

## Die Wirkung der Phosphatdüngung auf Pappelpflanzungen

Von Ir. H. A. van der Meiden

Bosbouwproefstation „De Dorschkamp“, Wageningen

Seit 1945 hat das Interesse für den Pappelanbau in den Niederlanden sowohl seitens der Grundstücksbesitzer als auch seitens der Industrie stark zugenommen. Infolgedessen ist die Anzucht von Pappeln ständig im Zunehmen begriffen, und es werden Fragen aufgeworfen, die früher nicht beachtet wurden oder gar nicht bestanden haben. Aus diesem Grund werden von der forstlichen Versuchsanstalt in Wageningen alle wesentlichen Punkte der Pappelanzucht untersucht.

Es entstand die Neigung, Pappeln auch auf dafür ungeeigneten Böden anzupflanzen, was hier und da Anlaß zu Enttäuschungen gab. Die forstliche Versuchsanstalt befaßt sich nun mit der Aufgabe, zu ermitteln, welche Ansprüche die verschiedenen Pappelsorten an den Boden stellen und wie man ihnen durch die Düngung entgegenkommen kann.

An das Problem der Pappeldüngung wurde von verschiedenen Seiten herangegangen, und auf bestimmten dafür vorgesehenen Bodentypen wurden Düngungsversuche angelegt. Dabei wurde nicht außer acht gelassen, daß viele Lagen, die hinsichtlich Wasserhaushalt und Profilaufbau zwar für den Pappelanbau geeignet erschienen, für ein leidliches Wachstum dieser Baumart einer derart kräftigen Düngung bedürfen, daß, ökonomisch gesehen, das Anpflanzen anderer Bäume zu bevorzugen ist. Dies gilt vor allem für Böden mit einem pH(KCl)-Wert kleiner als 3,7. Das schließt aber wiederum nicht aus, daß solche Böden in die Untersuchungen mit einbezogen werden, weil gerade hier ein Urteil über die Minimumansprüche der Pappel an den chemischen Bodenzustand gefällt werden kann. Auf diesen an Pflanzennährstoffen armen Böden ist eine Düngung für das Wachstum von Pappeln Bedingung, auf vielen reicheren Böden kann sie fördernd wirken. Auch dieser Frage wurde nachgegangen. Die Feldversuche wurden mit Kasten- oder Topfversuchen kombiniert, was sowohl als Grundlage für den Feldversuch nötig ist als auch um hierbei auftretende Probleme näher analysieren zu können.

### Phosphorsäure und Jugendwachstum der Pappel

#### 1. Kastenversuch

Im Schrifttum über Pflanzenbau wird seit einiger Zeit wiederholt von dem günstigen Einfluß der P-Dünger auf die Wurzelentwicklung gesprochen; in unserem Land sind darüber interessante Untersuchungen von Goede-waagen (1) angestellt worden. Da die Förderung der Wurzelentwicklung

für die Entwicklung von Pappelanpflanzungen eine wesentliche Rolle spielt, wurde 1956 seitens der forstlichen Versuchsanstalt ein Pappelstecklingsversuch in Holzkästen von  $20 \times 20 \times 10$  cm („Imitations-Pflanzlöcher“) begonnen, der auf verschiedene Weise mit Thomasphosphat gedüngt wurde. Methode und Ergebnisse sind bereits früher beschrieben worden (2). Die Düngung erfolgte auf folgende Weise:

I. Vermengung verschiedener Mengen Thomasphosphat mit dem Boden des ganzen Kastens.

II. Düngung des Bodens in einer Kastenhälfte, so daß ungedüngter neben gedüngtem Boden liegt.

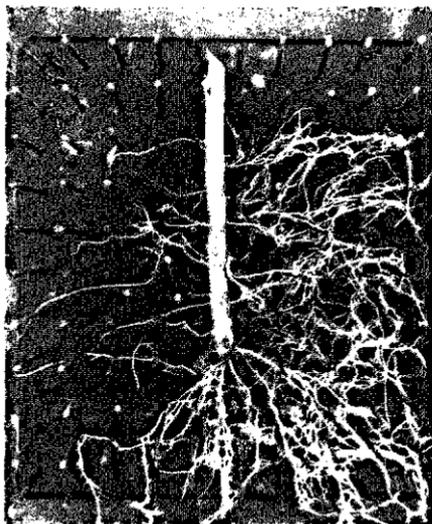
III. Vermengung des P-Düngers mit der oberen oder mit der unteren Bodenhälfte des Kastens.

IV. Ausbringung von Thomasphosphat und Superphosphat als Banddüngung.

V. Ausbringung von Thomasphosphat und Superphosphat als Nestdüngung.

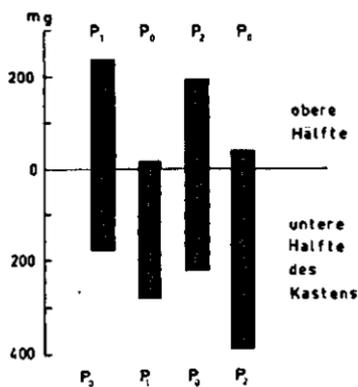
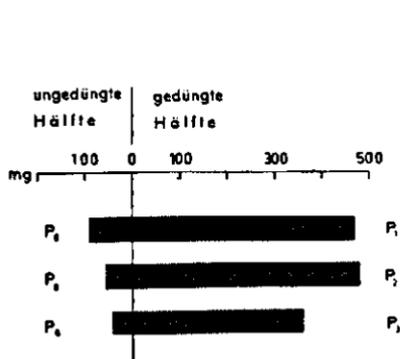
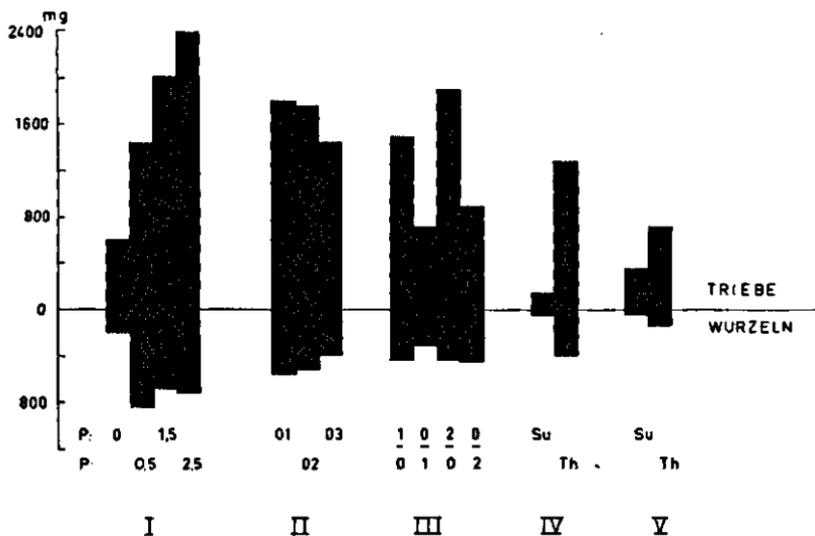
Der Versuchsboden war ein lehmiger Sand mit einem pH-Wert (KCl) von 3,9 und 23 mg Ges.- $P_2O_5$  je 100 g Boden. Die verwendeten Stecklinge entstammten der Sorte *Populus canadensis* ‚Robusta‘. Dabei wurden verschiedene P-Gaben ausgebracht:

$P_{0.5}$	= 5 g Thomasphosphat	} je Kasten
$P_{1.5}$	= 15 g „	
$P_{2.5}$	= 25 g „	
$P_1$	= 10 g „	} je gedüngte Hälfte
$P_2$	= 20 g „	
$P_3$	= 30 g „	



Es genügt, die wesentlichen Ergebnisse herauszustellen. Der Einfluß des Thomasphosphates auf die Wurzelentwicklung war sehr stark ausgeprägt, am auffälligsten in dem Düngeversuch II (Abb. 1). Auch in der Düngereihe I sind die Ergebnisse deutlich. Aus Abb. 2 und 3 ergibt sich, daß eine kleine Gabe Thomasphosphat, vermischt mit dem Boden, das Wurzelwachstum stark anregt und daß größere Mengen eine weitere

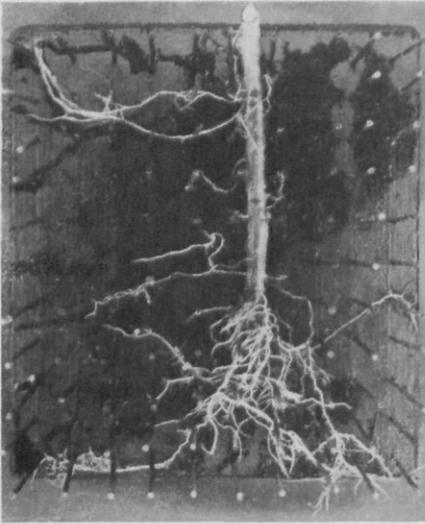
Abb. 1. Einfluß von Thomasphosphat auf die Wurzelentwicklung von Pappelstecklingen. Links ungedüngt, rechts 20 g Thomasphosphat auf 2 dm<sup>3</sup> Boden



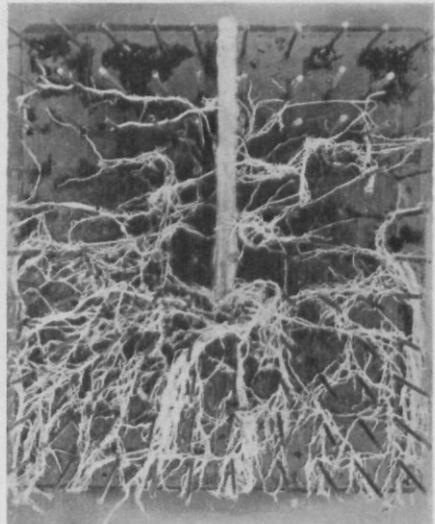
II (Wurzeln)

III (Wurzeln)

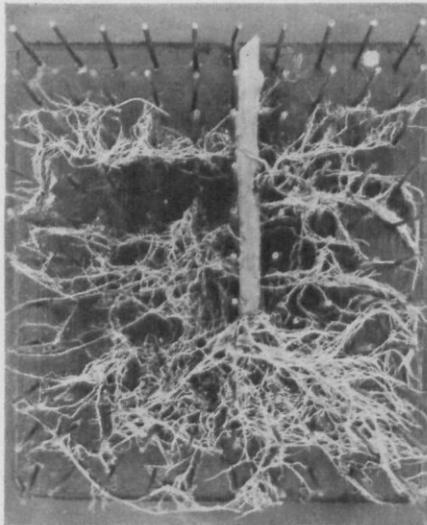
Abb. 2. Trockengewicht von Trieben und Wurzeln in einem Kastenversuch mit unterschiedlicher Phosphatdüngung von Pappelstecklingen



Ungedüngt



Boden gemischt mit 5 g Thomasphosphat



Boden gemischt mit 25 g Thomasphosphat

Abb. 3. Die Wurzelentwicklung von Pappelstecklingen in Kästen von 4 dm<sup>3</sup> Inhalt

Zunahme des Triebwachstums bewirken, ohne daß jedoch dann von einer größeren Wurzelentwicklung gesprochen werden kann. Mit fortschreitender Versuchsdauer traten die Unterschiede noch stärker hervor.

Daß in Versuch III eine Mischung des Phosphates mit der oberen Bodenhälfte des Kastens bessere Ergebnisse gibt als jene mit der unteren Hälfte, kann dadurch erklärt werden, daß auch ohne Düngung der unteren Hälfte dort eine ziemlich gute (traumatische) Wurzelentwicklung an der unteren Schnittwunde des Stecklings stattfindet. Band- bzw. Nestdüngung (Versuch IV und V) gab keine Wachstumsverbesserung.

## 2. Feldversuche

Von Bedeutung ist nun, ob sich die im Kasten erhaltenen Ergebnisse unter den Bedingungen der Praxis bestätigen lassen. Aus diesem Grunde wurden an einzelnen im Vorjahr (1957 und 1958) auf dem Gelände der Staatlichen Forstverwaltung angelegten Feldversuchen Wachstumsmessungen und Blattanalysen ausgeführt, ferner wurde eine Anzahl Pappelpflanzen ausgegraben und ihr Wurzelwerk untersucht.

### a) Versuch Duurswoude

Die Pflanzung wurde mit einjährigen 'Robusta'-Pappeln durchgeführt. Vor dem Anpflanzen befand sich auf dem Versuchsgelände Schlagholz von Espe, Birke und Eiche, das vor Graben der Pflanzlöcher zurückgehauen wurde. Die Parzellen liegen auf durch Gräben getrennten Ackerflächen von etwa 7 m Breite. Das Bodenprofil besteht aus mäßig humosem, sehr wenig Lehm enthaltendem Sand auf feinem Sand. In 70—100 cm Tiefe kommt Geschiebelehm vor. Der Grundwasserspiegel wechselt, steht meistens auf ungefähr 1,5 m Tiefe. Die Krume (0—25 cm) weist einen pH(KCl)-Wert von 3,7 (gewünschter Minimumwert = 4,2) sowie einen Gesamt-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt von 22 mg in 100 g Boden auf. Es handelt sich um ein für den Pappelanbau chemisch ungeeignetes Gelände, das außerdem eine nicht ausreichende Wasserversorgung der oberen Bodenschichten aufweist.

Das Versuchsfeld wurde u. a. mit Dolomitmalk, Thomasphosphat und Kalkammonsalpeter gedüngt, wobei jede Düngemaßnahme auf einer Parzelle mit 20 Pappeln in drei Wiederholungen ausgeführt wurde. Die Düngernährstoffe wurden wie folgt ausgebracht: Kalk breitwürfig, Kalkammonsalpeter auf Baumscheiben (etwa 1 m<sup>2</sup> um die Pflanze herum) und Thomasphosphat breitwürfig und/oder in das Pflanzloch vermischt. Die Pflanzlochdüngung wurde Anfang April während des Pflanzens durchgeführt, die Breitwurfdüngung und die Stickstoffdüngung Anfang Mai. Die Düngungsarten waren folgende:

O = Ungedüngt;

Ca = 50 dz/ha Dolomitmalk breitwürfig, nicht in den Boden eingearbeitet;

N = 100 g Kalkammonsalpeter je Pflanze;  
 $P_1$  = 10 dz/ha Thomasphosphat breitwürfig, nicht eingearbeitet;  
 $P_2$  = 500 g Thomasphosphat je Pflanzloch mit Boden vermischt;  
 $P_3$  =  $P_1 + P_2$ .

Im Verlauf der ersten Vegetationsperiode war deutlich zu erkennen, daß das Wachstum, wahrscheinlich auch infolge der außergewöhnlichen Trockenheit des Vorsommers, sehr schlecht war mit Ausnahme all derjenigen Pflanzen, die in irgendeiner Zusammenstellung eine Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat erhalten hatten. Außerdem zeigten diese Pappeln einen viel dichteren Laubbesatz, weil das einzelne Blatt gegenüber den anormal kleinen Blättern der übrigen Pflanzen von normaler Größe war. Das Höhenwachstum der Pappelpflanzen wurde durch die P-Düngung ebenfalls sichtbar gefördert, wie Übersicht 1 zu entnehmen ist. Speziell bei  $NP_3$ ,  $CaNP_2$  und  $CaNP_3$  wurden Pflanzen mit Cu-Mangelercheinungen gefunden (vgl. Versuch Schoonlo).

Übersicht 1  
 Höhenwachstum von Pappeln bei unterschiedlicher Düngung  
 Versuchsfläche Duurswoude

Düngung	Höhenwachstum in cm			Ende 1959 abgestorben %
	1957	1958	1959	
0	11	10	—	100
Ca	16	14	15	63
N	17	11	—	92
$P_3$	27	21	25	32
CaN	16	17	17	67
$CaP_1$	13	14	21	52
$CaP_3$	27	26	32	22
$NP_3$	28	23	22	70
$CaNP_1$	15	22	25	62
$CaNP_2$	33	33	29	23
$CaNP_3$	28	25	28	53

Obwohl der Standort nicht für Pappel geeignet ist und Cu- und K-Mangel auftrat, wodurch das Wachstum sehr schlecht wurde, spricht aus diesen Zahlen doch die Bedeutung der Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat. Daß die P-Düngung sich gleichermaßen auf die Wurzelentwicklung auswirkt, zeigt Abb. 4. Wo kein Thomasphosphat in das Pflanzloch gegeben worden war, ist von einer Bewurzelung der Pappelpflanzen am Ende der ersten Vegetationsperiode überhaupt nicht zu sprechen.

Im August 1957 und 1958 wurden Blattproben gesammelt; die Ergebnisse der Analysen sind in Übersicht 2 mitgeteilt.

Bemerkenswert ist, daß unter den folgenden Minimum-Gehalten der Trs. Mangelerscheinungen auftreten: N 2,2 %, K 1,3 %, Mg 0,2 % und Cu 3 mg/kg. (Von P und Ca ist diesbezüglich noch nichts bekannt.) Aber auch bei höheren

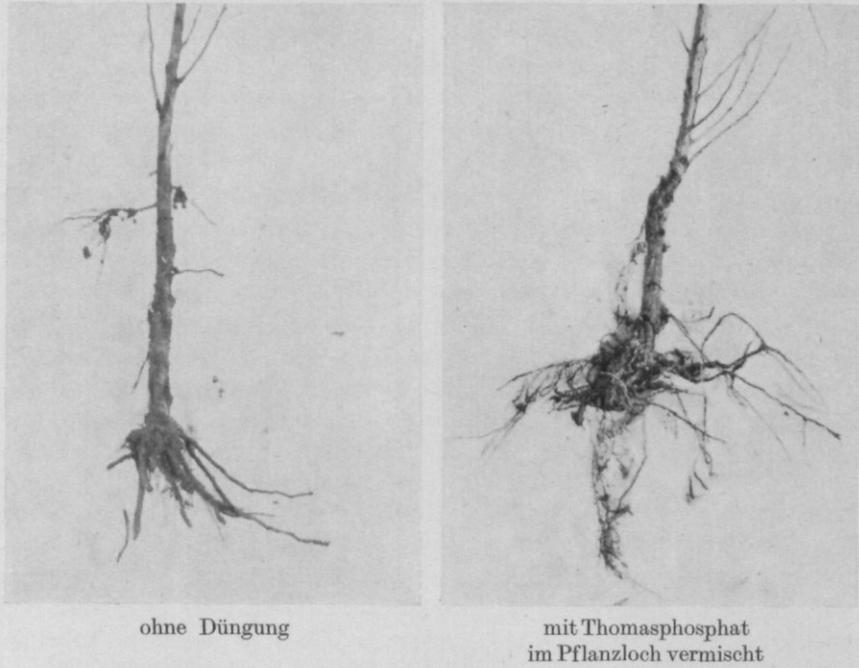


Abb. 4. Düngungsversuch Duurswoude: Wurzelentwicklung junger Pappeln im ersten Jahre nach der Pflanzung

### Übersicht 2

Nährstoffgehalt der Blätter von Pappeln des Versuches Duurswoude

Düngung	In der Trockensubstanz										
	N %		P %		K %		Ca %		Mg %		Cu mg/kg
	1957	1958	1957	1958	1957	1958	1957	1958	1957	1958	
0	2,67	—	0,22	—	0,83	—	0,75	—	0,23	—	—
Ca	2,32	1,79	0,18	0,09	0,97	0,74	0,97	0,74	0,28	0,26	3,9
N	2,88	2,18	0,21	0,22	0,80	0,94	0,80	0,94	0,25	0,32	2,1
CaN	2,82	2,54	0,18	0,11	1,15	0,79	0,96	0,91	0,28	0,28	4,0
P <sub>3</sub>	2,65	1,79	0,47	0,66	0,69	0,50	1,75	1,54	0,50	0,43	3,9
CaP <sub>3</sub>	2,67	1,78	0,40	0,54	0,70	0,52	1,66	1,43	0,56	0,44	4,1
NP <sub>3</sub>	3,49	3,24	0,38	0,39	0,99	0,50	1,69	1,20	0,47	0,33	2,8
CaNP <sub>1</sub>	2,71	—	0,20	—	0,76	—	0,97	—	0,25	—	—
CaNP <sub>2</sub>	3,54	2,99	0,45	0,33	0,95	0,51	1,74	1,51	0,48	0,39	2,5
CaNP <sub>3</sub>	3,26	2,71	0,34	0,25	0,87	0,42	1,61	1,13	0,48	0,35	2,3

Gehalten kann eine Düngung wirksam sein. Besonders bei Kupfer liegt wahrscheinlich das Optimum bedeutend über dem genannten Grenzwert.

Übersicht 2 zeigt jedenfalls folgendes:

1. Durch eine Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat wurden der P- und der Ca-Gehalt der Blätter gesteigert.

2. Auf diesem Boden hatte eine Stickstoffdüngung eine bedeutend größere Wirkung, wenn sie zusammen mit einer P-Pflanzlochdüngung durchgeführt wurde, weil die Wurzelentwicklung durch das Phosphat gefördert worden war.

3. Durch eine N-Düngung gemeinsam mit P-Pflanzlochdüngung wurde der Cu-Gehalt gesenkt. Dies war nicht der Fall bei P-Düngung ohne Stickstoff ( $P_3$ ) und auch nicht bei CaN. Warum bei nur N-Düngung der Cu-Gehalt niedrig blieb und bei CaN nicht, ist nicht klar.

4. Der K-Gehalt war extrem niedrig und 1958 durch P-Düngung vielleicht negativ beeinflußt worden. In einem benachbarten Versuchsfeld wurde festgestellt, daß durch eine Gabe von 100 g 40 % Kalisalz je Pflanze der K-Gehalt der Blätter innerhalb einiger Monate bis auf 2,6 % der Trs. anstieg.

#### b) Versuch Schoonlo

Versuch Schoonlo betrifft eine im Frühjahr 1958 mit einjährigen 'Gelrica'-Pappeln durchgeführte Pflanzung auf Heideboden, wo vorher ein junger, schlecht wachsender Eichen-Bestand gehauen worden war. Es handelt sich um einen Sandboden mit Geschiebelehm auf 80—100 cm und mit Grundwasser auf 1—1,5 m; die oberen Bodenschichten sind oft trocken. Es ist fraglich, ob dieser Standort für Pappeln geeignet ist, er ist jedoch interessant, um den Nährstoffbedarf der Pappel besser kennenzulernen. Der Boden hat einen Gesamt- $P_2O_5$ -Gehalt von 30 mg in 100 g Boden, einen pH(KCl)-Wert von 3,6, einen Humusgehalt von etwa 7 % und einen Ges.-N-Gehalt von 0,14 %.

In diesem Zusammenhang sind folgende Düngungsstufen interessant, nämlich Ca, CaN,  $CaP_1$ ,  $CaP_3$  und  $CaNP_3$ .

Ca = 30 dz/ha Dolomitkalk;

$P_1$  = 10 dz/ha Thomasphosphat;

$P_3$  =  $P_1$  + 500 g je Pflanze in das Pflanzloch;

N = 100 g Kalkammonsalpeter je Pflanze, jährlich auf die Baumscheibe.

Ca und P wurden im Frühjahr 1958 gegeben, im April 1959 wurden auf der ganzen Fläche außerdem noch 5 dz/ha Kupferschlackenmehl gegeben. Jede Behandlung kam in dreimaliger Wiederholung vor. Wichtig für das Wachstum in den ersten Jahren ist die Tatsache, daß der Kalk und das breitwürfig gegebene Phosphat nicht in den Boden eingearbeitet werden konnten.

Bezüglich der Wachstumsergebnisse (Übersicht 3) muß berücksichtigt werden, daß der Sommer 1959 extrem trocken war; dies hat das Wachstum

1959 zweifellos stark gehemmt und Unterschiede ausgeglichen. Deutlich spürbar ist der Einfluß der Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat, wenigstens wenn kein Stickstoff dazu gegeben wurde.

### Übersicht 3

#### Höhenwachstum von Pappeln bei unterschiedlicher Düngung Versuchsfläche Schoonlo

Düngung	Höhenwachstum cm		
	1958	1959	1960
Ca	26	26	19
CaN	32	21	22
CaP <sub>1</sub>	25	21	32
CaP <sub>3</sub>	35	20	36
CaP <sub>3</sub> N	30	19	27

Die Wachstumsunterschiede würden unbedingt größer gewesen sein, wenn nicht schon im ersten Jahre in den Parzellen mit P<sub>3</sub> und besonders in jenen mit NP<sub>3</sub> starker Kupfermangel aufgetreten wäre. Diese Mangelkrankheit äußert sich ab Juli in Chlorose und Nekrose der Blätter, welche löffelförmig werden; weitere Erscheinungen sind das Absterben des Triebspitzenmeristems, wodurch das Höhenwachstum aufhört, und eine anormale Entwicklung von Seitentrieben aus Achselknospen. Die Triebe reifen nicht gut aus und sterben zum Teil im Herbst und Winter ab. Diese Krankheit kann eine Pappelanpflanzung völlig wertlos machen. Sie tritt besonders hervor auf phosphatarmen Sandböden nach einer Pflanzlochdüngung mit Phosphat und sehr stark, wenn dazu Stickstoff gegeben wird. Deshalb ist die Versuchsfläche im Frühjahr 1959 ganz mit Kupfer gedüngt worden, denn andernfalls hätte die Wirkung der N- und P-Düngung nicht beurteilt werden können. Die Untersuchung der Blätter auf ihren Gehalt an N, Mineralstoffen und Cu erbrachte die in Übersicht 4 zusammengestellten Werte.

### Übersicht 4

#### Nährstoffgehalt der Blätter von Pappeln in der Versuchsfläche Schoonlo

Düngung	In der Trockensubstanz											
	N %		P %		K %		Ca %		Mg %		Cu mg/kg	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959
Ca	2,96	2,49	0,19	0,17	1,31	0,80	1,48	0,94	0,41	0,34	—	3,3
CaN <sup>1)</sup>	3,92	2,76	0,15	0,13	1,12	1,74	1,22	1,02	0,35	0,33	3,4	3,2
CaP <sub>1</sub>	2,55	2,10	0,21	0,20	1,24	0,64	1,44	1,13	0,35	0,44	—	3,3
CaP <sub>3</sub>	3,11	2,00	0,41	0,28	1,17	0,61	1,79	1,26	0,47	0,39	—	2,0
CaNP <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	3,92	2,83	0,34	0,32	1,15	1,60	1,52	1,49	0,36	0,31	2,3	0,9

<sup>1)</sup> Die Versuchsfläche ist 1959 stark ausgedehnt worden, wobei die Pflanzen in den Behandlungen CaN und CaNP<sub>3</sub> eine Kalidüngung von 50 g 40% Kalisalz je Pflanze bekamen

Aus Übersicht 4 ergibt sich folgendes:

1. Durch Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat und besonders mit zusätzlichem Stickstoff wird auf diesem Boden die Cu-Aufnahme der Pappel stark herabgesetzt.
2. Durch Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat werden der P- und der Ca-Gehalt der Blätter gesteigert.
3. Der N-Gehalt der Blätter wird, im Gegenteil zu Duurswoude, durch P-Düngung nicht erhöht, nimmt jedoch auch bei alleiniger N-Düngung schon stark zu. Wahrscheinlich ist, weil der Boden mehr Phosphat enthält, die Wurzelentwicklung ohne P-Düngung besser als in Duurswoude.
4. Der K-Gehalt der Blätter wird nach einer K-Düngung in demselben Jahr stark gesteigert (vgl. CaN und CaNP<sub>3</sub> 1959).

### c) Versuch Hooghalen

Für den Düngungsversuch Hooghalen wurden einjährige Pappeln der Sorte 'Gelrica' verwendet. Vor der Bepflanzung war der Boden als Ackerland genutzt worden, und außer der Aushebung der Pflanzlöcher 40 × 40 × 40 cm wurde keine weitere Bearbeitung vorgenommen. Das Bodenprofil besteht aus einem feuchten, stark humosen Heidesandboden auf 90—120 cm Geschiebelehm mit einem Grundwasserstand bei 1,0 m, also ein physikalisch guter Pappelstandort. Der pH(KCl)-Wert betrug 4,6, die Menge an Gesamt-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 mg je 100 g Boden. Es wurde ein Feldversuch angelegt mit 30 Pflanzen je Parzelle und mit nachfolgender Düngung (dreifach wiederholt):

- O = Ungedüngt;  
P<sub>1</sub> = 6 dz/ha Thomasphosphat 1957;  
P<sub>2</sub> = P<sub>1</sub> + 500 g Thomasphosphat je Pflanze in das Pflanzloch;  
P<sub>3</sub> = P<sub>1</sub> + 500 g Superphosphat, wie vor;  
P<sub>1</sub>N<sub>1</sub> = P<sub>1</sub> + 100 g Phosphatammonsalpeter je Pflanze, 1957 und 1958 auf die Baumscheibe gestreut;  
P<sub>1</sub>N<sub>2</sub> = P<sub>1</sub> + 100 g Kalkammonsalpeter, wie vor;  
P<sub>1</sub>Hoechst = P<sub>1</sub> + 100 g Blaukorn Hoechst (12% N, 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% K<sub>2</sub>O) je Pflanze, 1957 auf die Baumscheibe gestreut.

Im Juni wurde bereits der Einfluß der Stickstoffdüngung in Form von Phosphatammonsalpeter, Kalkammonsalpeter und Blaukorn spürbar in einer dunkleren Färbung der Blätter, die außerdem größer waren als bei nicht mit N gedüngten Pappeln. Im Juli konnte festgestellt werden, daß das Längenwachstum der Gipfel- und Seitentriebe bei den mit Stickstoff versorgten Pflanzen erheblich besser war, wogegen ein Einfluß der P-Düngung nicht sichtbar wurde. Übersicht 5 bringt eine Zusammenstellung der Wachstumsdaten von 1957 und 1958. 1959 wurde der Versuch abgeändert, wodurch die Wachstumsergebnisse 1959 und 1960 nicht mehr vergleichbar sind mit jenen von 1957 und 1958. In Übersicht 6 sind die Analyseergebnisse der Blattproben mitgeteilt.

**Übersicht 5**  
**Höhenwachstum von Pappeln bei unterschiedlicher Düngung**  
**Versuchsfläche Hooghalen**

Düngung	Höhenwachstum cm	
	1957	1958
0	10	32
P <sub>1</sub>	10	33
P <sub>2</sub>	12	39
P <sub>3</sub>	9	31
P <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	27	110
P <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	24	116
P <sub>1</sub> Hoechst	31	53

**Übersicht 6**  
**Nährstoffgehalt der Blätter von Pappeln der Versuchsfläche Hooghalen**

Düngung	% in der Trockensubstanz									
	N		P		K		Ca		Mg	
	1957	1958	1957	1958	1957	1958	1957	1958	1957	1958
0	1,69	2,17	0,20	0,29	2,21	2,52	1,13	1,30	0,17	0,18
P <sub>1</sub>	1,93	2,27	0,23	0,38	2,05	2,64	1,14	1,38	0,19	0,18
P <sub>2</sub>	1,86	2,07	0,44	0,67	1,98	2,59	1,51	1,74	0,23	0,17
P <sub>3</sub>	1,93	2,34	0,90	0,83	2,17	2,66	1,68	1,58	0,23	0,16
P <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	2,97	3,44	0,26	0,28	2,16	2,12	1,25	1,06	0,23	0,19
P <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	3,09	3,27	0,28	0,29	2,12	1,89	1,31	1,22	0,23	0,21
P <sub>1</sub> Hoechst	3,50	2,16	0,31	0,38	2,75	2,53	1,12	1,20	0,19	0,16

In den Übersichten 5 und 6 fällt insgesamt folgendes auf:

1. Die N-Düngung, die in der Blattzusammensetzung deutlich hervortritt, übte einen großen Einfluß auf das Wachstum aus. In diesem Alter der Pflanzung ist eine jährliche N-Düngung notwendig.
2. Die P-Düngung im Pflanzloch hatte einen erheblichen Einfluß auf den P- und Ca-Gehalt der Blätter, hatte jedoch in diesem Falle keinen Einfluß auf das Wachstum. Aus Wurzeluntersuchungen am Ende der ersten Vegetationsperiode ging hervor, daß schon die nicht gedüngten Pflanzen eine gute Wurzelentwicklung zeigten.
3. Der K-Gehalt der Blätter von zweimal mit N gedüngten Pappeln (P<sub>1</sub>N<sub>1</sub> und P<sub>1</sub>N<sub>2</sub>) war im zweiten Jahre bedeutend niedriger, jedoch noch immer weit über dem Minimum (1,3% in der Trs).
4. Leider ist in diese Versuchsreihe keine Zusammenstellung einer P-Pflanzlochdüngung und N-Düngung aufgenommen worden, obwohl wegen der guten Wurzelentwicklung bei ungedüngten Pflanzen ein positiver Einfluß dieser Düngungsart fraglich ist.

## Schlußfolgerungen für die Praxis

Ein ausreichender Phosphatgehalt des Bodens ist für ein gutes Wachstum der Pappel notwendig. Wenn in einem sonst geeigneten Boden nicht ausreichend Phosphat vorhanden ist, sieht der Baum zwar ziemlich gesund aus (im Gegensatz zu dem Habitus bei einem zu niedrigen pH), aber er wächst sehr langsam.

Abgesehen von der Frage, welche Ursache dem zu Grunde liegt, wird deutlich, daß die Phosphorsäure eine große Rolle spielt bei dem Wachstum und der Verzweigung der Wurzeln. Auf Boden mit einem zu niedrigen Phosphatgehalt hat Thomasphosphat einen ausgesprochen günstigen Einfluß auf die Wurzelentwicklung. Vorläufig müssen wir diese Erkenntnis auf saure und schwach saure Böden beschränken. Vielleicht werden mit Superphosphat auf alkalischen Böden ebenfalls gute Ergebnisse erzielt.

Man kann annehmen, daß auf Standorten mit einem Gesamt-P-Gehalt von < 30 mg in 100 g Boden eine Pflanzlochdüngung entscheidend sein kann für das gute Gelingen einer Pappelanpflanzung. Mit einem Gesamt-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt von 30—40 mg je 100 g Boden ist eine breitwürfige Phosphatdüngung notwendig (5—10 dz Thomasphosphat je Hektar) und eine Pflanzlochdüngung erforderlich. Für die Pflanzlochdüngung sollte man für sandige Böden jedoch nicht mehr als 250 g Thomasphosphat je Pflanze gebrauchen, um die Gefahr von Kupfermangel zu beschränken. Zusammen mit Stickstoff gibt diese Düngung nämlich auf bestimmten Standorten Kupfermangelercheinungen. Da man jedoch in jungen Kulturen jährlich Stickstoff geben muß, ist in diesen Fällen eine Kupferdüngung (5 dz Kupferschlackmehl je ha) zu empfehlen.

Die Aufnahme der Pappel an Calcium und Phosphor wird durch eine Pflanzlochdüngung mit Thomasphosphat gefördert. Inwiefern dies für das Wachstum der Pappelpflanzen von Bedeutung ist, bleibt noch abzuwarten. Weiter ist von großer Bedeutung, daß die für das Wachstum der Pappeln wichtige Düngung mit Stickstoff nur dann hilft, wenn eine kräftige Wurzelentwicklung der Pflanzen von Natur aus oder als Folge einer Thomasphosphatdüngung vorhanden ist.

### Schrifttum

1. Goedewaagen, M. A.: Het wortelstelsel der landbouwgewassen. — 's-Gravenhage 1942.
2. Van der Meiden, H.A.: Reactie van populierenstek op fosfaat (Een oriënterende proef). — Ned. Bosb. Tijdschr. 29, 229, 1957.