

50. D. Prianischnikow: Ueber die Ausnutzung der Phosphorsäure der schwerlöslichen Phosphate durch höhere Pflanzen.

Eingegangen am 1. November 1900.

Im Verlauf der letzten fünf Jahre wurden unter der Leitung des Verfassers von mehreren Personen Versuche über Ausnutzung verschiedener Phosphate durch die Pflanzen gemacht, wobei man sich hauptsächlich an die Methode der Sandculturen hielt; ohne mich an diesem Orte auf eine detaillirte Beschreibung einzulassen, möchte ich nur erwähnen, dass wir sehr reinen Quarzsand besaßen, welcher erst mit starker Salzsäure und dann mit Wasser sehr gründlich ausgewaschen worden war; es wurden Glasgefäße mit einer Vorrichtung, durch die man das Wasser in den unteren Theil des Gefäßes in bestimmter Quantität einführen, oder es in bestimmter Höhe erhalten kann, benutzt. Die Mischung der Salze wurde so gewählt, dass man die Quelle der P_2O_5 ändern konnte, ohne die anderen nothwendigen Nahrungselemente zu beeinträchtigen. Gewöhnlich wurden genommen: $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4 (oder KCl), $MgSO_4$, Fe_2Cl_6 (sehr wenig) und Phosphorsäure in solchen Verbindungen, welche untersucht werden sollten. Theils waren es chemisch reine Präparate, theils solche Materialien, welche in der Natur vorkommen, oder die als Dungstoffe in der landwirthschaftlichen Praxis dienen (natürliche Rohphosphate, Knochenmehl, Thomasschlacke).

Die Hauptresultate dieser Versuche sind folgende:

I. In Abhängigkeit von der Natur der Pflanze lassen sich merkliche Verschiedenheiten, sowohl in der Quantität der Phosphorsäure, welche aus schwerlöslicher Quelle assimiliert wurde, wie auch in der Quantität der entstandenen organischen Masse beobachten.

So ergibt sich, dass, wenn man den Pflanzen die Phosphorsäure nur in Form von Phosphoriten (Rohphosphaten) giebt, die Gramineen (wenigstens diejenigen, mit denen wir es zu thun hatten) diese wenig zugängliche Quelle entweder gar nicht, oder nur in ganz geringem Masse ausnutzen und die Pflanzen schwächlich bleiben und sich oft kaum von denjenigen Pflanzen, die gar keine Phosphorsäure bekommen haben, unterscheiden. Dagegen zeigen andere Pflanzen unter ganz denselben Bedingungen eine energische Entwicklung und nehmen bedeutende Mengen Phosphorsäure auf. In

unseren Versuchen haben Lupine, Buchweizen und weisser Senf diese Fähigkeit am stärksten bekundet.

Im Jahre 1896 stellte sich eine äusserst geringe Fähigkeit der Gerste, P_2O_5 aus den Phosphoriten zu entnehmen, in den Culturen des Herrn NEDOKUTSCHAEW heraus, welche im Mittel folgende Resultate ergaben:

| P_2O_5 in Form von: | Ernte |
|---|---------|
| KH_2PO_4 | 38,12 g |
| Rohphosphat aus Podolien (Phosphorit) | 4,475 „ |
| „ „ Rjäsan | 4,475 „ |
| „ „ Kostroma | 5,030 „ |
| „ „ Smolensk | 5,525 „ |

Aus anderen Versuchen wissen wir, dass Gerste, der Phosphorsäure vorenthalten war, gewöhnlich unter diesen Bedingungen ca. 3 g organische Masse giebt (bei fünf Pflanzen auf ein Gefäss), folglich standen die Pflanzen, welche keine andere Quelle der Phosphorsäure als Phosphorite hatten, viel näher den hungernden Pflanzen (ohne P_2O_5 „plantés limites“), als den normalen Pflanzen.

Im Jahre 1897 erhielten wir ähnliche Resultate mit anderen Pflanzen aus der Familie der Gramineen¹⁾.

| | Phosphorit | lösliche P_2O_5 |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Die Ernte von Hirse | 0,57 g | 29,07 g |
| „ „ „ Weizen | 1,15 „ | 12,20 „ |
| „ „ „ Hafer | 1,75—3,35 g ²⁾ | 15,60 „ |

Im Jahre 1898 wurden mit Hafer in Wassercultur ähnliche Resultate erhalten. Die Culturen aus den Jahren 1899 und 1900 bestätigen die angeführten Beobachtungen für die Gramineen.

Jetzt gehen wir zu Pflanzen anderer Art, die sich durch eine energischere Assimilationsfähigkeit der Wurzeln auszeichnen, über.

Im Jahre 1897 bemerkten wir, dass der Unterschied zwischen den Ernten von Senf, Lupine und Erbsen, cultivirt auf Phosphoriten einerseits und löslicher P_2O_5 andererseits, weniger gross war.

| | Phosphorit | lösliche P_2O_5 |
|------------------|-------------|-------------------|
| Senf | 4, 6— 7,8 g | 5,8— 7, 5 g |
| Lupine | 6, 6— 9,3 „ | 10,5—11,35 „ |
| Erbsen | 6,25—12,5 „ | 6,0— 8, 6 „ |

Freilich sind in diesen Versuchen die Ernten der „Normalculturen“ nicht hoch, aber jedenfalls sieht man, dass diese Pflanzen auf Phosphoriten mehr organische Masse gaben als Hirse, Weizen oder Gerste.

Im Jahre 1898 und 99 beobachteten wir eine energische Entwicklung des Buchweizens auf dem Phosphorit, wobei im Jahre 1899 nicht

1) In Abhängigkeit von der Art der Phosphoriten.

2) Versuchsansteller: Herren GRATSCHEW, MARKOWITSCH u. a.

nur die Ernte, sondern auch der Gehalt an Phosphorsäure in derselben bestimmt worden ist; hier folgen die Resultate eines Versuches:

| | ohne P_2O_5 | Phosphorit | lösliche P_2O_5 |
|---|---------------|------------|-------------------|
| Ernte des Buchweizens ¹⁾ . . . = | 3,62 g | 31,02 g | 47,97 g |

Ein anderer Versuch mit Buchweizen, zu welchem podolischer Phosphorit genommen wurde, dessen Eigenschaften sich denen des Apatit nähern und welcher daher am schwersten assimilierbar ist, zeigen trotzdem folgende Resultate:

| | podol. Phosph. | lösliche P_2O_5 |
|---|----------------|----------------------|
| Ernte der rohen Masse . . . | 28,0—30,0 g | 35,4—38,1 g |
| Ernte in lufttrockenem Zustande (Mittel). | 12,61 „ | 15,83 „ |
| Quantität der P_2O_5 in der Ernte (auf 1 Gefäss). | 58 mg | 140 mg ²⁾ |

Zum Vergleich führen wir an, dass aus Analysen der Getreidearten, welche auf Phosphoriten gewachsen waren, sich herausstellte, dass sie nur 2—3 mg P_2O_5 (nur in einem Falle bis zu 11 mg) in der Ernte von einem Gefäss enthielten. Diese Zahlen zeigen den Contrast zwischen Buchweizen und Cerealien.

Im Jahre 1900 beobachteten wir wieder eine sehr gute Entwicklung der Lupine und des Buchweizens auf Phosphorit, z. B. bis 16 g von Trockensubstanz auf dem Rohphosphat gegen 3 g (ohne Phosphorsäure).

Ohne einstweilen auf einen Vergleich der erhaltenen Resultate mit den bestehenden Anschauungen über den Charakter der Wurzelabscheidungen einzugehen, was ich in einer ausführlicheren Mittheilung in den „Landw. Versuchsstationen“ zu thun gedenke, beschränke ich mich auf das Constatiren der Thatsache, dass die Fähigkeit Quellen schwer löslicher P_2O_5 auszunutzen bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden ist.

II. Wenn man ein und dieselbe Pflanze nimmt (z. B. von den Gramineen) und verschiedene Phosphate als Quellen der P_2O_5 mit einander vergleicht, so ist von den Calciumverbindungen das Tricalciumphosphat in derjenigen Modification, in welcher es sich in Apatiten und Phosphoriten findet, die am wenigsten assimilirbare. Das Tricalciumphosphat der Knochen jedoch zeichnet sich schon durch eine bedeutend grössere Zugänglichkeit der P_2O_5 für die Pflanzen aus; aber noch zugänglicher ist den Pflanzen die Phosphorsäure von

1) Diese Zahlen bedeuten das Gewicht der frischen Pflanzen, während alle früher ausgeführten Zahlen das Gewicht der lufttrockenen Masse angeben. Für uns aber ist die relative Bedeutung der Zahlen am wichtigsten.

2) Versuchsansteller: Herr JAKOWLEW.

frisch präcipitirtem Tricalciumphosphat, welches Krystallisationswasser enthält.

Was Dicalcium- und Monocalciumphosphate anbelangt, so wird ihre gleich gute Assimilirbarkeit schon lange anerkannt; in unseren Sandculturen giebt das Dicalciumphosphat häufig sogar bessere Resultate als das Monocalciumphosphat, wahrscheinlich in Folge einer übergrossen Säurereaction des letzteren, welche den Pflanzen in dem ersten Stadium ihrer Entwicklung schaden kann.

In einem der gebräuchlichsten Düngemittel, der Thomasschlacke, setzt man das Vorhandensein von Tetracalciumphosphat voraus. Wie bekannt, hat die Praxis festgestellt, dass dieser Düngestoff im Boden gewöhnlich gute Resultate giebt; eben solche Resultate erhielten wir auch bei Anwendung von Thomasschlacke in Sandculturen, bei denen die Einwirkung des Bodens auf das Düngemittel ausgeschlossen ist.

Hier folgen die Resultate einiger vergleichenden Versuche¹⁾ mit verschiedenen Phosphorsäurequellen (0,27 g P_2O_5 pro Gefäss):

Ernte:

| Ursprung der P_2O_5 | Phosphorit | Knochenmehl | Thomas-schlacke | Tricalcium-phosphat | Dicalcium-phosphat | Mono-calcium-phosphat | NaH_2PO_4 |
|-----------------------|------------|-------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-------------|
| Weizen | 3,90 | 15,05 | 23,95 | 25,05 | 25,95 | 21,10 | 19,00 |
| Roggen | 1,85 | 12,55 | 28,65 | 23,10 | 24,55 | 22,45 | 21,70 |
| Hirse | 0,95 | 13,30 | — | — | 19,55 | — | — |
| Gerste | 9,38 | 22,72 | 30,83 | 25,98 | 28,52 | 30,30 | — |

Versuche mit Verbindungen von Phosphorsäure mit Eisen oder Thonerde sind bis jetzt bei uns noch nicht zahlreich; es sei nur erwähnt, dass ein starkes Fallen der Assimilirbarkeit der P_2O_5 aus phosphorsaurem Eisen (frisch präcipitirtem) unter dem Einflusse des Durchglühens beobachtet wurde.

III. Alle angeführten Resultate bleiben unverändert, wenn wir es mit der benannten Salzmischung zu thun haben; wenn man aber den Bestand der Mischung ändert, indem man z. B. „physiologisch-sauere“ Salze einführt, so kann die Assimilation der Phosphorsäure eine ganz andere sein, als im Beisein „physiologisch-alkalischer“ Salze.

Es ist bekannt, dass ADOLF MAYER diejenigen Salze „physiologisch-alkalische“ genannt hat, deren Säure wie z. B. $NaNO_3$, energisch von den Pflanzen assimilirt wird und deren Ueberfluss der

1) Die Versuchsansteller: Herren SCHULOW, TULAIKOW und LUSCHNIKOW.

unbenutzen Basis eine alkalische Reaction hervorrufen kann; andererseits werden z. B. NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in diesem Sinne physiologisch-sauere Salze sein, da ihnen die Basen in grösseren Mengen entnommen werden, als die Säuren, das Medium hat das Bestreben sauer zu werden.

Bei derjenigen Mischung, die wir gewöhnlich zu unseren Culturen benutzten unter Mitwirkung von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, zeigte sich häufig die Neigung zu einer alkalischen Reaction; ganz natürlich musste vorausgesetzt werden, dass die Bedingungen zur Ausnutzung der Phosphorsäure günstigere sein werden, wenn man statt $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ein physiologisch-saueres Salz, z. B. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nimmt; aber da bekannt ist, dass die Wasser- und Sandculturen bei ausschliesslichem Einführen von Stickstoff in Form von Ammoniaksalzen gewöhnlich nicht gelingen, so beschlossen wir beide Formen von Stickstoff (N_2O_5 und NH_3) in verschiedenen Verhältnissen zu erproben. Die Culturen vom Jahre 1900 bestätigten unsere Voraussetzungen, indem sie zeigten, dass im Beisein einer gewissen Menge von Ammoniaksalzen die wenig löslichen Phosphate besser von den Gramineen ausgenutzt werden, als im Fall der Einführung des Stickstoffes nur in Form von Salpeter.

Dies sind die Resultate eines Versuchs¹⁾ mit Hafer, dessen Plan aus den Daten der Tabelle zu ersehen ist:

Serie A. Quelle der P_2O_5 — Phosphorit. Stickstoffquelle — NaNO_3 oder $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ oder eine Mischung beider oder endlich — $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$; aber überall blieb die Menge Stickstoff dieselbe.

Ernte der über der Erde befindlichen Organe (das Mittel aus zwei Versuchen):

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|--|--|--|------------------------------|----------------------------|
| NaNO_3 | $\frac{3}{4}\text{N}$ als NaNO_3 | $\frac{1}{2}\text{N}$ als NaNO_3 | $\frac{1}{4}\text{N}$ als NaNO_3 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ |
| — | $\frac{1}{4}$ als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | $\frac{1}{2}$ als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | $\frac{3}{4}$ als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | | |
| 6,95 g | 22,00 g | 20,50 g | 19,20 g | 1,65 g | 19,42 g |

Serie B. Quelle der P_2O_5 — CaHPO_4 , das Uebrige wie bei der Serie A.

Ernte:

| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 24,15 | 19,00 | 16,95 | 5,30 | 1,65 | 16,22 |

Wir sehen, dass in den Fällen 2, 3, 4, 6 auf Phosphorit eine bedeutende Ernte durch Einführung von Ammoniaksalz erzielt worden

1) Die Versuchsansteller Herren TULAIKOW und LUSCHNIKOW.

ist, während in Gegenwart von Salpeter der Phosphorit fast ganz unbenutzt blieb. Eine vollständige Ersetzung des Salpeters durch Ammoniak hatte jedoch schlechte Folgen.

Im zweiten Versuch in Gegenwart von assimilirbarem Phosphat wurde die Höhe der Ernte natürlich nur durch einen Factor bestimmt, durch die Veränderung der Form des gebundenen Stickstoffes, und hier machte sich bemerkbar, dass Salpeter besser wirkt als Ammoniak. Es sei darauf hingewiesen, dass im Falle **10** die Ernte viel niedriger ist als im Falle **4**; obwohl in beiden der Stickstoff in gleicher Mischung gegeben worden ist; dieses lässt sich offenbar dadurch erklären, dass, indem wir Phosphorit einführen, wir mehr Basen (Ca) zum Neutralisiren der Säuren geben, als wenn wir CaHPO_4 einführen, da der Phosphorit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ und obendrein noch eine Beimengung von CaCO_3 enthält.

Hier folgen noch ähnliche Daten für andere Versuche¹⁾ mit Gerste:

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| N-Quelle. | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | NH_4NO_3 | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ |
| P_2O_5 | — | Phosphorit | Phosphorit | CaHPO_4 |
| Ernte | 1,20 | 5,20 | 41,55 | 52,87 g |

Auch hier hat die Einführung von Ammoniaksalz die Ausnutzung des Phosphorits befördert, der ohne denselben den Cerealien fast unzugänglich ist.

In künftigen Versuchen beabsichtigen wir diesen lösenden Einfluss der Ammoniaksalze und physiologisch-sauerer Salze überhaupt auf die Ausnutzung der Phosphorsäure der schwer zugänglichen Phosphate parallel mit der Frage über die relative Ausnutzung des Stickstoffes der Ammoniak- und der salpetersauerer Salze näher zu studiren.

Moskau, Landwirtschaftliches Institut.

1) Versuchsansteller Herr SCHULOW.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Prianischnikow D.

Artikel/Article: [Ueber die Ausnutzung der Phosphorsäure der schwerlöslichen Phosphate durch höhere Pflanzen. 411-416](#)