

Aus dem Institut für Pflanzenernährung der Justus Liebig-Universität Gießen  
Direktor: Professor Dr. H. Linser

## Zur Frage der Ermittlung des Düngebedürfnisses für Phosphorsäure bei tropischen Böden

### The determination of phosphorus nutrient requirement of Tropical Soils

Von Gabriel Olufemi Obigbesan<sup>o)</sup>

#### 1. Einleitung

Die Düngung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen wird auf die Gegebenheiten des betreffenden Standortes abgestimmt werden müssen. Eine wichtige Voraussetzung für diese standortgerechte Düngung stellt jedoch eine aussagekräftige Bodenuntersuchung dar, welche die Nährstoffversorgung des Bodens klar zum Ausdruck bringt. Die Erkenntnis setzt sich immer mehr durch, daß der Handelsdüngeranwendung in den Tropen die größte Bedeutung zukommt.

Sowohl über extremen Phosphatmangel als auch über sehr hohe Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor in den Böden der Tropen wird vielfach berichtet (*Greenwood*, 1951; *Nye*, 1951; *Gourou*, 1961; *Finck*, 1963). In humiden Gebieten, insbesondere bei Savannenböden, ist Phosphatmangel weit verbreitet und stellt den praktisch wichtigsten Nährstoffmangel dar. In den ariden Tropen tritt der P-Mangel meist erst dann auf, wenn höhere Erträge angestrebt werden.

In Anbetracht der bisher mangelhaften Erfahrung, welche Düngemittel für die P-Versorgung dieser tropischen Böden am geeignetesten sind, und in Anbetracht der Tatsache, daß diese Böden nicht einfach nach europäischen und augenblicklichen Richtlinien beurteilt werden können, ist es unerläßlich, den Nährstoffgehalt dieser Böden einigermaßen zu kennen und geeignete Methoden zur Ermittlung ihrer Nährstoffversorgung in Erfahrung zu bringen, damit die meist teuren und mit hohen Transport- und Lagerkosten belasteten Dünger am zweckmäßigsten eingesetzt werden.

---

<sup>o)</sup> Dr. Gabriel Olufemi Obigbesan, Diplomlandwirt. Promotion an der Justus Liebig-Universität Gießen.

*Anschrift:* SW 6/330 Bola Road, Ibadan, Nigeria

Dieses Problem gab Anlaß zu der vorliegenden Arbeit, in deren Verlauf Düngungsversuche mit verschiedenen Phosphatdüngern — Rhenania-, Thomas- und Superphosphat — auf einer Reihe West- und Mittelafrikanischer Böden durchgeführt wurden; die Verfügbarkeit und Wirksamkeit dieser Phosphatdünger wurde außer mit der pflanzenphysiologischen Salatmethode nach *Ehrendorfer* (1957) auch mit verschiedenen chemischen Extraktionsmethoden geprüft, um anhand von Korrelationsberechnungen diejenige chemische Untersuchungsmethode herauszufinden, die dem Ergebnis der pflanzenphysiologischen am nächsten kommt.

## 2. Charakterisierung der Böden

In die Untersuchung wurden 25 Ackerböden (0—15 cm Tiefe) aus West-Afrika (Nigeria, Ghana, Liberia) sowie Zentral- und Ost-Afrika (Äthiopien, Malawi, Kongo, Tanzania) einbezogen. Diese Versuchsböden, die sich nach Herkunft, Textur, pH und Humusgehalt unterscheiden, wurden zuerst verschiedenen physikalischen, chemischen und radiochemischen Untersuchungsmethoden unterworfen. Die chemischen Analysendaten zeigt die Tabelle 1, die pflanzenverfügbare Bodenphosphorsäure, bestimmt nach verschiedenen Extraktionsmethoden, ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß es sich bei den untersuchten Böden durchweg um typische Böden tropischer und subtropischer Herkunft handelt, die sich fast durchweg durch eine für europäische Verhältnisse völlig unzureichende Phosphatversorgung auszeichnen.

Um einen Einblick in die Art der P-Bindung im Boden vor und nach der Phosphatdüngung zu gewinnen, und um genauere Rückschlüsse auf die Festlegung bzw. das Unlöslichwerden der dem Boden zugeführten Düngersphosphorsäure ableiten zu können, wurde in Anlehnung an *Sommer* (1966) eine Phosphatfraktionierung nach *Chang* und *Jackson* (1957) vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Phosphatfraktionierung lassen darauf schließen, daß die starke Verwitterung der untersuchten nigerianischen Böden, verbunden mit einem Basenverlust, zu einer bevorzugten Bildung von Eisen- und Aluminiumphosphaten geführt hat.

## 3. Versuche mit Salatpflanzen

Die Frage nach dem Wert einer chemischen Methode zur Ermittlung der Düngerbedürftigkeit des Bodens kann nur durch ein physiologisches Verfahren, den Pflanzenversuch, beantwortet werden. Der Unterschied gegenüber chemischen Extraktionsmethoden besteht darin, daß durch die lebende Pflanzenwurzel eine ständige Lösung und Aufnahme der Nährstoffe erfolgt. Dadurch, daß man auf einer geringen Menge Bodens eine große Zahl von Pflanzen wachsen läßt, ist es möglich, dem Boden in kurzer Zeit seine aufnehmbaren Nährstoffe zu entziehen, was im Gefäß- oder Feldversuch eine ganze Vegetationsperiode dauert.

Table 1. Chemische Analysendaten der 27 Versuchsböden

Probe Nr.	Herkunft	pH		Aziditätsbest.		AK		Ges. P mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	Org. P in %	Org. P C/Org. P	
		H <sub>2</sub> O	n KCl	ml <sup>n</sup> / <sub>10</sub> Na OH y <sub>1</sub> (A)	y <sub>1</sub> (H)	mval/100 g	% C				
1	Nigeria	6.3	6.0	0.9	3.8	2.75	1.1	123	81.0	65.8	14
2	Nigeria	5.9	5.3	0.3	4.8	3.35	0.8	123	79.8	64.9	10
3	Nigeria	5.9	5.2	0.3	5.9	3.65	1.0	126	80.0	63.4	13
4	Nigeria	5.6	4.5	0.5	11.3	5.15	1.0	125	65.6	52.5	15
5	Nigeria	5.6	4.5	0.6	11.4	5.25	0.9	157	78.2	49.8	18
6	Nigeria	5.6	4.6	1.0	14.5	35.0	1.2	313	57.6	18.4	21
7	BRD	4.1	4.0	10.0	33.2	22.5	3.1	327	107.5	32.9	29
8	BRD	8.1	7.0	0.1	1.8	8.75	0.4	180	28.3	15.7	14
9	Nigeria	4.7	3.8	4.2	17.0	6.50	1.1	130	36.7	28.2	30
10	Nigeria	6.0	5.3	0.2	6.8	7.00	1.3	137	54.2	39.6	24
11	Nigeria	5.7	4.6	2.0	15.6	5.75	1.1	127	30.8	24.3	36
12	Nigeria	5.2	4.1	1.7	9.0	4.00	0.8	110	19.2	17.5	42
13	Ghana I	5.9	5.2	0.2	8.6	28.75	1.8	130	47.5	36.5	38
14	Ghana II	6.4	5.5	0.1	7.5	15.75	1.9	157	54.9	35.0	35
15	Ghana III	6.9	6.2	0.2	6.1	19.25	2.5	177	73.2	41.4	34
16	Liberia	5.1	4.1	—	—	8.50	1.5	123	27.0	21.9	56
17	Äthiopien I	5.9	5.1	0.5	19.6	45.47	3.7	563	103.	18.3	36
18	Äthiopien II	5.9	5.0	0.3	13.3	18.23	2.2	203	78	20.3	28
19	Äthiopien III	5.5	4.8	0.3	17.4	33.75	3.0	233	92	39.5	33
20	Äthiopien IV	6.9	5.6	0.05	4.5	58.15	1.1	110	32	29.1	34
21	Äthiopien V	5.4	4.5	0.6	28.7	32.15	3.4	163	123	75.5	28
22	Äthiopien VI	6.4	5.3	0.1	7.3	48.79	2.1	327	72	22.0	29
23	Malawi I	6.3	5.2	—	—	4.25	0.6	150	48	32.0	13
24	Malawi II	6.4	5.4	—	—	17.25	2.2	163	65	39.9	34
25	Malawi III	6.6	5.6	—	—	13.75	1.8	348	70	20.1	26
26	Kongo	5.7	4.5	—	—	10.00	1.0	153	40	26.1	25
27	Tansania	6.1	5.2	0.6	8.4	11.75	1.6	210	83	39.5	19

Tabelle 2. „Pflanzenverfügbare“ Bodenphosphorsäure, bestimmt nach verschiedenen Methoden

69 Probe Nr.	Herkunft	Salat- Methode Ehrendorfer		mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden					D-Laktat mg K <sub>2</sub> O/ 100 g B
				H <sub>2</sub> O löslich		D. Laktat	NH <sub>4</sub> F-HCl	NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	
				1 : 50	1 : 20	Egner-Riehm	Bray 1	Olsen	
1	Nigeria	1.54	0.06	0.9	0.68	1.0	4.0	2.7	1.6
2	Nigeria	—	—	1.0	0.70	1.1	4.0	3.2	1.2
3	Nigeria	—	—	1.0	0.62	0.9	4.5	2.2	1.6
4	Nigeria	—	—	0.9	0.46	0.8	4.5	3.0	1.2
5	Nigeria	1.65	0.17	1.0	0.57	1.2	5.6	3.0	4.6
6	Nigeria	1.43	-0.05	1.2	0.24	0.7	1.9	8.4	3.6
7	BRD	1.33	-0.15	1.1	0.27	1.4	5.5	10.3	2.2
8	BRD	1.59	0.11	1.5	0.68	3.8	6.1	9.8	1.8
9	Nigeria	1.46	-0.02	1.1	0.71	2.2	6.4	10.0	1.5
10	Nigeria	2.50	1.02	3.0	1.59	2.6	6.9	8.2	2.2
11	Nigeria	1.63	0.15	1.1	0.75	1.7	6.1	8.1	3.2
12	Nigeria	1.53	0.05	1.0	0.73	1.4	5.5	8.1	2.0
13	Chana I	1.43	-0.05	1.0	0.58	1.7	4.0	7.7	11.0
14	Chana II	1.63	0.15	0.9	0.44	1.2	3.2	7.4	3.0
15	Chana III	2.26	0.78	1.5	0.59	6.2	6.4	8.2	20.0
16	Liberia	1.23	-0.25	0.8	0.41	1.1	3.4	7.7	6.0
17	Äthiopien I	2.89	1.41	1.7	1.33	9.7	10.4	23.9	41.0
18	Äthiopien II	1.47	-0.01	0.9	0.20	0.6	1.9	7.5	36.0
19	Äthiopien III	1.69	0.21	0.5	0.16	0.7	2.9	1.8	7.0
20	Äthiopien IV	1.60	0.12	0.8	0.41	2.0	3.9	2.0	22.0
21	Äthiopien V	1.50	0.02	0.5	0.14	0.5	1.3	1.8	17.0
22	Äthiopien VI	2.51	1.03	2.7	1.04	18.9	16.0	7.3	14.0
23	Malawi I	—	—	3.6	1.73	4.4	18.7	10.3	8.0
24	Malawi II	—	—	1.4	0.45	0.9	4.2	6.7	22.5
25	Malawi III	—	—	3.8	1.65	8.9	20.0	11.4	24.0
26	Kongo	1.57	0.09	1.2	0.42	4.1	8.9	10.8	7.5
27	Tansania	1.35	-0.13	1.2	0.20	1.7	6.1	7.5	25.0

Neben großen Vorteilen, die die Keimpflanzenmethode von *Neubauer* (1923) als physiologisches Verfahren gegenüber chemischen Verfahren auszeichnen, besitzt sie allerdings den schwerwiegenden Nachteil, daß der Blindwert des Roggensamens zu hoch ist. Um diese und andere Schwierigkeiten, wie sie bei tropischen Böden oder Waldböden auftreten, zu beseitigen, hat man schon vor vierzig Jahren versucht, den Roggen durch andere Testpflanzen zu ersetzen (*Roemer* u. *Scheffer* 1929, durch Reis; *Jacob* 1933, durch Reis; *Süchting* 1942, durch Kiefern Samen).

Speziell für die eigene Arbeit und besonders unter Berücksichtigung der vorausgegangenen chemischen Analysen, die ergeben hatten, daß fast alle diese Böden sehr schlecht mit Phosphat versorgt waren und große P-Sorption zeigten, mußte deshalb die Keimpflanzenmethode mit Roggen ausscheiden. Demgegenüber erschien die Salatmethode nach *Ehrendorfer* (1957) durchaus als geeignet, da die Salatpflanze einen sehr niedrigen Blindwert hat und aufgrund der guten Reproduzierbarkeit zuverlässiger ist.

Die methodische Durchführung der Salatmethode ähnelt im wesentlichen der der Neubauer-Methode; die Abänderung des Verfahrens wurde von *Ehrendorfer* (1957, 1958) ausführlich beschrieben und in der eigenen Arbeit (*Obigbesan*, 1970) erörtert.

Die Problemstellung bei der eigenen Untersuchung lautet: welche chemische Methode zur Bestimmung des Vorrates an pflanzenverfügbarem Phosphat bei ungedüngten und bei mit Rhenania-, Super- und Thomasphosphat gedüngten Böden ergibt die beste Übereinstimmung mit der Salatmethode, da die pflanzenphysiologische Methode als Standardmethode angesehen werden soll, von der die zutreffendste Auskunft über die Menge des pflanzenverfügbaren Phosphates im Boden erwartet wird.

Um diese Fragen zu beantworten, wurden auf 24 Böden, außer Umsetzungsversuchen ohne Pflanzen, Salatversuche angelegt, und zwar sowohl auf den ungedüngten als auch auf den in gestaffelten Düngergaben (0—13,3—26,7 mg  $P_2O_5$ /100 g Boden) mit verschiedenen Phosphatdüngemitteln gedüngten Böden. Die erhaltenen Ergebnisse wurden mittels der Korrelations- und Regressionsrechnung miteinander verglichen. Die Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) sind ein Ausdruck für die Übereinstimmung der jeweiligen Bodenuntersuchungsmethode mit der Salatmethode. Der Regressionskoeffizient ( $b$ ) gibt die lineare Abhängigkeit für die Werte der Untersuchungsergebnisse der beiden jeweils zu vergleichenden Methoden an.

Durch eine Zusammenfassung aller Böden ohne Gruppeneinteilung wird die Korrelation erheblich geschwächt. Diese Zusammenstellung aller Böden ohne Rücksicht auf ihre Eigenschaften ist somit ein harter Test für die jeweilige Extraktionsmethode.

Die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen (Tabelle 3) lassen erkennen, daß unter den geprüften chemischen Extraktionsmethoden, sowohl bei den gedüngten als auch bei den ungedüngten Böden, die höchste Korrelation

( $r = 0,8614$ ) bei der Wasser-Extraktion zu verzeichnen war. Auch die niedrigsten Regression (1,06—0,61) wurde bei der H<sub>2</sub>O-Extraktion angezeigt.

*Tabelle 3:* Regression, Korrelation und Bestimmtheitsmaß sowie A-Werte (aus Mittelwerten)

I	n	A-Werte	Regression	Korrelation	Bestimmtheit
DL-Thomas	18	3,668	2,022	0,5044	25,4 %
DL-Rhenania	18	3,132	1,652	0,5347	28,6 %
DL-Super	21	3,524	1,503	0,5270	27,8 %
DL-Ungedüngt	21	1,419	7,013	0,7249	52,5 %
DL-Gedüngt	57	3,555	1,641	0,5088	25,9 %
DL-alle Varianten	78	2,984	1,859	0,5722	32,7 %
Bray-Thomas	18	7,839	1,353	0,3776	14,3 %
Bray-Rhenania	18	7,761	1,588	0,4723	22,3 %
Bray-Superphos	21	8,106	1,804	0,4854	23,6 %
Bray-Ungedüngt	21	4,382	4,090	0,6611	43,7 %
Bray-Gedüngt	57	7,835	1,647	0,4610	21,3 %
Bray-alle Varianten	78	6,394	2,080	0,5828	34,0 %
H <sub>2</sub> O-Thomas	18	0,633	0,466	0,8249	68,0 %
H <sub>2</sub> O-Rhenania	18	0,625	0,614	0,8813	77,7 %
H <sub>2</sub> O-Superphos	21	0,496	0,637	0,7952	63,2 %
H <sub>2</sub> O-Ungedüngt 1/20	21	0,420	0,673	0,7796	60,8 %
H <sub>2</sub> O-Gedüngt 1/20	57	0,554	0,595	0,8242	67,9 %
H <sub>2</sub> O-alle Varianten 1/20	78	0,497	0,612	0,8614	74,2 %
H <sub>2</sub> O-ungedüngt 1/50	21	0,971	1,056	0,7482	56,0 %
Olsen-ungedüngt	21	6,474	5,319	0,4965	24,7 %

n = Anzahl der Mittelwerte

Die P-Wirkung der verschiedenen Phosphatdüngemittel kam auf den einzelnen Böden sehr unterschiedlich zur Geltung, jedoch weist das Rhenaniaphosphat auf diesen tropischen Böden verschiedenster Herkunft eine zum Teil deutliche Überlegenheit auf.

#### 4. Diskussion

Die Regressionskoeffizienten (Tabelle 3) zwischen den Salatwerten und den Doppel-Laktatwerten,  $b = 1,641$  für die gedüngten Böden und  $b = 1,859$  für alle Varianten (gedüngte u. ungedüngte Böden), geben an, daß bei einer Erhöhung der P-Aufnahme durch den Salat um  $1 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  die mit DL-Lösung extrahierte P-Menge im Mittel um  $1,6\text{—}1,8 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  zunimmt.

Ein Vergleich der Salat- und  $\text{NH}_4\text{F}$ -Werte (nach *Bray*) ergibt eine Übereinstimmung von  $21,3\%$ — $43,7\%$  ( $r = 0,461\text{—}0,661$ ). Die Übereinstimmung der Salatmethode mit der Wasserextraktionsmethode ist für alle Behandlungen sehr gut mit  $r = 0,8614$ . Diese hohe Korrelation zwischen den Salat- und Wasserextraktwerten für 25 extreme Böden, pH  $3,8\text{—}7,0$ , ist ein Zeichen dafür, daß die beiden Methoden eine recht ähnliche Aussage über die Phosphatversorgung der untersuchten Böden liefern.

Die Regressionskoeffizienten  $0,595$  für gedüngte und  $0,612$  für alle Behandlungen besagen, daß das Wasser im Durchschnitt  $0,595$  mg bzw.  $0,612 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  mehr extrahiert, wenn die P-Aufnahme durch die Salatpflanze um  $1 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  zunimmt. Die Tabelle 3 ist weiterhin zu entnehmen, daß im Mittel aller Varianten die Wasserextraktion  $0,497 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  angezeigt, wenn der Salat keinen Phosphor aus dem Boden zu entnehmen vermag.

Es ist überraschend, daß die Wasserextraktionsmethode zur Ermittlung des pflanzenverfügbaren Bodenphosphates weniger beachtet wird als die anderen chemischen Extraktionsmittel wie z. B. DL,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{NaHCO}_3$  etc. Das eingehende Studium der Literatur zeigt jedoch, daß die Wasserextraktionsmethode zu den ältesten gehört (*Müller u. Hoffmann*, 1863; *Schultze*, 1864); und schon 1926 veröffentlichte *Nemec* einen Bericht über die sehr gute Übereinstimmung der Wasser-Methode mit den Ergebnissen von Feldversuchen. *Burd* (1948) erhielt in Gefäßversuchen mit Hafer die höchste Korrelation zwischen P-Aufnahme durch den Hafer und den mit Wasser (1 : 50) ermittelten P-Werten.

In den Niederlanden ergaben die mit dem Wasserextraktionsverfahren ermittelten Phosphatgehalte des Bodens auffallend hohe Korrelationen mit der P-Aufnahme der Pflanzen. Durch Verbesserung der Methode konnten bei ihrer Prüfung durch Gefäß- und Feldversuche diese guten Korrelationen auf allen untersuchten niederländischen Böden erhalten werden. Die  $\text{H}_2\text{O}$ -Extraktionsmethode ist somit weitgehend unabhängig von der Herkunft der Böden, dem Gehalt an Humus, Ton,  $\text{CaCO}_3$  und

dem phosphatfixierenden Vermögen des Bodens. Zu diesem Ergebnis haben auch die eigenen Untersuchungen bei afrikanischen Böden geführt, und es kann daraus die Schlußfolgerung gezogen werden, daß die Wasserextraktion eine universell anwendbare Methode ist, die auch unter extremen Bodenverhältnissen und bei starker Phosphatarmut befriedigende Auskunft über den Vorrat eines Bodens an pflanzenverfügbarem Phosphat gibt.

## 5. Zusammenfassung

Zweck der Untersuchungen war, aus verschiedenen Extraktionsmethoden diejenige herauszufinden, die bei der Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in tropischen Böden die zuverlässigsten Werte liefert. In die Untersuchungen wurden 25 west- und zentralafrikanische Böden einbezogen. Gleichzeitig wurde die P-Wirkung der Phosphatdüngemittel Rhenania-, Thomas- und Superphosphat auf diesen Böden geprüft.

Ein Vergleich chemischer Extraktionsmethoden mit der pflanzenphysiologischen Salatmethode nach *Ehrendorfer* ergab, daß die Wasser-Extraktionsmethode stets die beste Übereinstimmung mit der Salatmethode erbrachte. Diese gute Übereinstimmung der H<sub>2</sub>O-Extraktionsmethode mit der Salatmethode läßt die Schlußfolgerung zu, daß der P-Versorgungsgrad tropischer Böden zutreffend mit der wässrigen Extraktion charakterisiert werden kann. Allerdings bedarf es noch eingehender Untersuchungen zur Ermittlung von Grenzwerten.

## Summary

This paper describes the investigations carried out by the author to determine which of the various chemical extracting solutions used to estimate the plant-accessible soil-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> would give the best indication of the real plant-accessible phosphate in tropical soils. These investigations were conducted on 25 different soil samples from West- and Central Africa. Simultaneously the suitability of three important phosphate fertilizers ((Rhenania-, Thomas- and Superphosphate) on these soils was tested.

The lettuce seedling method of *Ehrendorfer* could be used successfully as a physiological extraction method for these African soils. The very good correlation of the H<sub>2</sub>O-Extraction Method with the values of the lettuce seedling method on both unfertilized and fertilized soils, leads to the conclusion that the phosphate requirements of tropical soils can be most appropriately measured with the Water-Extraction-Method. Further research is necessary in order to establish limiting values for each soil type and for the different regions.

## Literaturverzeichnis

1. BURD, J. S., 1948: Chemistry of the phosphate ion in soil systems. — *Soil Sci.* 65, 227—248.
2. CHANG, S. C. and JACKSON, M. L., 1957: Fractionation of soil phosphorus. — *Soil Sci.* 84, 133—144.
3. EHRENDORFER, K., 1957: Die Salatmethode. — *Die Bodenkultur* 9, 275—297.
4. EHRENDORFER, K., 1958: Untersuchungen über Angebot und Aufnahme der Hauptnährstoffe, II. Teil. — *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 106, 58—74.
5. FINCK, A., 1963: *Tropische Böden.* — P. Parey Verlag, Hamburg.
6. GOUROU, P., 1961: *The Tropical World.* — Longmans, London.
7. GREENWOOD, M., 1951: Fertilizer trials with Groundnuts in N.-Nigeria. — *Emp. J. Expt. Agric.* 19, 225 ff.
8. JACOB, A., 1933: Die Anwendung der Neubauer-Methode zur Untersuchung tropischer Böden. — *Die Ernährung der Pflanze*, H. 15, 290—295.
9. MÜLLER, und HOFFMANN, R., 1863: Über Qualität und Quantität der aus der Ackererde durch reines Wasser aufnehmbaren Bodenbestandteile. — *Landw. Versuchsstation* 5, 193—197.
10. NEMEC, A., 1926: Ein Neues Verfahren zur raschen Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden. — *Dtsch. Landw. Presse* 53, 463.
11. NEUBAUER, H., 1923: *Die landw. Versuchsstationen*, 100, S. 119.
12. NYE, P. H., 1951: Studies on the fertility of Gold Coast Soils. Part II. — *Emp. J. Expt. Agric.* 19, 275—282.
13. OBIGBESAN, G. O., 1970: Untersuchungen zur Frage der P-Versorgung mittelafrikanischer Böden und der P-Wirkung verschiedener Phosphatdüngemittel. — *Landw. Dissert. Gießen.*
14. ROEMER, T. und SCHEFFER, F., 1929: Untersuchungen nach der Keimpflanzenmethode Neubauer unter Anwendung von Reis als Versuchsfrucht. — *Die Ernährung der Pflanze*, 25, 523—535.
15. SCHULTZE, F., 1864: Über den Phosphorsäuregehalt des Wasserauszuges der Ackererde. — *Landw. Versuchsstation* 6, 409—412.
16. SOMMER, G., 1966: Untersuchungen zur Fraktionierung des anorg. Phosphors im Boden. — *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkd.* 113, 215—225.
17. SÜCHTING, H., 1942: Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes VIII. — *Bodenkunde u. Pflanzenern.* 28, 340 ff.