

## Fosfatets morfologiske Virkning paa Planterne.

*Morphological effect of phosphorus on higher plants.  
Summary in English.*

Af D. Müller

Plantefysiologisk Laboratorium  
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

*Lawes* og *Gilbert* fremsatte allerede 1847 den Hypotese, at Fosfatgødsning fremmer Rodvæksten. Denne ærværdige Paastand har efterhaanden erholdt følgende Formulering: »Kun paa eet Omraade viser Fosfor en tydelig Indvirkning paa Planternes Morfologi, nemlig paa Roddannelsen. Ved Mangel paa Fosfor hæmmes Roddannelsen, et Forhold, som *Lawes* paapegede allerede 1847. Ved Fosforsyretilførsel fremmes Roddannelsen og ikke blot hos Rodfrugter, men ogsaa hos Korn, hvis Rodnet efter Fosfortilførsel bliver større og mere forgrenet. I tørre Klimaer skal Fosforgødsning derigennem kunne modvirke Tørken, endog i den Grad, at man i Australiens tørre Egne taler om »Vanding med Superfosfat« (*K. A. Bondorff* l.c.p. 61). *Ferdinandsen & Buchwald* (l.c.p. 62) skriver: »En rigelig Tilgang af P paa et tidligt Tidspunkt af Plantens Liv stimulerer i høj Grad Røddernes Vækst, navnlig Dannelsen af Side-rødder, dette har især Betydning under tørre Forhold.« Lignende Bemærkninger findes hos *Russell* (l.c.p. 35 (5 ed) og l.c.p. 74 (6 ed)). Yderligere Bekræftelse paa dette »Faktum« findes i den store amerikanske Plantefysiologi af *E. Miller*. Sidstnævnte skriver: »Phosphorus as a rule increases the weight of the roots in a greater proportion than the tops« (l.c.p. 102) og han har Side 246 praktisk talt samme Eventyr om Fosfatets gunstige Virkning paa Tørkeresistensen som *Russell* og *Bondorff*. Men *Miller* har ganske vist den ikke uvæsentlige Tilføjelse: »although phosphorus has never given very marked returns in semiarid regions in North America« (l.c.p. 246).

*Lawes* og *Gilberts* Paastand har saaledes metastaseret til Lære- og Haandbøger i flere Lande. Deres Paastand faar nogen Støtte i Forsøg af *Noll*, hvis Afhandling ikke har været mig tilgængelig. Desuden er der en tilsyneladende Støtte i *Turners* Arbejde. Sidstnævnte dyrkede Byg, Hvede og Bomuld fra 20—48 Dage i Opløsninger med »lidt« Fosfat og meget Fosfat og fandt, at Forholdet Top/Rød var størst i Opløsninger med lidt Fosfat. *Turners* Undersøgelser er imidlertid ganske værdiløse. Hans Opløsninger med »lidt« Fosfat, indeholdt 10.1 mg P pr. Liter, Opløsningerne med meget Fosfat indeholdt 203,4 mg P pr. Liter. Det er derfor heller ikke saa sært, at Planterne har haft større Stofproduktion i Opløsningerne med »lidt« Fosfat, end i dem med meget. Det er blot forunderligt, at Planterne i 20—48 Dage overhovedet har kunnet taale den unægtelig alt for store Fosformængde. Og man forstaar ikke, at det, at Planterne voksede bedre med »lidt« Fosfor, ikke har gjort *Turner* mistænksom.

Paastanden om, at Fosfatgødskning fremmer Rodudviklingen i Forhold til de overjordiske Dele, er imidlertid ikke rigtig. Det kan man se allerede af *Brenchley & Jacksons* Forsøg. De dyrkede Hvede i Potter  $\pm$  Superfosfat og fandt, at Top/Rød var størst ved Superfosfatgødskning. Derimod fandt de ikke noget tydeligt Udslag hos Byg.

Tabel 1.

Efter A. Sommer 1936.

Forholdet Top/Rød, begge Tørstof, naar der pr. 1 L Vandkulturopløsning fandtes:

	0.065 mg P	0.26 mg P	1.05 mg P
Majs, unge Planter . . . . .	1.8	—	5.6
Tomat, unge Planter . . . . .	2	3	4.3
Ærter, modne Planter . . . . .	16	25	25
Bomuld, modne Planter . . . . .	—	8	20

Det vigtigste Bevis for den gamle Læres Uholdbarhed ligger dog i Forsøgene af *Sommer*, sammenstillede i Tabel 1. Jeg har set det samme mange Gange baade i Vandkulturforsøg og Karforsøg. Nogle af disse Forsøg er sammenstillet i Tabel 2 og 3. Lignende Tal er offentliggjort af *Müller & Nielsen* 1936.

Af Tabel 2, Vandkulturforsøgene, ses, at Forholdet Top/Rød i alle Tilfælde er størst hos de fuldgødede Planter, som fik

Tabel 2.

Virkning af Fosfat paa Forholdet Top/Rod og paa Bladarealet i Forhold til Rod og Rod + Stængel.

Vandkulturforsøg, pH 5.5—6.0. Fuldstændig Næringsopløsning 1 g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{aq}$ , 0.25 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$ , 0.25 g  $\text{KCl}$ , 0.1 g  $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ , 5 ml 0.8 pCt. Ferricitrat, 1 ml Hoaglands A-Z Opløsning og 1 Liter dest. Vand. P-fattig Næringsopløsning: I Stedet for 0.1 g  $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$  0.006 g  $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$  (1.37 mg P) og 0.1 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  eller 0.012 g  $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$  (2.7 mg P) og 0.1 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

	Næringsopløsning	g Tørstof i		Tørstof i Top Tørstof i Rod	cm <sup>2</sup> Bladareal (ensidigt)	cm <sup>2</sup> Bladareal pr. 1 g Tørstof i	
		Top	Rod			Rod	Rod + Stængel
Maja-Byg. I Vandkultur fra <sup>10</sup> / <sub>7</sub> — <sup>9</sup> / <sub>10</sub> 1942. Tallene er Middel af 6 Planter.	Fuldstændig	4.1	0.8	5.1	935	1169	357
	P-fattig (1.3 mg P)	0.01	0.05	2.0	8.2	164	93
Kenia-Byg. I Vandkultur fra <sup>26</sup> / <sub>4</sub> — <sup>15</sup> / <sub>6</sub> 1939. Tallene er Middel af 8 Planter.	Fuldstændig	2.15	0.57	3.80	433	760	278
	P-fattig (2.7)	0.13	0.07	1.85	25	357	179
Gul Næsgaard Havre. I Vandkultur fra <sup>4</sup> / <sub>4</sub> — <sup>26</sup> / <sub>6</sub> 1936. Tallene er Middel af 4 Planter.	Fuldstændig	1.60	0.20	7.8	202	1010	152
	P-fattig (2.7)	0.50	0.11	4.6	33	300	61
Tomat »Dansk Export« Prikleplanter i Vandkultur fra <sup>8</sup> / <sub>5</sub> — <sup>9</sup> / <sub>6</sub> 1937. Tallene er Middel af 6 Planter.	Fuldstændig	2.02	0.71	2.8	615	866	417
	P-fattig (2.7)	0.26	0.13	2.0	55	423	217
Gul Sennep. I Vandkultur fra <sup>9</sup> / <sub>6</sub> — <sup>10</sup> / <sub>7</sub> 1939. Tallene er Middel af 8 Planter.	Fuldstændig	1.48	0.45	3.3	167	371	143
	P-fattig (1.3)	0.11	0.07	1.6	9	129	69

22.3 mg P pr. Liter, hvilket maa regnes for en normal Fosformængde. De P-manglende Planter fik 1.37 mg P eller 2.7 mg P.

Bladarealet pr. 1 g Rod + Stængel (Tørstof) er ogsaa meget større (1.6—3.8 Gange) hos de fuldgødede end hos de P-manglende Planter. D.v.s. Roden er mindre udviklet i Forhold til det transpirerende — og kulsyreassimilerende — Bladareal hos de fuldgødede og derfor kan der selvfølgelig heller ikke være Tale om, at Fosfat forøger Tørkeresistensen.

Tabel 3.

Virksomheden af Fosfatgødsning paa Forholdet Top/Rod og paa Bladarealet i Rod og Rod + Stængel. Karforsøg.

Kenia-Byg (*Hordeum distichum nutans* var. *kenia*) dyrket i Kar i Landbohøjskolens Forsøgsmark fra  $2^{1/2}$ — $4^{1/7}$  1938. Karrene + Fosfat fik 0.35 g P pr. Kar, Karrene ÷ Fosfat fik 0.05 g P pr. Kar, foruden Grundgødning. PH 7. Til Roden er medregnet Stubbe. I Bladarealet er Bladskeder og visne Blade ikke medregnet. Alle Tal er Middel af 5 Kar med hver 25 Planter.

	Totaltørstof pr. Kar.	Emsidigt Bladareal pr. 1 g Tørstof i:	
		Tørstof i Top Tørstof i Rod	Rod + Stængel
+ Fosfat .....	157.5 g	4.8	111.7 cm <sup>2</sup> 13.7 cm <sup>2</sup>
÷ Fosfat .....	64.8 g	3.2	42.2 cm <sup>2</sup> 18.1 cm <sup>2</sup>

Tabel 3, Karforsøg med Kenia-Byg, er i fuld Overensstemmelse med Vandkulturforsøgene. Kun er Bladarealet pr. 1 g Tørstof i Rod + Stængel noget større i de fosfatfattige Kar. Men det er dog tydeligt, at det transpirerende Bladareal, som 1 g Rod skal holde forsynet med Vand, er betydelig større, ja, næsten 3 Gange saa stort i de fuldgødede Kar som i de fosfatfattige.

I denne Sammenhæng maa det være tilladt at fremhæve, at Bestemmelse af Forholdet Top/Rod ikke fysiologisk er nær saa vigtig som Bestemmelse af Bladarealet i Forhold til Rod og Rod + Stængel. Det er dog Bladene, der for det første skal forsynes med Vand fra Roden, og for det andet ved deres Assimilationsarbejde skal forsyne Rod og Stængel med organisk Stof. Det maa undre, at de amerikanske Undersøgere aldrig angiver Bladarealets Størrelse, da det netop er Bladarealets Størrelse i Forhold til Plantens øvrige Dele, der er afgørende for Stofproduktionen.

Grundene til, at Fosfatmangel nedsætter Planternes Stofproduktion, er to: For det første er Bladarealet hos de fosfatmanglende Planter mindre i Forhold til de stofforbrugende Dele, Rod og Stængel, d.v.s. en større Procentdel af Bladenes Assimilationsoverskud bruges ved Fosfatmangel til at danne Rod og Stængel. For det andet er selve den Intensitet, hvormed Kulsyreassimilationen pr. Arealenhed foregaar, mindre hos de fosfatmanglende end hos de fuldgødede Planter. Dette ses af Kurverne Fig. 1,

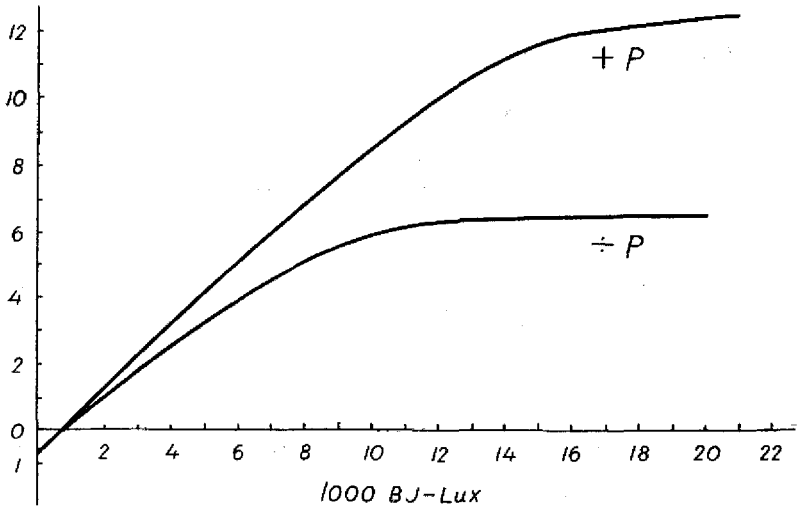


Fig. 1. Kulsyreassimilationen i Blade af P-manglende og fuldgødet Kenia-Byg. Kenia-Byg i Karforsøg. Karrene + P fik 0.35 g P, Karrene ÷ P fik 0.05 g P pr. Kar.

Kulsyreassimilationen bestemt i Juli.

Ordinat: mg CO<sub>2</sub> assimileret pr. 50 cm<sup>2</sup> Bladplade (ensidigt maalt) pr. Time ved 20° og 0.228 mm CO<sub>2</sub> - Tryk.

Abscisse: Belysning i 1000 BJ-Lux.

der viser Kulsyreassimilationen i Blade af fuldgødet og fosfatmanglende Kenia-Byg.

Undersøgelserne over Kulsyreassimilationens Intensitet i Blade af fosfatmanglende Planter er ikke afsluttede, og de nævnes ogsaa kun her for at fuldstændiggøre Billedet af Fosfatmanglens Virkninger paa Plantens Stofproduktion. Nogen direkte Sammenhæng med Fosfatmanglens morfologiske Virkning har de vel ikke.

Der skal endnu gøres opmærksom paa, at de to kemisk beslægtede Grundstoffer Kvælstof og Fosfor, som ogsaa begge indgaar i Plantens Æggehvide-stoffer, ligner hinanden væsentlig i deres Forhold til Planterne. De er saaledes begge let bevægelige i Planterne, flyttes let fra ældre Blade og Stængeldele opad til de yngre Organer, Derfor viser Kvælstof- og Fosfatmangel sig først paa de ældste Blade. Dernæst virker de begge i samme Retning paa Forholdet Top/Rod og Forholdet Bladareal pr. 1 g Rod. Mangel paa enten Kvælstof eller Fosfor

nedsætter Kulsyreassimilationen pr. Arealenhed. Og endelig iler Optagelsen af Kvælstof og Fosfor ligesom af de andre i Planten lebevægelige Grundstoffer Kalium og maaske ogsaa Magnesium forud for Stofproduktionen, medens de ubevægelige Grundstoffer Kalcium og Svovl (formodentlig ogsaa Jern, Bor, Kobber, Zink og Mangan) optages nogenlunde proportionalt med Stofproduktionen.

Til Slut skal det endnu engang fastslaaes, at den morfologiske Virkning af Fosfatgødskning især bestaar i en større Udvikling af Bladareal og Totaltop i Forhold til Roden og ikke omvendt, som paastaet af *Lawes* og *Gilbert*, en Paastand, der siden har bredt sig som Ringe i Vandet til Lærebøgerne. Der er ikke Tale om, at Fosfatgødskning forøger Rodsystemet i Forhold til Top og Bladareal, tværtimod, Fosfatgødskning gavner først og fremmest Afgrøden derved, at Bladarealet bliver stærkere udviklet, desuden bliver Kulsyreassimilationen pr. Bladarealenhed næsten dobbelt saa stor hos fuldgødede som hos Mangelplanter. Det i Forhold til Roden større Bladareal gør vel nok de fosfatgødede Planter noget mindre tørkeresistente, men i hvert Fald ikke mere tørkeresistente.

#### English Summary.

#### Morphological Effect of Phosphorus on Higher Plants.

*Lawes and Gilbert* a century ago forwarded the hypothesis, that phosphate—manuring increases the weight of roots in a greater proportion than the tops, contrary to the effect of nitrogen. This hypothesis is to be found in numerous textbooks of plantphysiology and soil-science. However, the hypothesis is wrong. The experiments of *Sommer* (1936) and the experiments, the results of which are given above, clearly show that manuring with phosphorus, the same as manuring with nitrogen, increases the relation leaf area/dry weight root and the relation dry weight top/dry weight root. Deficiency in phosphorus has just the opposite effect of that stated by *Lawes and Gilbert* and the different textbooks.

The figures for leaf area/1 g dry weight of roots and leaf area/1 g roots + stalks and for dry weight top/dry weight root is to be found in table 2 and 3. Fig. 1 shows the photosynthetic activity in leaves from full manured and phosphorus deficient plants of *hordeum distichum nutans* var. *kenia*. At higher light intensities the photosynthetic activity in phosphorus-deficient leaves is about half that in leaves from full manured plants (The light intensity is given in B J-Lux. 1 B J-Lux is the light intensity on a horisontal plane sur-

face 1 m from a Hefner-candle, the light of which is filtered through a 1 mm thick red glas OG 2 from Schott & Gen.).

Manuring with phosphate is of advantage partly because the leaf area develops more, partly because the photosynthetic activity pro unity of leaf area in full light is about twice as great in the full manured plants.

It seems of interest that the morphological effect of the two related element phosphorus and nitrogen are in many respects almost the same.

---

### Litteratur

1. *Bondorff, K. A.*: Landbrugets Jorddyrkning II. 1939.
  2. *Brenchley, W. & V. Jackson*: Root development in barley and wheat under different conditions of growth. *Ann. bot.* 35, 533—556. 1921.
  3. *Ferdinandsen, C. & N. Buchwald*: Fysiogene Plantesygdomme II, 1936.
  4. *Lawes, J. & J. Gilbert*: On agricultural chemistry. *J. Roy. Agric. Soc.* 8. 226—260. 1847.
  5. *Miller, E.*: *Plant Physiology*. 1. ed. 1931.
  6. *Müller, D. & N. Nielsen*: Samvirksomheden for—landbrugsfagligt Oplysningsarbejdes Kursus 1936 i Plantefysiologi. København 1936.
  7. *Noll, C.*: The effect of phosphate on early growth and maturity. *J. amer. soc. agrom.* 15, 87—99, 1923.
  8. *Russell, J.*: *Soil condition and plant growth*. 5 ed. 1915 og 6. ed. 1932.
  9. *Sommer, A.*: The relationship of the phosphate concentration of solution cultures to the type and size of root systems and the time of maturity of certain plants. *J. agric. res.* 52, 133—148. 1936.
  10. *Turner, T.*: Effect of mineral nutrients upon seed plants. II Phosphates. *Bot. Gaz.* 38, 85—95. 1929.
-