

## Die Bedeutung kalk- und silikathaltiger Phosphatdünger für die Düngung von Latosolen

The importance of phosphate fertilizers containing lime and silicate for the fertilization of Latosols

Von Wilfried Werner \*)

### 1. Einleitung

Die Böden der Tropen produzieren heute Kulturpflanzen weitgehend ohne Zufuhr von Handelsdüngemitteln. Die wenigen Ausnahmen mit intensiver Düngung — vorwiegend Plantagen mit Exportkulturen — liefern jedoch den Beweis, daß die Anwendung von Handelsdüngern eine der wichtigsten Maßnahmen zur Steigerung der Bodenproduktivität in den Tropen ist. Selbstverständlich darf man hier die Düngung nicht als isolierte Maßnahme, sondern stets nur im Rahmen aller Maßnahmen zur Ertragssteigerung betrachten. Trotz Nährstoffmangel im Boden bleibt die Düngung oft deshalb erfolglos, weil etwa die Wasserversorgung ungenügend ist, weil die angebauten Sorten infolge ihres geringen genetischen Potentials gar nicht auf eine bessere Nährstoffversorgung reagieren können, weil die ackerbaulichen Maßnahmen unzureichend sind u. a. m.

Infolge der starken Phosphat-Armut und hohen P-Fixierungskapazität vieler tropischer Böden, insbesondere der Latosole, ist die Phosphatdüngung in den Tropen von besonderer Bedeutung. Von den derzeit in diesen Gebieten angewandten P-Düngern stehen die wasserlöslichen Phosphate (Super- und Triplephosphat) weit an erster Stelle. Dies ist zumindest vom bodenkundlichen Aspekt überraschend, da das wasserlösliche Phosphat auf diesen Böden sehr schnell fixiert wird. Man versucht, die Fixierung dadurch zu verlangsamen und zu verringern, daß man die Düngung „placiert“ (Reihen- oder Banddüngung).

Ein agrikulturchemisch vorteilhafter Weg zur Phosphatversorgung fixierender Böden ist jedoch in der Verwendung leichtlöslicher, aber gegen Festlegung weitgehend geschützter Phosphatdünger zu sehen. Bekanntlich wird die P-Festlegung durch lösliche Kieselsäure stark gehemmt (1). Zudem kann bereits festgelegtes Phosphat durch Silikat wieder freigesetzt werden und somit verfügbar werden (2). Diese Tatsachen lassen silikathaltige Phosphate als besonders geeignet für die Düngung tropischer Böden erscheinen, zumal wenn sie hochkonzentriert sind, wie das Rhenania-Phosphat (28—30 %  $P_2O_5$ ).

\*) Dr. Wilfried Werner, Dipl.-Ldw., Leiter der Landwirtschaftlichen Versuchsstation der Kali-Chemie AG, Hannover.

*Anschrift:* 3 Hannover, Hans-Böckler-Allee 20.

Die silikathaltigen Phosphatdünger haben noch den zusätzlichen Vorteil, daß sie über einen hohen Anteil an basisch wirksamem Kalk verfügen. Mit der Phosphatdüngung werden somit zusätzlich jährlich kleine Kalkgaben verabreicht, die gerade für die stark versauerten sesquioxidreichen Böden von Bedeutung sind, da sie nicht — wie hohe Kalkgaben in diesem Klimabereich — einen verstärkten Humusabbau auslösen (3).

Die bisher in der Literatur vereinzelt vorliegenden Befunde über die Wirkung von Glühphosphaten auf sesquioxidreichen tropischen Böden im Vergleich zu anderen P-Düngern sind ausnahmslos recht positiv. So ermittelte Jones (4) in Versuchen auf lateritischen Böden Kenyas folgende Ausnutzungsquotienten:

gemahlenes Rohphosphat	4—7 %
Superphosphat	13—23 %
Sodaphosphat (Rhenania)	18—25 %

Er folgerte, daß silikathaltige Glühphosphate ideale Phosphatdünger für die lateritischen Böden der tropischen und subtropischen Länder sind.

Nach Zeller (5) brachte Rhenania-Phosphat auf einem tiefgründigen, vulkanischen Lavaboden Kameruns gegenüber Superphosphat einen Mehrertrag von 20 % an Kakaobohnen und 14 % an Bananen. Die Zahl der Bananenbüschel lag um 23 % höher. Er folgert, daß auf diesen Böden „die Phosphorsäure am wirksamsten in Form von Rhenania-Phosphat gegeben wird“.

Die vorzügliche Düngerwirkung von Rhenania-Phosphat auf Latosolen wird auch in einer jüngeren Publikation des Interamerikanischen Forschungsinstituts für Landwirtschaft, Turrialba (Costa Rica), bestätigt (6). Auf Grund dieser Befunde befürwortet der Autor eine stärkere Beachtung gerade der silikathaltigen Phosphate bei der Düngung tropischer, P-fixierender Böden.

Um in Ergänzung dieser Befunde weitere Unterlagen über die relative Brauchbarkeit verschiedener Phosphate auf Latosolen zu erhalten, untersuchen wir zur Zeit in einem umfangreichen Versuchsprogramm mit tropischen Böden die Beziehungen zwischen Sesquioxidgehalt und P-Fixierungskapazität von Latosolen und der P-Wirkung von Superphosphat und Rhenania-Phosphat. Über die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe soll nachstehend berichtet werden.

## 2. Versuchsdurchführung

Es wurden je ein Latosol aus Costa Rica (Limon), Liberia (Buchanan) und Congo-Brazzaville (Makoua) in einem Gefäßversuch eingesetzt. Die wichtigsten chemischen Daten dieser Böden sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Sämtliche Versuchsböden waren sauer und ausgesprochen arm an Phosphat und wiesen eine hohe P-Fixierungskapazität auf. Die Höhe der P-Fixierung stand in Beziehung zum Eisenoxid-Gehalt der Böden, und

zwar sowohl zum Gesamtgehalt (Dithionit-löslich) als auch zum aktiven Anteil der Fe-Oxide (Oxalat-löslich). Die Beziehungen zu dem „Aktivitätsgrad der Eisenoxide“ (7) war nicht ganz klar, denn die Böden Kongo und Liberia fixierten bei etwa gleichem Aktivitätsgrad ganz unterschiedliche Phosphatmengen. Mit steigenden Gehalten an Fe-Oxiden stieg auch der Gehalt an Al-Oxiden an.

Tabelle 1: Chemische Kennzeichnung der Versuchsböden

	Kongo	Liberia	Costa Rica
pH	3,5	3,9	3,6
mg K <sub>2</sub> O/100 g (DL)	1,6	4	8
mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g (DL)	1,6	0,7	0,9
mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g (Olsen)	4,0	3,3	3,0
mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g (Bray)	3,9	3,4	1,6
P-Fixierung ppm *)	35,9	81,4	99,2
% Fe Dithionit-löslich	1,18	4,38	5,12
% Fe Oxalat-löslich	0,103	0,246	1,01
Fe-Ox. / Fe-Dith.			
(Aktivitätsgrad)	0,09	0,06	0,20
% Al Dithionit-löslich	0,19	1,25	1,35
% Al Oxalat-löslich	0,04	0,20	0,54

\*) bei einer Vorlage von 100 ppm P als Monocalciumphosphat

Als Versuchspflanze wurde mit Futterraps (Lihonova) eine Pflanze mit relativ gutem Phosphat-Aneignungsvermögen herangezogen.

Die P-Gabe betrug 0,45 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Gefäß in Form von Rhenania-Phosphat oder Superphosphat, wobei beide sowohl in gemahlener als auch in der handelsüblichen gekörnten Form zur Anwendung kamen. Die Böden wurden ca. 4 Wochen vor der Ansaat der Gefäße mit der P-Düngung vermischt und bei 60—70 % der max. Wasserkapazität gehalten. Die Ernte der Versuchspflanzen erfolgte nach ca. 8wöchiger Versuchszeit beim Auftreten der ersten Blüten.

### 3. Versuchsergebnisse

Schon die Vegetationsbeobachtungen ließen wesentliche Rückschlüsse auf Unterschiede in der P-Wirkung der geprüften Düngemittel zu. Die Kontrollpflanzen „ohne P“ verharrten im Keimpflanzenstadium und zeigten die für extremen P-Mangel typische Anthocyan-Färbung. Zwischen den mit Rhenania-Phosphat und mit Superphosphat gedüngten Pflanzen bildeten sich schon bald nach dem Auflaufen Wachstumsunterschiede zu-

gunsten des Rhenania-Phosphats heraus, besonders deutlich bei Verwendung der gemahlene P-Formen. Durch Anwendung der gekörnten Formen konnte insbesondere beim Superphosphat die Phosphatversorgung der Pflanze wesentlich besser gestaltet werden; jedoch waren auch die mit gekörntem Superphosphat gedüngten den mit „Rhenania-Phosphat feingekörnt“ gedüngten Pflanzen noch unterlegen.

Die erzielten Erträge und Phosphatentzüge sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Eine klare Beziehung zwischen der chemisch ermittelten P-Fixierungskapazität der Böden und der Wirksamkeit der P-Düngung bestand nicht. Auf allen Böden wurde infolge der starken P-Fixierung durch das gemahlene Superphosphat im Vergleich zum granulierten Produkt nur etwa der halbe Ertrag erzielt. Im P-Entzug kommt dieser Wirkungsunterschied auf dem Boden mit dem höchsten Fixierungsvermögen (Costa Rica) noch wesentlich stärker zum Ausdruck.

Beim Vergleich der beiden Anwendungsformen des Rhenania-Phosphats trat im Ertrag nur auf dem Boden Liberia eine klare Überlegenheit des granulierten Produktes auf. In der Beeinflussung der Phosphataufnahme war das granuliert Produkt jedoch auf allen Böden besser als die gemahlene Form.

Ein Vergleich der durch Superphosphat und Rhenania-Phosphat erzielten Erträge und Phosphatentzüge zeigt eine klare Überlegenheit des Rhenania-Phosphats, insbesondere bei den gemahlene Formen. Das granuliert Superphosphat erbrachte im Vergleich zum gekörnten Rhenania-Phosphat Mindererträge zwischen 14 und 36 % und Minderentzüge an Phosphat zwischen 41 und 66 %.

Tabelle 2: Die Wirkung verschiedener Phosphatdünger auf stark sauren tropischen Latosolen

Düngung \ Boden	Costa-Rica (pH 3,6)				Liberia (pH 3,9)				Kongo-Braz. (pH 3,5)			
	Ertrag*)		P-Entzug		Ertrag*)		P-Entzug		Ertrag*)		P-Entzug	
	g/Gef.	rel.	mg/Gef.	rel.	g/Gef.	rel.	mg/Gef.	rel.	g/Gef.	rel.	mg/Gef.	rel.
ohne P	0,9	3	0,7	1	1,8	6	1,0	2	1,0	6	0,5	2
Rhen. Ph. gem.	25,6	97	41,2	61	18,5	62	18,7	31	22,4	129	37,4	80
Rhen. Ph. gran.	26,5	100	68,9	100	30,0	100	59,7	100	17,3	100	47,1	100
Superph. gem.	9,4	35	9,9	15	11,9	40	11,7	20	6,1	35	7,4	16
Superph. gran.	22,7	86	40,0	59	19,3	64	20,1	34	11,2	65	20,0	43

\*) Ertrag = Trockenmasse

#### 4. Zusammenfassung

In Gefäßversuchen wurde auf 3 tropischen Böden (Latosolen) mit pH-Werten unter 4 die Phosphatwirkung von Superphosphat und Rhenania-Phosphat in gemahlener und gekörnter Form vergleichend geprüft.

Auf sämtlichen Böden war das Rhenania-Phosphat dem Superphosphat deutlich überlegen. Das wasserlösliche Superphosphat wurde sehr schnell festgelegt, insbesondere bei Verabreichung in gemahlener Form. Demgegenüber erwies sich das citratlösliche Rhenania-Phosphat infolge seiner komplexen Bindung an Kalk und Kieselsäure als weitgehend stabil gegen eine Festlegung im Boden.

Die Versuchsergebnisse bestätigen somit frühere Literaturangaben, nach denen kalk- und kieselsäurereiche Glühphosphate vom Typ des Rhenania-Phosphats aus bodenkundlichem und pflanzenphysiologischem Aspekt für die Düngung sesquioxidreicher, tropischer und subtropischer Böden den wasserlöslichen Phosphaten vorzuziehen sind.

## Summary

The phosphorus effect of superphosphate and Rhenania-phosphate, both finely ground and granulated, was examined comparatively in pot experiments on three tropical soils (latosols).

On all soils Rhenania-phosphate was clearly superior to superphosphate. Apparently the water soluble P of superphosphate was fixed very quickly, especially when it was applied in the finely ground form. On the other hand the alkaline-citrate soluble Rhenania-phosphate proved to be largely resistant to a fixation in the soil, owing to its complex binding to lime and silicate.

The results of these experiments therefore confirm former literature data in which it was stated that phosphates of the Rhenania-type with a high contents of lime and silicic acid are from the viewpoint of soil science and plant nutrition preferable to the water soluble phosphates for the fertilization of many tropical and subtropical soils.

## Literaturverzeichnis

1. Knickmann, E.: Kieselsäure als Düngemittel. *Die Phosphorsäure* 22, 213—222, 1962
2. Ganssmann, W.: Untersuchungen über den Einfluß der Kieselsäure auf die Aufnahme von Phosphorsäure und anderen Nährstoffen. *Phosphorsäure* 22, 223—41, 1962
3. Stimming, H. H.: Über den Mineralstoffhaushalt südchilenischer Böden unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse von Felddüngungsversuchen. Diss. Techn. Universität Berlin, 1961
4. Jones, G. H. G.: Local supplies of phosphates the preparation of soda phosphates and some notes on the nutritional value. *Bull. agric. Congo Belge* 40, 2044—2050, 1959
5. Zeller, W.: Langjährige Düngungsversuche in Kamerun. *Der Tropenpflanzer*, 1930
6. Fassbender, H. H. W., und Müller, L.: Uso de enmiendas silicatadas en suelos altamente fijadores de fosfatos. „Turrialba“, Band 17, 371—375, 1967
7. Schwertmann, U.: Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd.* 105, 194—201, 1964