment utilisés. On emploie l'acide du type «par voie humide» dans la fabrication des suspensions.

On obtient les meilleurs résultats dans l'utilisation de l'argile quand il est dispersé dans l'eau ou la solution azotée avant incorporation au mélange. Ceci brise les agglomérats d'argile et permet une suspension optimale. L'argile a une action sûre si l'ammoniaque est introduit après l'acide ou en même temps que lui. Sauf pour la préparation et l'alimentation du support eau-argile, l'opération ne diffère pas de la méthode habituelle de fabrication des engrais composés liquides.

Le tableau suivant nous montre l'influence de l'argile sur les propriétés d'une suspension 12-12-12. On avait stocké pendant une semaine les suspensions à la température de 0° C et à la température de l'atmosphère, un jour sur deux. Ces cycles de températures sont propres à la cristallisation comparativement avec le stockage fait à température uniforme;

c'est ainsi qu'on a obtenu l'équivalent d'une période beaucoup plus longue soumise à des conditions ordinaires de température.

% d'argile	viscosité en centipoises	sédimentation* %	cristaux plus gros que 20 mailles % du poids de la suspension	0,078 inches d'un gicleur de 0,078 inch
0	54	31	0,94	non
1	244	9	0,20	non
2	534	0	0,03	oui
3	846	0	0,01	oui

\* hauteur du dépôt par rapport à la couche claire exprimée en %.

Ces chiffres montrent que pour cette suspension en particulier il faut 2 % d'argile pour supprimer sédimentation et cristallisation d'une façon satisfaisante. La viscosité reste assez forte mais on peut pomper la suspension et l'épandre sans difficulté. A ce niveau de 2 %, la proportion de cristaux de plus de 20 mailles n'est que de 0,03 % (0 % du poids total du produit). D'autres expériences prouvent que la quantité des cristaux de cette taille est un facteur déterminant dans la recherche de la plus ou moins grande facilité de vaporisation des suspensions. Au-dessus d'environ 0,1 % de cristaux supérieurs à 20 mailles, les cristaux bouchent habituellement un gicleur de 0,078 inches, ce qui est l'une des plus petites tailles utilisées d'ordinaire pour épandre les engrais liquides.

La viscosité est une des propriétés spécifiques des suspensions de sel. Il est nécessaire, dans la plupart des cas, d'avoir une assez forte viscosité, de l'ordre de 200 centipoises, pour obtenir les propriétés voulues pour ces suspensions. La figure 4 \* représente les propriétés rhéologiques des diverses suspensions (chacune contenant 2 % d'argile gonflant). Le taux de cisaillement (révolutions par minute du disque du viscosimètre) est relevé en fonction de l'effort de cisaillement. Selon la véritable théorie de Newton, il aurait fallu que les courbes soient des droites partant de l'origine, toutes en différent. Les suspensions fabriquées avec de l'urée en tant que source d'azote supplémentaire, donnent une courbe droite sur presque toute sa longueur qui rencontre l'axe de la résistance quelque part au-dessus de son origine, ce qui est typique de l'écoulement visqueux. Les 2 autres courbes dénoncent un comportement pseudoplastique, c'est-à-dire que le rapport résistance-cisaillement (viscosité apparente) diminue au fur et à mesure que la viscosité apparente augmente.

Bien qu'il faille une assez forte viscosité pour contrôler la sédimentation et la cristallisation, on ne rencontre aucune difficulté pour pomper et épandre les produits. Les viscosités ne sont pas assez fortes pour affecter d'une façon sensible l'écoulement par les orifices; de récentes publications affirment que les liquides qui ont une viscosité allant jusqu'à 700 centipoises, peuvent réellement s'écouler par ces orifices plus rapidement que l'eau à moins que la pression ne soit très faible ou l'orifice très petit.

Certaines suspensions expérimentales ont une forte thixotropie, surtout après un stockage prolongé. Dans les cas extrêmes, la suspension s'épaissit pendant le stockage au point de ne plus pouvoir s'écouler hors de la citerne; cependant, il suffit de remuer légèrement pour que la fluidité redevienne à peu près la même qu'avant le stockage.

Bien que l'argile soit un inhibiteur valable de cristallisation, il est bon également de refroidir la solution de phosphate d'ammoniaque avant d'y ajouter les cristaux de chlorure de potassium. La raison en paraît associée avec le taux de formation du nitrate de potassium, forme la plus ennuyeuse de la cristallisation dans les suspensions de sels parce que les cristaux sont longs, semblables à des aiguilles et, de là, ont tendance à boucher les gicleurs. Il faut que le chlorure de potassium se dissolve avant que le nitrate de potassium puisse se former; donc tout ce qui parvient à retarder la dissolution du chlorure de potassium nous aide.

On a essayé de trouver une méthode qui éviterait le besoin d'argile comme agent de suspension. C'est une adaptation de la technique du pH élevé dont nous avons parlé plus haut pour suspendre les impuretés précipitées dans l'acide obtenu

\* voir fig. 4 texte anglais page 41

## Les progrès techniques et agronomiques de la fertilisation en Italie

Prof. Marino GASPARINI, Directeur de l'Institut d'Agronomie générale et de Cultures herbacées de l'Université de Florence



Les problèmes posés par la fertilisation du sol ont été de tout temps une des tâches les plus ardues de la science agronomique; ce sont les facteurs qui marquent l'évolution de la production, et, par conséquent, il faut les considérer comme les bases historiques de l'agriculture de chaque pays.

La recherche scientifique, qui progresse sans arrêt, représente l'élément moteur, elle permet de résoudre ces problèmes souvent grâce à de simples perfectionnements, mais quelquefois aussi grâce à de profondes innovations qui ouvrent alors à l'application pratique de nouveaux horizons.

L'agriculture italienne est, sans doute, une de celles qui ont fait depuis un siècle le plus gros d'efforts pour conquérir la fertilité du sol. En effet, bien rares sont les pays qui, à l'égal du nôtre, offrent une aussi riche variété de milieux pédoclimatiques que leur position très souvent décline rend encore plus ingrats. Rappelons aussi qu'on n'a cessé de gagner de nouvelles terres à l'agriculture en les arrachant à la mer, aux marais, à la friche, au bois des hautes collines et des montagnes. La fertilité potentielle naturelle de ces terres était généralement plus que modeste; au surplus, les anomalies d'ordre physico-chimique en interdisaient une rapide valorisation. La lutte contre le faible rendement du sol s'est déroulée selon trois processus agronomiques: capitaux pour l'agriculture italienne: en premier lieu, la régularisation des eaux afin d'atténuer les influences dépressives de précipitations excessives pendant la saison froide (automne-printemps) et de limiter, d'autre part, les effets d'une sécheresse prolongée pendant l'été. En deuxième lieu, la nécessité de pénétrer plus profondément dans la couche active du sol et d'en obtenir le bon état physique.

Ces deux premières règles concernent le fort pourcentage de terrains argileux de faible perméabilité soumis à la pluviosité, les très nombreux terrains en pente qui sont soumis, par conséquent, à des phénomènes d'érosion.

Enfin, la troisième règle est l'amélioration et la conservation de la fertilité obtenue grâce à une rotation de cultures appropriées. Cette méthode est d'autant plus précieuse que la fertilité potentielle du sol est faible. C'est sur elle que repose le grand problème de la fertilité agronomique considérée sous son triple aspect: physique, chimique, biologique.

L'expérience dans ce domaine a été remarquable. Que l'on pense, en effet, que les terres saines et fertiles sont bien rares en Italie, et que toutes les autres ont été récupérées grâce à de vastes travaux d'assainissement, sans cesse poursuivis, qui s'inspirent de ces trois règles agronomiques fondamentales.

Les moyens pour appliquer ces règles ont, eux aussi, évolué avec le temps. La vraie, la grande impulsion a été donnée par le développement de la science des fumures, celui de la mécanisation agricole et par la génétique qui a contribué, elle aussi, grâce à l'amélioration des plantes à valoriser la fertilité croissante des terrains.

A ces trois grands facteurs de la fertilité et de la productivité sont confiées de nouvelles tâches de plus en plus vastes. L'agriculture de demain exigera non seulement que ses moyens soient toujours plus efficaces pour lui permettre de résoudre ses problèmes économiques, mais aussi et surtout qu'ils lui permettent d'atteindre très rapidement des buts bien déterminés avec des investissements productifs à échéance très réduite.

La fumure, en particulier, est un des moyens les plus dynamiques, celui qui offre encore de larges possibilités pour obtenir des accroissements productifs rapides. Il va de soi qu'elle s'insère dans le cadre plus vaste des autres interventions agronomiques et de leur degré de perfection dépend directement l'effet de la fumure elle-même.

A l'aube du grand progrès scientifique dont les applications commencèrent vers la moitié du siècle dernier seulement, l'Italie figurait déjà parmi les pays qui avaient adopté les principes de la fertilisation chimique; elle avait, en effet, importé du Chili, bien qu'en quantité réduite, du nitrate. Mais il faut arriver en 1867 pour assister à la naissance d'une industrie nationale d'engrais chimiques. C'est à cette époque, rappelons-le, que furent préparés les premiers 5000 quintaux de superphosphate d'os.

Par la suite, on commença à utiliser, outre les os, les phosphorites à faible titre qu'on remplaça rapidement par celles de la Californie et de l'Afrique du Nord française qui étaient beaucoup plus riches.

La situation, au début de ce siècle (1902), s'était déjà considérablement modifiée. La production des engrais phosphatés atteignait 4 millions de quintaux. En outre, l'industrie avait déjà entrepris la production des azotés, lançant sur le marché le sulfate d'ammoniaque. Quelques années après (1905), selon un nouveau procédé que l'industrie italienne avait obtenu à partir du processus primitif de FRANCK et CARO, entraînait en fonction la première fabrique de cyanamide de chaux pour l'agriculture à Piano d'Orte (Pescara).

C'est le premier engrais azoté de synthèse qu'a produit l'industrie italienne et qui a apporté à l'agriculture de grands avantages économiques.

Jusqu'en 1922 on peut dire que l'industrie italienne des engrais était essentiellement outillée pour la production des superphosphates qui enregistre un accroissement vraiment remarquable. Qu'il suffise de penser que, déjà en 1910, on avait atteint 10 millions de quintaux.

Parmi les azotés, au contraire, seule, la cyanamide de chaux avait connu une hausse de production assez conséquente, correspondant à 1/3 des superphosphates environ, tandis que la production du sulfate d'ammoniaque, obtenu par la récupération du gaz, était encore très limitée.

Enfin, en 1922, commence la plus grande activité industrielle du siècle: la production de l'ammoniaque synthétique.

C'est là une des étapes les plus importantes qu'aient connues l'agriculture italienne qui exigeait alors des quantités toujours croissantes d'engrais azotés à des prix plus accessibles. Les procédés de synthèse des italiens FAUSER et CASALI, connus aujourd'hui dans le monde entier, ont permis de résoudre le grave problème de l'azote. De la synthèse de l'ammoniaque à la production de l'acide nitrique, à celle des nitrates et de l'urée, il n'y eut qu'un pas.

En 1926 s'ouvrait à Novara le premier établissement industriel pour la production de l'acide nitrique selon le procédé FAUSER-Montecatini; puis en 1932, toujours à Novara, un autre établissement pour la production de l'urée.

Les perfectionnements industriels depuis cette époque ont été remarquables et ont exigé un effort d'intelligence vraiment louable et des apports financiers importants.