

of the applicator through the field. One of the advantages of this pump is that solution does not come in contact with any metal part, thereby avoiding corrosion.

Handling and application of salt suspensions presents special problems. However, the method is relatively new and no general practice has been established. At present, most of the product is taken directly to the field as soon as it is made, so that the problem of providing stirring in storage tanks has not arisen. However, one producer uses tank truck applicators with a stirrer mounted in the tank to ensure against any settling en route.

Small-scale tests have indicated that any of the standard types of application equipment can be used with salt suspensions. The squeeze pump is especially applicable since it has no small openings that might be plugged by crystals. In commercial practice, spray nozzles of the «flooding» type are used; since these are designed to cover a relatively wide swath, the orifice is relatively large and therefore less likely to become plugged by crystals. One producer has developed a slurry applicator in which the slurry is slung out by centrifugal force from a whirling set of tubes mounted like spokes on a wheel.

Agronomic value

As for nitrogen solutions, there is no reason to expect any difference between the agronomic response of liquid mixed fertilizers and the soluble fertilizer salts from which they are made. The latter — urea, ammonium nitrate, ammonium phosphate, and potassium chloride — are recognized as good fertilizers. Nevertheless, numerous tests have been carried out to compare liquids and soluble solids. No essential difference in agronomic response has been found.

Comparison between liquid mixed fertilizer and solid mixed fertilizer that is not completely soluble is also of interest. A major portion of the solid mixed fertilizer used in the United States is partially insoluble in water due to the presence of ammoniated superphosphate. The water-insoluble portion of this material consists of dicalcium phosphate and a more basic phosphate, usually hydroxyapatite. Both of these have high solubility in neutral ammonium citrate solution, the solvent used in official evaluation tests in the United States; however, the dicalcium phosphate is usually found to be superior in actual plant growth tests. The ratio between the two depends on variables in the manufacturing process. High water insolubility is usually associated with a high proportion of the more basic, less effective phosphate. Therefore, liquid mixed fertilizer may be agronomically superior to solid mixed fertilizer if the latter contains ammoniated superphosphate and a large proportion of the phosphate is water insoluble. The degree of water insolubility necessary to give a significant decrease in agronomic value of mixed fertilizers containing ammoniated superphosphate depends on several factors, including type of soil and crop. The consensus seems to be that most solid mixed fertilizers in the United States have enough water solubility for most soil and crop situations. Therefore, it appears that liquid mixed fertilizers may be superior to the usual type of solid mixed fertilizer in some instances but that, in general, the effectiveness is about the same.

Literature cited

1. ADAMS, J. R., ANDERSON, M. S., and HULBERT, W. C. *Liquid Nitrogen Fertilizers for Direct Application*. Agriculture Handbook No. 198, Agricultural Research Service, U. S. Dept. Agriculture, Washington, D. C. U. S. Government Printing Office, Washington 25, D. C. (1961).

2. ANDREWS, W. B., NEELY, J. A., and EDWARDS, F. E. *Anhydrous Ammonia as a Source of Nitrogen*. Mississippi State Coll. Agr. Expt. Sta. Bull. No. 482 (1951).
3. BROSHEER, J. C., and ANDERSON, J. F. *The System Ammonia — Phosphoric Acid — Water at 75°*. J. Am. Chem. Soc. 68, 902-904 (1946).
4. BURGESS, P. S., and HAWKINS, R. S. *Fifty-Sixth Annual Report for the Year Ending June 30, 1945*. Ariz. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt. 56. (1946).
5. CHABEREK, S., and MARTELL, A. E. *Organic Sequestering Agents*. John Wiley and Sons, Inc., New York (1959).
6. ENO, C. F., and BLUE, W. G. *The Effect of Anhydrous Ammonia on Nitrification and the Microbiological Population in Sandy Soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18, 178-81 (1954).
7. ENO, C. F., and BLUE, W. G. *The Comparative Rate of Nitrification of Anhydrous Ammonia, Urea, and Ammonium Sulfate in Sandy Soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 392-396 (1957).
8. ENO, C. F., BLUE, W. G., and GOOD, J. M., Jr. *The Effect of Anhydrous Ammonia on Nematodes, Fungi, Bacteria, and Nitrification in Some Florida Soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19, 55-58 (1955).
9. FLATT, R., BRUNISHOLZ, G., and BLUMER, O. *Contribution to the Study of the Quinary System $Ca^{++}-NH_4^+-H^+-NO_3^-PO_4^{--}-H_2O$. XIV. Quaternary System $NH_4^+-H^+-NO_3^-PO_4^{--}-H_2O$ at 25°*. Helv. Chim. Acta 38, 753-69 (1955).
10. HATFIELD, J. D., SLACK, A. V., CROW, G. L., and SHAFFER, H. B. *Corrosion in Fertilizer Equipment: Corrosion of Metals by Liquid Mixed Fertilizers*. J. Agr. Food Chem. 6, No. 7, 524-31 (1958).
11. HUHTI, Anna-Liisa, and GARTAGANIS, P. A. *The Composition of the Strong Phosphoric Acids*. Can. J. Chem. 34, 785-97 (1956).
12. LANGGUTH, R. P., PAYNE, J. H., ARVAN, P. G., SISLER, C. C., and BRAUTIGAM, G. F. *Formulating Liquid Fertilizers*. J. Agr. Food Chem. 3, 656-62 (1955).
13. NELSON, L. B., and UHLAND, R. E. *Factors that Influence Loss of Fall Applied Fertilizers and Their Probable Importance in Different Sections of the United States*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19, 492-96 (1955).
14. NEWSOME, W. S., Jr. *Suspension Fertilizers*. *Solutions*, 30-1, 33, and 35 (Jan.-Feb. 1960).
15. MILLER, F. J. L., BRANDON, G. F., THOMPSON, J. B., TURNER, G. H. *Control of Citrate-Insoluble Phosphate Formation in Ammonium Phosphate Manufacture*. J. Agr. Food Chem. 9, No. 1, 2-3 (Jan.-Feb. 1961).
16. POTTS, J. M., ELDER, H. W., and SCOTT, W. C. *Liquid Fertilizers from Superphosphoric Acid and Potassium Hydroxide*. J. Agr. Food Chem. 9, No. 3, 178-181 (May-June 1961).
17. POTTS, J. M., RINDT, D. W., and SLACK, A. V. *Liquid Fertilizers from Wet-Process Phosphoric Acid: Clarification by Removal of Precipitated Impurities*. Paper presented at the National Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Baltimore, Maryland, May 1962 (in press).
18. ROY, Hira Lal, and SEN-GUPTA, Nirmal K. *Free Discharge of Fluids through Small Circular Orifices*. Ind. Eng. Chem. 32, 2, 288-90 (Feb. 1940).
19. SAWYER, E. W. *The Stabilization of Suspension Fertilizers with Colloidal Attapulgite*. *Solutions*, 36-37, 39, 41 and 43 (Jan.-Feb. 1960).
20. SLACK, A. V., HATFIELD, J. D., SHAFFER, H. B., and DRISKELL, J. C. *Solubility Relationships in Liquid Mixed Fertilizer Systems*. J. Agr. Food Chem. 7, No. 6, 404-408 (June 1959).
21. SLACK, A. V., and NASON, M. C. *Liquid Fertilizers from Wet-Process Phosphoric Acid: Suspension of Impurities*. J. Agr. Food Chem. 9, No. 5, 343-348 (Sept.-Oct. 1961).
22. SLACK, A. V., POTTS, J. M., and SHAFFER, H. B. *Solubility Relationships in Liquid Fertilizer Systems Based on Superphosphoric Acid*. Paper presented at the 138th National Meeting of the American Chemical Society, New York, New York, September 1960.
23. SLACK, A. V., and WALTERS, H. K., Jr. *Slurry Fertilizers: Their Formulation and Potential Uses*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Washington, D. C., June 1962.
24. SOHN, J. B., and PEECH, M. *Retention and Fixation of Ammonia by Soils*. Soil Sci. 85, 1-9 (1958).
25. SOKOLOFF, V. P. *Losses of Ammonia from Irrigation Water*. Johns Hopkins Univ., Baltimore, Md. (1951).
26. STANLEY, F. A., and SMITH, G. E. *Proper Application Improves Value of NH_3* . Agr. Ammonia News 5, No. 2, 19-22 (1955).
27. STANLEY, F. A., and SMITH, G. E. *Effect of Soil Moisture and Depth of Application and Retention of Anhydrous Ammonia*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20, 557-61 (1956).
28. STRIPLIN, M. M., Jr., MCKNIGHT, D., and MEGAR, G. H. *Phosphoric Acid of High Concentration*. J. Agr. Food Chem. 6, No. 4, 298-303 (April 1958).
29. STRIPLIN, M. M., Jr., STINSON, J. M., and WILBANKS, J. A. *High-Analysis Liquid Fertilizer from Superphosphoric Acid*. J. Agr. Food Chem. 7, No. 9, 623-628 (Sept. 1959).
30. VOLK, G. M. *Volatile Loss of Ammonia Following Surface Application of Urea to Turf or Bare Soils*. Agron. Jour. 51, 746-749 (1959).
31. WILBANKS, J. A., NASON, M. C., and SCOTT, W. C. *Liquid Fertilizers from Wet-Process Phosphoric Acid and Superphosphoric Acid*. J. Agr. Food Chem. 9, No. 3, 174-178 (May-June 1961).

ralement cher (300 n. f. la tonne de matière organique sèche dans le Midi de la France) et il n'est pas toujours aisé d'en obtenir. Le problème de l'utilisation des fumiers est donc lié aux conditions économiques de la production des légumes de primeurs qui ne sont pas toujours satisfaisantes.

La culture légumière comme la culture florale a toujours recherché des engrais complets à support organique ou des engrais organiques azotés (déchets de viande, tourteau, corne, azote dissous) sans bien comprendre que ces engrais n'apportent pas une amélioration sensible au bilan humique en raison de leur rapport C/N la plupart du temps faible et surtout des tonnages insignifiants apportés. Il semble bien que les praticiens aient apprécié leur aptitude à fournir de l'azote minéral d'une façon assez progressive et qu'il aient permis d'éviter des dépressions dues aux inévitables excès locaux de salinité globale dans un régime de fertilisation souvent très élevé de l'ordre de 6 à 700 unités fertilisantes par hectare et par an. C'est une des raisons de l'apparition des engrais azotés organiques de synthèse constitués par des polymères du méthylène urée, qui ont donné des résultats très satisfaisants en horticulture, mais dans lesquels le prix de l'unité d'azote reste élevé bien que légèrement inférieur à la moyenne des engrais azotés organiques naturels.

En dehors des exemples que nous avons donnés précédemment et qui ne sauraient évidemment être généralisés on a peu d'indications sur les bilans humiques des cultures maraichères.

La pratique des broyages et des enfouissements des résidus se répand de plus en plus grâce à la mécanisation. Il est probable que les besoins en fumier pourront aller en diminuant grâce à l'amélioration des techniques d'apports échelonnés d'azote et même de solution nutritives contenant N, P et K. Ceci évite les accoups dont peuvent être responsables les fumures exclusivement minérales intensives. Cette pratique qui commence à être utilisée pour la production de l'oignon et de la rose dans l'Europe du Nord, pour la production de l'oignon dans le Midi de la France, se développera probablement en culture maraichère. Un des rôles importants de la matière organique, la fourniture progressive d'éléments fertilisants minéraux, se trouvera ainsi sans objet. Par contre, pour ces cultures pour lesquelles la rapidité de croissance est un élément important de la réussite économique, l'aération du sol est un facteur essentiel, les qualités de structure doivent être maintenues et la stabilité de la structure en fonction de la matière organique doit être surveillée. Indiquons à ce propos, le progrès que représente l'utilisation courante des techniques de mesures de la stabilité de la structure de HENIN, MONNIER et COMBEAU (25) maintenant normalement pratiquée en France.

La diminution de l'emploi des fumiers peut avoir pour corollaire un accroissement des difficultés liées aux déficiences en éléments mineurs en particulier quand il s'agit de déficiences induites, certains constituants de l'humus présentant des pouvoirs de chélation dont l'étude est encore fragmentaire.

Signalons, en terminant, l'importance que peuvent jouer certains facteurs probiotiques résultant d'une activité microbienne dans la fermentation des pailles dans le sol. Il n'est pas exclu que l'industrie de la fertilisation s'intéresse un jour à ces produits pour en réaliser la synthèse comme elle s'intéresse à ceux qui pourraient modifier au gré de l'homme certains équilibres de la microflore. Certains produits d'origine fossile ont fait l'objet d'études récentes (HUSSEINOV) (26).

Un dernier aspect des fumures organiques est à considérer dans les cultures dans lesquelles le prix de revient de la fertilisation compte peu dans le revenu brut à l'unité de surface, il s'agit de certaines cultures florales et maraichères. Dans ce cas, il peut arriver que des teneurs élevées des sols en matières organiques soient atteintes. Il peut en résulter, en climat chaud, certains accidents à la suite des stérilisations à la vapeur qui sont en train de prendre de l'importance. Le déclenchement de l'ammonification peut être alors suffisamment brutal pour engendrer des phénomènes de toxicité dus à NH_3 . Il peut y avoir également une augmentation momentanée des sels solubles.

Resumé et conclusion

Nous avons classé les effets de la fumure organique en fonction du temps: effets à long terme, à moyen terme, à court terme. Les Agronomes ont été pendant longtemps hypnotisés par les effets à long terme et les Spécialistes de la Science du Sol se sont surtout intéressés au vieil humus en s'attachant presque exclusivement au rôle physico-chimique joué dans le sol par les acides humiques. On sait maintenant que les fumures minérales employées seules sont capables de fournir un rendement élevé par rapport au fumier pendant de longues périodes de temps. On sait également que la paille enfouie sur place ou qui permet de transporter de la matière organique à l'état sec, peut être employée de façon régulière avec des effets satisfaisants.

Ce sont les effets à court terme de nature physique, chimique ou biologique qui paraissent surtout mériter notre attention actuellement. Ce sont eux qui sont responsables des interactions fumures organiques-fumures minérales dont l'interprétation est encore insuffisante. Il s'agit maintenant de savoir dans quelles conditions une fumure organique déterminée est capable d'augmenter le rendement maximum qu'il est possible d'obtenir avec des fumures minérales en doses croissantes. Les relations entre les fumures organiques et les fumures minérales apparaissent, pour le moment, étroitement liées aux conditions de la nutrition azotée et parfois phosphatée des plantes cultivées. Il est possible que d'autres relations concernant des éléments secondaires comme le soufre, ou des oligo-éléments puissent être déterminées.

Il est probable que l'évolution des conditions d'emploi de la fumure minérale modifie les relations entre les deux types de fumure. Ainsi, en ce qui concerne l'azote, l'amélioration de la fumure azotée par les irrigations fertilisantes ou par l'échelonnement des apports diminue l'importance de la matière organique du sol comme fournisseur d'azote minéral. Autrement dit, certaines fonctions de l'humus peuvent ne plus avoir la même importance qu'autrefois quand la fertilisation minérale était à son début.

Si une fumure organique est capable d'élever le rendement obtenu avec les fumures minérales cela signifie qu'elles doivent être associées. A ce moment interviennent des considérations économiques locales qui mériteraient, à l'heure présente, des études très développées.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Wir haben die Wirkungen der organischen Düngung nach der Zeit eingeteilt in lang-, mittel- und kurzfristige Wirkungen. Die Agronomie war lange in der Betrachtung nur der langfristigen Wirkungen befangen; die Bodenkunde hat sich vorwiegend mit dem Althumus befasst und fast ausschliesslich die physikalisch-chemische Tätigkeit der Humussäuren im Boden untersucht. Wir wissen heute, dass die reine Minereraldüngung über lange Zeiträume hinweg einen gegenüber dem organischen Dünger hohen Ertrag erzielen kann. Wir wissen ferner, dass eingebrachtes Stroh, auch als Träger trockener organischer Substanzen, regelmässig mit befriedigenden Ergebnissen verwendet wird.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen heute die physikalischen, chemischen und biologischen Wirkungen kurzfristiger Art. Von ihnen gehen die gegenseitigen Reaktionen zwischen organischem und Mineraldünger aus, deren Zusammenhänge noch nicht genügend durchschaut sind. Die Fragestellung lautet, unter welchen Voraussetzungen ein bestimmter organischer Dünger in stande ist, den mit mineralischem Dünger in steigenden Gaben erzielbaren Höchstertag zu steigern. Das Verhältnis zwischen organischem und mineralischem Dünger scheint sich nach den bisherigen Erkenntnissen ziemlich genau nach der Stickstoff- und zum Teil der Phosphatnahrung der Kulturpflanzen zu richten. Möglich ist, dass sich noch weitere Relationen bezüglich sekundärer Elemente, wie Schwefel, oder gewisser Spurenelemente ergeben.