

Zur Problematik der Phosphatversorgung

Pflanzenzüchtung auf tropischen und subtropischen Böden / Von Alfred Westphal

Die Arbeitsgruppe Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung des Wissenschaftlichen Zentrums Tropeninstitut der Universität Gießen hat sich in einer Reihe von Forschungsarbeiten mit der Phosphatdüngung und der P-Dynamik in tropischen und subtropischen Böden beschäftigt. Grundlegende Untersuchungen über die Wirkung von Phosphaten unterschiedlicher Löslichkeit wurden unter Einbeziehung von Böden aus vielen Ländern der Tropen und Subtropen (Malaysia, Thailand, Indien, Äthiopien, Türkei) in Gefäßversuchen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Forschungsinstituten wurden in Nigeria und in der Türkei Fragen der Phosphatdüngung in mehrjährigen Feldversuchen bearbeitet. Dabei wurde nicht nur die direkte Wirkung der P-Düngung auf den Ertrag, sondern auch die Nachwirkung auf die Folgekulturen und den Phosphatzustand des Bodens untersucht. Darüber hinaus spielte der Aspekt der P-Versorgung auch in einer Reihe von Arbeiten mit anderer Fragestellung eine wichtige Rolle, so z. B. bei einer Untersuchung über die Düngung von Buschbohnen in Kolumbien, bei einer Arbeit zur Entwicklung eines Anbausystems im Sudan und bei der Untersuchung des traditionellen Bodenbrennens im äthiopischen Hochland. Außerdem wurden in einer umfangreichen Analyse mehr als 100 Veröffentlichungen aus Indien zur Frage der Wirkung von Phosphaten unterschiedlicher Löslichkeit einer kritischen Auswertung unterzogen.

Phosphatstatus und -dynamik

Böden der Tropen und Subtropen enthalten mit 2000–5000 kg/ha P im Oberboden (0–20 cm) ähnlich hohe Phosphatmengen wie die Böden der gemäßigten Breiten. Die Pflanzenverfügbarkeit der im Boden enthaltenen Phosphate hängt aber nicht von der absoluten P-Menge, sondern vielmehr von der P-Nachlieferung aus dem P-Vorrat des Bodens in die Bodenlösung ab. Die P-Nachlieferung bzw. die Löslichkeit der Bodenphosphate ist wiederum vom pH-Wert des Bodens abhängig. Während in neutralen bis schwach sauren Böden die Bindung der Phosphate verhältnismäßig locker ist, liegen die Bodenphosphate in den stark sauren Böden der humiden Tropen vorwiegend in Form von schwer löslichen Al- und Fe-Phosphaten vor und in den alkalischen Böden der semiariden und ariden Gebiete der Tropen und Subtropen in Form von Ca-Phosphaten, die ebenfalls schwer löslich sind (Bild 1).

Wegen ihrer extremen pH-Werte sind die Böden der Tropen und Subtropen in der Regel arm an pflanzenverfügbarem Phosphat. Die ausreichende P-Ernährung der Kulturpflanzen zur Produktion von hohen Erträgen erfordert aber eine Mindestkonzentration an pflanzenverfügbarem Phosphat in der Bodenlösung während der ganzen Vegetationszeit. Die Sicherstellung der erforderlichen Mindestkonzentration an pflanzenverfügbarem Phosphat durch P-Düngung gestaltet sich bei Böden mit extremen pH-Werten weitaus schwieriger als bei Böden mit neutraler Reaktion, da stets die Gefahr besteht, daß das durch Düngung zugeführte Phosphat im Boden fixiert und damit der Aufnahme durch die Pflanze entzogen wird. Die Stärke und Geschwindigkeit der P-Fixierung kann bei den verschiedenen Böden sehr unterschiedlich sein, auch wenn sie etwa gleiche pH-Werte besitzen. Dies zeigt Bild 2 am Beispiel von 5 Böden aus Malaysia.

Verbesserung der Phosphatversorgung

Radikale Maßnahmen zur Änderung des pH-Wertes von stark sauren Böden durch Aufkalkung oder alkalischen Böden durch Säurebehandlung sowie die Absättigung des Phosphat-Fixierungsvermögens durch sehr hohe Phosphatdüngergaben sind aus Kostengründen nicht vertretbar. Dagegen ist die gezielte P-Düngung durch plazierte Ausbringung in der Nähe der Wurzeln und die Teilung der P-Gabe eine bewährte Methode zur Erhöhung der Wirksamkeit der P-Düngung. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, durch die Wahl des Phosphatdüngemittels den Effekt der P-Düngung zu beeinflussen; denn die handelsüblichen Düngemittel enthalten Phosphate in unterschiedlichen chemischen Verbindungen, von deren Löslichkeitseigenschaften abhängt, welchen Umsetzungen sie im Boden unterworfen sind und wie schnell sie pflanzenverfügbar oder fixiert werden können.

Phosphat-Düngerwirkung

Die P-Versorgung der Böden in den Tropen und Subtropen ist in der Regel so gering (Minimumfaktor), daß die Wirksamkeit von anderen Maßnahmen zur Ertragssteigerung, z. B. der N-Düngung, limitiert wird (Bild 3). Die P-Düngung bewirkt deshalb meist hohe Ertragssteigerungen, wie sie in den gemäßigten Breiten wegen des guten P-Versorgungsgrades der Böden nicht möglich sind. Zur Erreichung des Höchstertes sind aber auf den P-armen Böden der Tropen und Subtropen meist sehr hohe P-Gaben erforderlich, weil die Ausnutzungsraten durch die Pflanze wegen der P-Fixierung im Boden gering ist. Wie Bild 4 zeigt, wurden bei Mais in Nigeria mit 90 bzw. 135 kg/ha P_2O_5 keineswegs die höchstmöglichen Erträge erreicht.

Eine generelle Aussage zugunsten einer bestimmten P-Düngerform kann nicht gemacht werden. Wasserlösliche P-Dünger-

- (a) = Hydroxylapatit
- (b) = Hydroxylfluorapatit
- (c) = Aluminiumhydroxydphosphat
- (d) = Eisenhydroxydphosphat

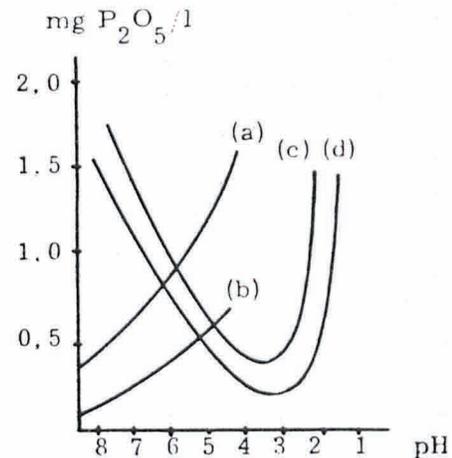


Bild 1: Löslichkeit von Phosphaten in Abhängigkeit vom pH-Wert.

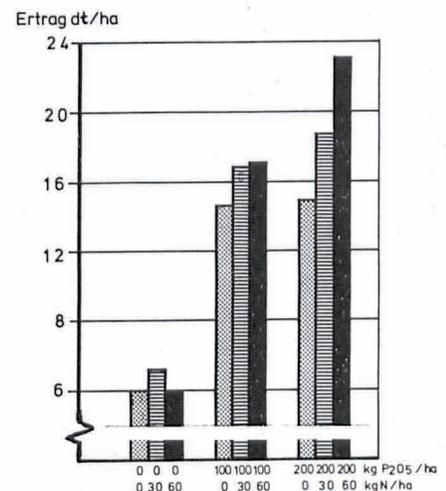


Bild 2: N-Steigerung auf 3 P-Stufen zu Buschbohnen in Kolumbien.

formen sind durchaus nicht in jedem Fall schwerer löslichen P-Düngerformen überlegen. Dies zeigt auch das Beispiel aus Nigeria.

Die Wirkung der P-Düngerformen ist von verschiedenen Bodeneigenschaften außer dem pH-Wert und von den klimatischen Bedingungen sowie der angebauten Kulturpflanzenart abhängig. Die umfangreichen Untersuchungen haben ergeben, daß bei sehr schlecht mit P versorgten Böden zwar zu Beginn der Vegetationszeit wasserlösliche P-Formen am besten wirken, weil der Kulturpflanze sofort aufnehmbares Phosphat zur Verfügung gestellt wird. Aber für den weiteren Verlauf der Vegetation eignen sich schwerer lösliche (citratlösliche) Phosphate, die nach und nach pflanzenaufnehmbares P liefern und für eine gewisse Zeit vor Fixierung geschützt sind. Bei besserem P-Versorgungsgrad können citratlösliche P-Formen angewendet werden, da der Anfangsbedarf durch den Boden gedeckt wird.

Niedrige P-Gabe ohne Wirkung

Bei Böden mit hohem P-Fixierungsvermögen ist zu beachten, daß die P-Düngermenge so bemessen wird, daß trotz Fixierung für die Pflanze genügend übrig bleibt. Niedrige P-Gaben haben in diesem Fall keine Wirkung. Je höher die P-Düngergabe ist, desto geringer kann der Anteil an wasserlöslichen Phosphaten sein. Dies haben Untersuchungen unter Einbeziehung von Nitrophosphaten mit unterschiedlichen wasserlöslichen Anteilen ergeben. Auf stark sauren Böden können auch durch den Einsatz von Rohphosphaten hervorragende Ergebnisse erzielt werden. Dies ist auch aus den Ergebnissen in Nigeria (Bild 4) zu ersehen, die auf einem Boden mit pH 5,4 gewonnen wurden. Die Ausbringung von Rohphosphaten muß aber in sehr fein gemahlener Form breitwürfig und in der Regel in höheren Gaben erfolgen als bei anderen P-Formen.

Weiterhin ist festzustellen, daß die Fixierung von gedüngtem Phosphat in Böden mit extremen pH-Werten in der Regel nicht so stark ist, daß das fixierte P für alle Zeiten verloren ist. Vielmehr hat sich in den Nachwirkungsversuchen herausgestellt, daß die positive Wirkung der Phosphatdüngung noch ein bis zwei Jahre lang nachzuweisen ist.

Für die Beurteilung von Phosphatdüngemitteln kann also nicht nur die Ertragswirkung im ersten Jahr nach der Anwendung herangezogen werden, sondern auch die Anreicherung der pflanzenverfügbaren P-Fraktion im Boden in der Folgezeit muß in Betracht gezogen werden.

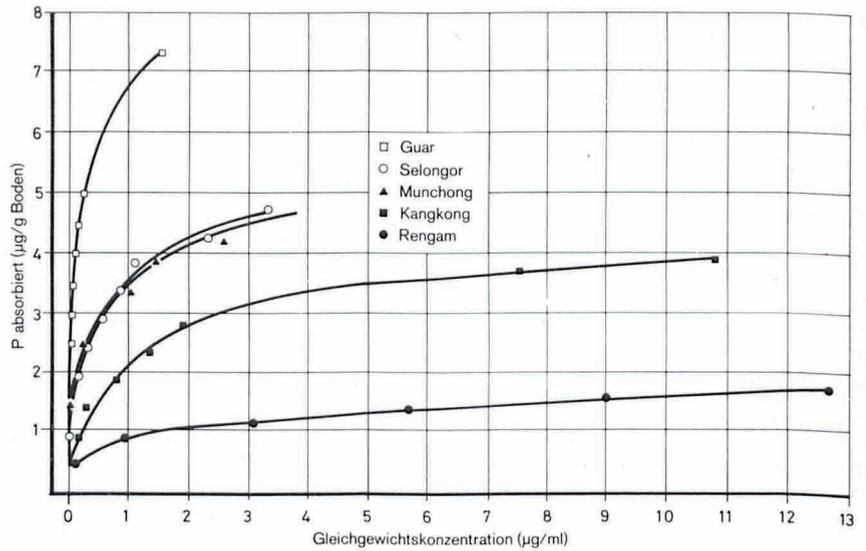


Bild 3: P-Absorption von 5 malaysischen Böden.