

'N EVALUASIE VAN SUURMENGSELS AS FOSFAATKUNSMIS VIR SPROEIBEMESTING

Jan Hendrik du Toit
B.Sc(Bodemkunde).

Verhandeling voorgelê as gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad Magister Scientiae in Bodemkunde in die Departement Plant en Bodemwetenskappe in die Fakulteit Natuurwetenskappe van die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.

Leier: Mnr. J.P. Coetzee

Hulpleier: Mnr. J.M. Hattingh

Potchefstroom

1992

INHOUDSOPGAWE

BEDANKINGS	iv
SAMEVATTING	v
ABSTRACT	vii
1. INLEIDING	1
1.1 Hoekom suurmengsels?	1
1.2 Die begrip "suurmengsel"	1
1.3 Vervaardiging van suurmengsels	2
1.4 Huidige gebruik van suurmengsels	3
1.5 Probleemstelling	4
2. DIE GEBRUIK VAN RADIO-AKTIEWE FOSFOR	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Bepaling van L-waarde	6
2.3 Radio-metriese eenhede	8
2.4 Radio-aktiewe fosfor	8
2.5 Sintillator	8
2.6 Die tempo van radio-aktiewe verval	9
2.7 Vervalkurwe van ^{32}P	10
2.8 Bepaling van ^{32}P met behulp van die vloeistofsintillasieteller	12
2.8.1 Apparatuur	12
2.8.2 Tydtabel	13
2.8.3 Ewewigspuntinstelling	13
2.8.4 Telopbrengs	13
2.8.5 Blussing	15
2.8.6 Agtergrond	17
2.8.7 Berekening van aantal disintegrasies	19
2.9 Veiligheidsmaatreëls	19
2.10 Loodseksperiment	19
3. ALGEMENE PROEFTEGNIEKE	21
3.1 Reaksies van suurmengsels in besproeiingswater	21
3.1.1 Neutralisasie van suurmengsels in water	21
3.1.2 Korrosie	21
3.2 Potproef	23
3.2.1 Proefuitleg	23
3.2.2 Behandelings	23
3.2.3 Bemesting	24

3.2.4	Grond	26
3.2.5	Proefuitvoering	27
3.3	Ontledingsmetodes	29
3.3.1	Blaarmonsters	29
3.3.2	Grondmonsters	30
3.4	Statistiese verwerking	31
3.5	Beweging van fosfor	31
3.6	Blaaropname tydens sproeibemesting	31
4.	REAKSIE VAN SUURMENGSELS IN WATER	33
4.1	Inleiding	33
4.1.1	Korrosie	33
4.1.2	Reaksies van suurmengsels in water	35
4.1.3	Suurbehandeling	36
4.2	Prosedure	37
4.3	Resultate en bespreking	37
4.3.1	Neutralisasie van suurmengsels in water	37
4.3.2	Korrosie	43
4.3.3	Presipitaat	45
5.	OPNAME VAN FOSFOR	46
5.1	Inleiding	46
5.1.1	Plasing van fosfor	46
5.1.2	Faktore wat die opname van fosfor bepaal	47
5.1.3	Fosforbron	48
5.2	Prosedure	50
5.3	Resultate	50
5.3.1	Opbrengs	50
5.3.2	Die fosforstatus van die blare	53
5.3.3	Totale fosfor opgeneem	57
5.3.4	Grondfosfor opgeneem	59
5.3.5	Kunsmisfosfor opgeneem	63
5.3.6	L-waarde	67
5.3.7	Stikstof en kalsiuminhoud van die blare	68
5.4	Bespreking	69
5.4.1	Evaluering van suurmengsels as fosforbron	69
5.4.1.1	Verskille ten opsigte van gronde	69
5.4.1.2	Korrelasie met fosforstatus	70
5.4.1.3	Reaksie op hoë fosforpeil	71
5.4.1.4	Vergelyking tussen die twee kunsmisbronne	71

5.4.2 Vergelyking tussen toedieningsmetodes	71
6. BEWEGING VAN FOSFOR TYDENS SPROEIBEMESTING	73
6.1 Inleiding	73
6.2 Prosedure	74
6.3 Resultate	74
6.4 Bespreking	80
7. BLAAROPNAME TYDENS SPROEIBEMESTING	82
7.1 Inleiding	82
7.2 Prosedure	82
7.3 Resultate	83
8. SINTESE EN GEVOLGTREKKING	85
9. LITERATUUR	88
10. BYLAE	94

BEDANKINGS

Graag wil ek my opregte dank uitspreek teenoor die volgende persone en instansies wat meegehelp het om hierdie studie suksesvol af te handel:

- * J.P. Coetzee, studieleier.
- * J.M. Hattingh, hulpleier.
- * Zelda en die kinders vir volgehoue ondersteuning en opofferings.
- * Prof. W.J. van Aardt vir die hulp en leiding tydens die bepaling van die radio-aktiewe fosfor.
- * Noordwes Koöperasie vir die finansiering van die projek en die uitvoering van laboratoriumwerk.
- * Departement Dierkunde, PU vir CHO, vir die gebruik van die sintillasieteller.
- * Kollegas en personeel van Noordwes Koöperasie en die Departement Bodemkunde vir die hulp tydens die uitvoering van die proefwerk.

SAMEVATTING

'N EVALUASIE VAN SUURMENGSELS AS FOSFAATKUNSMIS

VIR SPROEIBEMESTING

DEUR

JAN HENDRIK DU TOIT

Leier: J.P. Coetzee
Hulpleier: J.M. Hattingh
Departement: Plant en Bodemwetenskappe
Graad: M.Sc(Bodemkunde)

Die praktyk om stikstof deur die besproeiingstelsels toe te dien het die behoefte geskep om ook kunsmismengsels op diè wyse toe te dien. Suurmengsels is 'n geskikte produk, maar is hoogs korrosief. Min inligting in verband met die toediening van kunsmismengsels deur besproeiingstelsels is beskikbaar, daarom is riglyne vir veilige en doeltreffende gebruik noodsaaklik. Deeglike evaluering van die praktyk was dus ook belangrik.

Die pH van besproeiingswater moet hoër as ses wees om versnelde korrosie van gegalvaniseerde besproeiingstelsels te voorkom. Potensiometriese titrasies is met 'n suurmengsel in besproeiingswater met verskillende kwaliteite uitgevoer. 'n Goeie korrelasie is gevind tussen verdunning en die karbonaat- plus bikarbonaatinhoud van besproeiingswater, wat as praktiese riglyn gebruik kan word. As alternatief kan die elektriese geleiding ook gebruik word. Geen ander newe-effekte is waargeneem nie.

'n Evaluasie van suurmengsels as fosforbron en die praktyk om suurmengsels na opkoms op die oppervlak toe te dien, is met behulp van radio-aktiewe fosfor (^{32}P) in 'n potproef met koring (*Triticum aestivum* L.) uitgevoer. 'n Hoë en lae fosforpeil is toegedien. Vier gronde, met 'n fosforstatus

(Bray 1) van 2 tot 49mgkg^{-1} , is gebruik en besproeiingstoestande is gesimuleer.

Betekenisvolle verskille in opbrengs (droëmateriaal), totale-, grond- en kunsmisfosfor opgeneem, is verkry tussen die gronde. Die reaksie van die kontrole het, ten opsigte van die opbrengs, totale-, grond- en kunsmisfosfor opgeneem, 'n goeie korrelasie getoon met die fosforstatus. Die hoë fosforpeil het tot 'n betekenisvolle verhoging in opbrengs en opname van totale- en kunsmisfosfor gelei.

Die twee kunsmisbronne (suurmengsel en droë kunsmis) het met enkele uitsonderings na, nie betekenisvol verskil nie. Hieruit kan afgelei word dat beide gelykwaardige fosforbronne is.

Die oppervlaktoediening van suurmengsels het gelei tot betekenisvolle verhoging in totale- en kunsmisfosforopname. Die opbrengs was egter nie betekenisvol hoër nie. Die konsentrasie fosfor na aan die oppervlak het tot beter beskikbaarheid gelei en die plant het voorkeur gegee aan die kunsmisfosfor.

Die fosfor wat tydens sproeibemesting toegedien word, beweeg saam met die besproeiingswater tot ongeveer vyf sentimeter diep in die grond in. Die grootste konsentrasie fosfor bly steeds in die boonste twee tot drie sentimeter en geen verdere beweging vind deur die seisoen plaas nie.

Sleutelwoorde: fosfor, sproeibemesting, beweging van fosfor, suurmengsels.

ABSTRACT

AN EVALUATION OF ACID FERTILIZERS AS PHOSPHATE FERTILIZER
FOR FERTIGATION.

BY

JAN HENDRIK DU TOIT

Supervisor: J.P. Coetzee
Joint Supervisor: J.M. Hattingh
Department: Plant and Soil Sciences
Degree: M.Sc(Soil Science)

The application of nitrogen through irrigation systems also necessitates the application of other soluble nutrients through this medium. Acid fertilizers are suitable for the purpose, but are highly corrosive. Information on the effects of these soluble products on the irrigation system is not accessible. It is thus necessary to investigate the influence of these chemicals on corrosion, to lay down guidelines for these practices and to evaluate the efficiency of the entire system.

It is known that in order to prevent accelerated corrosion on galvanized irrigation equipment, pH-values of irrigation water needs to be above six. To verify this, potentiometric titrations were performed with an acid fertilizer in irrigation waters of different qualities. Positive correlations exist between dilution and the carbonate plus bicarbonate content of irrigation water, which can be used as a practical guideline. Electrical conductivity may be used as an alternative. No other side-effects were noted.

The evaluation of acid fertilizers as source of phosphorus and the practice of surface application of acid fertilizers after planting, was carried out in pots with the aid of radio-active phosphorus (^{32}P). A high and low level of phosphorus were applied. Four soil types with a phosphorus-status (Bray 1) ranging from 2 to 49mgkg^{-1} were used. Wheat

(*Triticum aestivum* L.) was planted and irrigation conditions were simulated. Significant differences in yield (dry material), as well as absorption of total-, soil- and fertilizer applied phosphorus were noted between the different soil types. The reaction of the control regarding the yield, the absorption of total-, soil- and fertilizer applied phosphorus is correlated to the phosphorus-status of the soil. The high phosphorus application led to significant increase in yield and absorption of total- and fertilizer applied phosphorus.

No significant differences were noted between the two fertilizer sources (acid fertilizer and dry fertilizer), with few exceptions. It was concluded that both are equal sources of phosphorus.

The surface application of acid fertilizers led to significant increases in absorption of total- and fertilizer applied phosphorus. The yield was however, not significantly increased. The concentration of phosphorus applied on the surface led to increased availability and it seems that plants prefer applied phosphorus.

The phosphorus applied through fertigation penetrated the soil to a depth of about five centimetres. The highest concentration of phosphorus still appear in the upper two to three centimetres. No further movement took place during the season.

Key words: Phosphorus, fertigation, movement of phosphorus, acid fertilizers.

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 Hoekom suurmengsels?

Die toediening van stikstof deur die besproeiingstelsels is alreeds 'n aantal jare die praktyk. Heelwat praktiese sowel as agronomiese voordele is aan die praktyk verbonde, soos tydigheid van toediening, effektiewe kunsmisverbruik, eenvormige toediening en gemak van toediening.

Die gebruik het ook daartoe gelei dat ander stowwe, soos insek- en onkruidodders, op dié wyse toegedien word. Met verloop van tyd is ook gepoog om kunsmismengsels (suspensies) deur die besproeiingstelsels toe te dien. Verskeie tipes inspuitpompe is gebruik, maar nie een was werklik geskik om suspensies te hanteer nie. Om die praktiese probleme rondom suspensies te oorbrug, was helder oplossings die enigste alternatief.

Die enigste helder vloeibare fosforprodukte is polifosfate, suurmengsels en ammoniumfosfate, indien dit geen onsuierhede bevat nie of as die presipitaat afgeskei word. In Suid-Afrika is suiwer polifosfate nie beskikbaar nie. Helder ammoniumfosfaat word kommersieël vir die mynbou vervaardig. Die presipitaat word geskei en moet gebruik kan word in die vorm van breie of in die vervaardiging van droë kunsmismengsels. Noordwes Koöperasie se vloeibare-kunsmisaanleg is ontwerp om uitsluitlik vloeibare produkte te hanteer en kon dus nie die presipitaat benut nie.

1.2 Die begrip "suurmengsel"

Die term "suurmengsel" word in die studie gebruik om 'n vloeibare kunsmis, bestaande uit stikstof, fosfor en kalium, wat uit ongeneutraliseerde fosforsuur

vervaardig is, te beskryf. Die term is afgelei vanaf droë kunsmis waar N, P en K bevattende kunsmis "kunsmismengsels", of kortweg "mengsels" genoem word, asook die feit dat die kunsmis suur is. Die Amerikaanse term "Acid fertilizers" het verder daartoe bygedra. Taalkundig en wetenskaplik is dit seker nie die beste beskrywing nie, maar dit is 'n term wat reeds in die spreektaal inslag gevind het en word in hierdie studie gebruik om verwarring te voorkom.

1.3 Vervaardiging van suurmengsels

Vloeibare kunsmisstowwe kan in vier hoofgroepe verdeel word, naamlik: suspensies, breie, suurmengsels en helder vloeistowwe. Tydens die vervaardiging van suspensies word fosforsuur geammonifiseer tot 'n pH van ongeveer ses. Die ammoniumfosfaat presipiteer en word deur die byvoeging van klei in suspensie gehou. Breie, ook beter bekend as "slurry's", is baie swaar suspensies.

Suurmengsels word vervaardig deur kommersiële fosforsuur (sogenaamde "nat-proses" fosforsuur) slegs in 'n geringe mate te ammonifiseer tot voordat daar enige presipitasie plaasvind. Verder word ureum-ammoniumnitraat (UAN(32)) of ureum en KCl bygevoeg. Die pH van die kunsmis is ongeveer 1,5 en bevat 'n groot hoeveelheid ongeneutraliseerde fosforsuur. Die suurmengsels is 'n helder vloeistof, maar presipitasie van onsuierhede soos gips kom voor. Die term "helder vloeistowwe" of "clear liquids" soos in die geval van UAN, is dus nie heeltemal van toepassing nie.

Suurmengsels en die produkte wat gevorm word, is reeds bekend. Reeds in 1969 is in Duitsland 'n kunsmis ontwikkel wat bestaan uit produkte van die reaksie tussen fosforsuur, ureum en ammoniak (Achor, 1984). Belangstelling daarin het egter eers die afgelope paar

jaar ontwikkel en selfs in die VSA word suurmengsels eers vanaf die begin van die tagtigerjare vervaardig.

Die vernaamste fosforprodukte wat in suurmengsels voorkom, is mono-ammoniumfosfaat (MAP), ureumfosfaat (UP) en fosforsuur. Deurdat die produk slegs twee persent geammonifiseer word, sal relatief min MAP voorkom.



Die UAN wat bygevoeg word, sal in 'n mate ureumfosfaat vorm:



Belangrik is dat die ureum in ureumfosfaat nie afbreek nie, maar slegs aan 'n molekule fosforsuur bind. Die reaksie is dus dieselfde as dié van die afsonderlike produkte (Achor, 1984).

1.4 Huidige gebruik van suurmengsels

Noordwes Koöperasie was een van die eerste maatskappye in Suid-Afrika wat suurmengsels aktief bemark het. Die produk het nuwe uitdagings geskep, maar die gepaardgaande korrosiegevaar hou ook vir die maatskappy en boer risiko's in.

Die breedwerpige toediening van suspensies voor planttyd vir koring onder besproeiing is aanvanklik deur Noordwes Koöperasie met behulp van "Big A"-masjiene vir die lede gedoen. Nadat dié diens gestaak is, is die leemte wat gelaat is gevul deur die toediening van suurmengsels deur die besproeiingstelsels. Die suurmengsels word voor planttyd toegedien en vlak ingewerk. In die winter droog die lande egter stadig af en neem dit lank voordat bewerkings van die lande gedoen kan word. Dikwels is tyd 'n beperking sodat die suurmengsels eers na opkoms van die koring toegedien word.

1.5 Probleemstelling

Die vervaardiging en gebruik van suurmengsels vir sproeibemesting staan wêreldwyd nog in sy kinderskoene. Selfs die Tennessee Valley Authority (TVA) in die VSA het slegs enkele navorsingsprojekte oor die onderwerp geloods. Baie aspekte rondom die gebruik en praktyke van sproeibemesting wat ontwikkel is, is nog nie wetenskaplik geëvalueer nie. Inligting is ook uiters noodsaaklik ter ondersteuning van die bemerking van die produkte en vir die korrekte aanwending van die produk.

Suurmengsels is uiters korrosief (Havemann, 1987:117). Indien die verkeerde toerusting gebruik word, lei dit tot ernstige verliese. Die soute in die besproeiingswater reageer met suurmengsels en die suur word geneutraliseer. Die pH van die besproeiingswater moet ongeveer neutraal wees om verhoogde korrosie op gegalvaniseerde besproeiingstelsels te voorkom (Havemann, 1987:117; Wolf, Fleming & Batchelor, 1985:14-5). 'n Riglyn vir die veilige hantering van suurmengsels is dus uiters noodsaaklik.

Die meeste besproeiingswater in die bedieningsgebied van Noordwes Koöperasie is afkomstig uit dolomiet en is "harde" water. Reaksies soos die neutralisasie van die suurmengsel en moontlike presipitasie van fosforprodukte moes verder ondersoek word.

Die praktyk om suurmengsels eers na planttyd op koring toe te dien is nie 'n algemeen erkende praktyk nie en laat vrae ontstaan oor die beweging en die beskikbaarheid van die fosforkunsmis. Hoewel die beweging van fosfor in die grond slegs oor kort afstande plaasvind, word die suurmengsel saam met 'n groot volume water toegedien wat die grond aanvanklik vinnig infiltrereer. Die moontlikheid bestaan dus dat die fosfor saam met die besproeiingswater in die grond inbeweeg en dieper in die grond geadsorbeer word.

Die toediening van suurmengsels op die oppervlak beïnvloed die beskikbaarheid en moontlike opname van fosfor. 'n Soortgelyke situasie word verkry waar fosfor op weidings toegedien word. Ander navorsers het soortgelyke situasies ondersoek (Raun, Sander & Olson, 1987:1059), maar die praktyk kan nie met sekerheid aanbeveel word nie.

Suurmengsels is 'n nuwe bron van fosfor wat nog nie as sulks geëvalueer is nie. Hoewel verwag word dat dit soos soortgelyke produkte, naamlik superfosfaat, ureumfosfaat of mono-ammoniumfosfaat (MAP) sal reageer, kan die produkte wat vorm tydens reaksie met die besproeiingswater, ook die beskikbaarheid beïnvloed. Ter ondersteuning van die bemerking en die geloofwaardigheid onder boere, is dit belangrik om suurmengsels as bron te evalueer.

Die navorsing is uitgevoer met die volgende doel:

- a. Die reaksies van suurmengsels in die besproeiingswater te voorspel en 'n riglyn vir die veilige en korrekte gebruik daar te stel. Nuwe-effekte en gevaarsituasies moet bepaal word.
- b. Die oppervlaktoediening van suurmengsels tydens sproeibemesting op koring as praktyk te evalueer.
- c. Suurmengsels as fosforbron te evalueer.
- d. Die beweging van fosfor, wat tydens sproeibemesting saam met 'n groot hoeveelheid water toegedien word, te bepaal.
- e. Moontlike blaaropname tydens sproeibemesting te verifieer.

HOOFSTUK 2

DIE GEBRUIK VAN RADIO-AKTIEWE FOSFOR

2.1 INLEIDING

Die gebruik van radio-isotope in plantvoeding en grondstudies is 'n erkende tegniek. Belangrike ontwikkelings het veral in die vyftigerjare plaasgevind ten opsigte van die gebruik van radio-aktiewe fosfor. Tans word ^{32}P egter minder in landbounavorsing gebruik (Kotze en Marais, 1988:61).

Die grootste voordeel in die gebruik van radio-isotope is dat baie klein hoeveelhede waargeneem kan word. (Deist, 1961:14; Marais en Deist, 1962a:3). Volgens Kotze en Marais (1988:61) kan 'n aanduiding van plantbeskikbare fosfor (L-waarde) of die hoeveelheid fosfor wat in ewewig met die grondoplossing is (E-waarde), verkry word. Die hoeveelheid fosfor wat deur die plant vanuit die kunsmis en die grond opgeneem word, kan onderskei word (Kotze en Marais, 1988:61; Deist, 1961:3).

2.2 BEPALING VAN L-WAARDE

Die radio-aktiewe fosfor wat aan die grond toegedien word, ruil isotopies uit met grondfosfor voordat die plant die fosfor opneem. Onder dié toestande sal nie slegs die toegediende fosfor gemerk wees nie, maar wel 'n poel, wat grondfosfor insluit (Deist, 1961:67; Larsen, 1952:9). Drie aannames word gemaak, naamlik:

- a. dat die plant nie tussen isotope kan onderskei nie;
- b. dat die plant slegs vanuit die poel voed; en
- c. dat isotopiese ewewig bereik is voordat opname geskied (Kotze en Marais, 1988:60; Deist, Marais en Heyns, 1971:61).

Die L-waarde kan gedefinieer word as daardie hoeveelheid fosfor in die vaste fase in die grond, wat in

ewewig is met die fosfor in die grondoplossing (Marais en Deist, 1962b:5). Gestel dat:

- Y = hoeveelheid ^{32}P toegedien aan grond;
- Y' = hoeveelheid ^{32}P opgeneem deur die plante;
- X = hoeveelheid ^{31}P draer toegedien;
- X' = hoeveelheid ^{31}P in die plant;
- D = hoeveelheid ^{31}P in saad; en
- L = "Larsen"-waarde, dit is dié deel van die grondfosfor wat bydra tot die poel.

Die aktiwiteit van die poel word verkry uit $Y/X+L$. Die verhouding ^{32}P tot ^{31}P in die plant sal dus gelyk wees aan die verhouding ^{32}P tot ^{31}P in die grond. 'n Korreksie moet vir die fosfor wat in die saad teenwoordig is, aangebring word.

$$\frac{Y}{X + L} = \frac{Y'}{X' - D}$$

$$L = \frac{Y (X' - D)}{Y'} - X$$

(Deist 1961:68; Kotze en Marais 1988:61).

Volgens Marais et al., (1970:7) en Kotzé en Marais (1988:61) kan die saadkorreksie slegs aangebring word indien die totale plant ontleed word. Indien slegs die bogrondse groei ontleed word, soos wat die geval is gedurende hierdie studie, lei dit tot 'n oorskatting van die werklike waarde.

$$L = \frac{Y \cdot X'}{Y'} - X \quad (1)$$

(Kotzé en Marais, 1988:61)

Hoe groter die L-waarde, hoe meer fosfor in die plant is afkomstig van grondfosfor. Ongeag die feit dat die plant vanuit die poel voed, is al die ^{32}P afkomstig vanaf die kunsmis. Die hoeveelheid kunsmisfosfor opgeneem deur die plant kan as volg bereken word:

$$\text{Kunsmis-P} = \frac{Y'}{Y} \cdot X \quad (2)$$

Die hoeveelheid P opgeneem vanuit die grond word gegee deur:

$$\begin{aligned} \text{Grond-P} &= \text{Totale P} - \text{kunsmis-P} \\ &= X' - \frac{Y'}{Y} \cdot X \end{aligned} \quad (3)$$

(Kotze en Marais, 1988:61)

2.3 RADIO-METRIESE EENHEDE

Die SI-eenheid waarvolgens die aktiwiteit van radio-aktiewe stowwe gemeet word, is Becquerel (Simbool Bq). 'n Becquerel word gedefinieer as een kerntransformasie per sekonde. Die bekende eenheid wat nog steeds in gebruik is, is die Curie (Ci) en is gelyk aan $3,7 \times 10^{10}$ Bq. Een Curie is gelyk aan $2,22 \times 10^{12}$ disintegrasies per minuut (dpm) (Van Aardt, 1970:41).

2.4 RADIO-AKTIEWE FOSFOR

Fosfor kom natuurlik as fosfor-31 (^{31}P) voor met geen voorkoms van fosfor-32 (^{32}P) nie (Wang en Willis, 1965:8). Fosfor-32 kan sinteties vervaardig word deur ^{32}S met neutrone te bestraal (Deist, 1961:8). Fosfor-32 verval deur 'n β -deeltjie af te gee (Wang en Willis, 1965:8) om weer ^{32}S te vorm, met 'n hoogste energie van 1,710meV en 'n halfleef tyd van 14,3 dae.

Fosfor-32, met 'n aktiwiteit van 1Cidm^{-3} , is aangekoop in 'n oplossing van fosforsuur (Anon., 1989). Die kunsmis is gemerk deur die ^{32}P oplossing by die kunsmis te voeg, te roer en vir minstens drie ure te laat staan.

2.5 SINTILLATOR

'n Sintillator beskik oor die eienskap dat energie wat opgeneem word, weer as lig uitgestraal word. Tydens die

afgee van 'n β -deeltjie word die energie oorgedra aan die sintillasievloeistof en 'n molekule van die sintillator word aangeslaan. Tydens die terugkeer vanaf die aangeslane toestand na die grondtoestand, word fluoresensie uitgestraal. Die lig word in die fotokatode van die fotomultiplikatorbuis (PM-buis) omgesit in foto-elektrone, wat na versterking 'n meetbare puls gee. Die primêre sintillator (PPO) straal lig met 'n golflengte van 380nm uit. 'n Sekondêre sintillator (POPOP) verskuif die golflengte deur die lig op te neem en weer lig met 'n golflengte van 420nm uit te straal. Laasgenoemde is by die spektrale gevoeligheid van die PM buis (Van Aardt, 1969:9). Gedurende die proefwerk is van Instagel gebruik gemaak, wat 'n primêre en sekondêre sintillator is.

Indien 'n β -deeltjie met hoë energie vrygestel word in 'n oplossing, word lig uitgestraal wat direk met 'n vloeistofsintillasieteller gemeet kan word. Dié lig word Cerenkov-straling genoem (Haasbroek et al., 1971:1; Van Aardt, 1969:105; Von Haberer, 1966:1). Die nadele van Cerenkov-straling is dat die telopbrengs laer is, die straling gevoelig is vir kleurblossing en dat slegs harde β -stralers gebruik kan word (Van Aardt, 1969:105). In die ontwikkelingswerk wat deur vorige navorsers soos Deist (1961), Haasboek et al. (1971) en Laker (1964) gedoen is, is van Cerenkov-strale gebruik gemaak. In hierdie studie is egter nie van Cerenkov-strale gebruik gemaak nie en die metodes kon dus nie net so toegepas word nie. Om die tegnieke wat gebruik is op die proef te stel, is 'n loodseksperiment uitgevoer.

2.6 DIE TEMPO VAN RADIO-AKTIEWE VERVAL

Die aantal atome in 'n radio-aktiewe monster wat gedurende 'n gegewe tyd disintegreer, verminder eksponensieël met tyd. Die gegewe fraksie atome wat disintegreer in 'n bepaalde tydseenheid word die

vervalkonstante (λ) genoem. Die werklike aantal atome wat verval, is afhanklik van die aantal atome wat oorspronklik aanwesig is. Die vervalkonstante kan bereken word uit die aantal atome (N) by 'n gegewe tyd en die aantal atome (dN) wat disintegreer oor 'n tydinterval (dt):

$$\lambda = \frac{-dN/N}{dt} \quad (4)$$

Indien die aantal disintegrasies van 'n radio-aktiewe stof periodiek bepaal word en die waargenome aktiwiteit teen tyd gestip word, word 'n eksponensiële kurwe verkry. As dieselfde grafiek getrek word op 'n half-logaritmiëse skaal, word die vervalkurwe 'n reguitlyn met die helling gelyk aan die waarde $-(\lambda/2,303)$. (Van Aardt, 1970:33)

Indien N_0 die aantal atome by tyd nul is, kan vergelyking 4 geïntegreer word na die volgende:

$$\log_n(N/N_0) = -\lambda t \quad (5)$$

wat ook logaritmiëes tot die basis 10 geskryf kan word:

$$\log_{10}N = \log_{10}N_0 - 0,4343 \lambda t \quad (6)$$

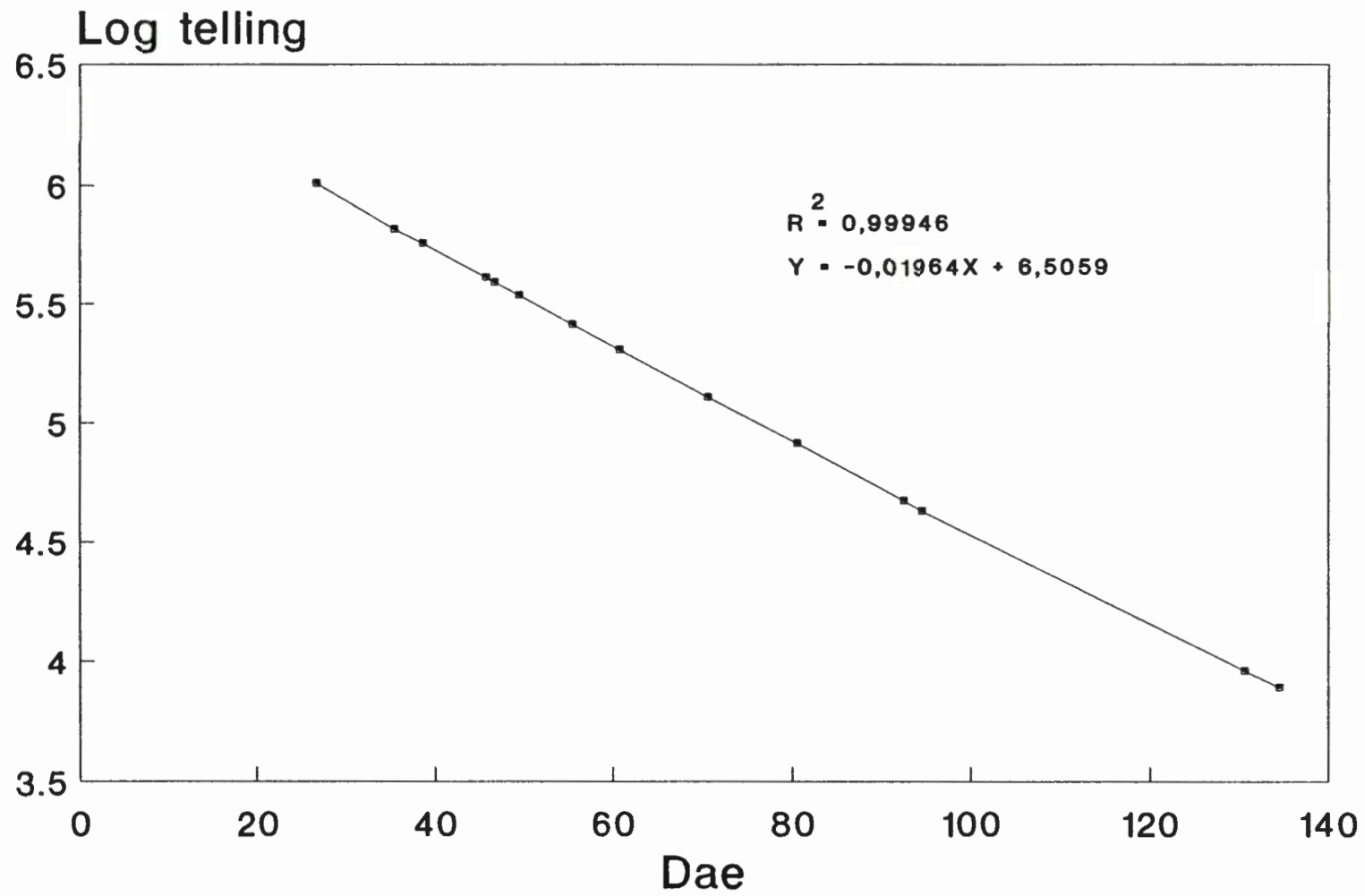
(Van Aardt, 1970:34)

Met 'n radio-isotoop met 'n kort halfleeftyd, soos ^{32}P , is dit belangrik om die vervalkorreksie aan te bring voordat die resultate toegepas kan word.

2.7 VERVALKURWE VAN ^{32}P

In die literatuur word twee halfleeftye van ^{32}P aangetref, naamlik 14,223 dae (Wang en Willis, 1965; Van Aardt, 1970:39) en 14,3 dae (Deist, 1961:46; Anon., 1989).

Gedurende die eksperiment is 'n aantal standarde verskeie kere getel met die doel om die telopbrengs te bepaal. Indien die logaritme van die tellings gestip word teen tyd, is 'n goeie reglynige korrelasie verkry soos in figuur 2.1 aangetoon word. 'n Halfleeftyd van



Figuur 2.1 Verval van fosfor-32

15,3 dae kan uit die helling van die grafiek bereken word.

Die berekende halfleeftyd verskil aansienlik van dié in die literatuur. Die doel van die eksperiment was egter nie om die halfleeftyd akkuraat vas te stel nie. Die afwyking kan as volg verklaar word:

- a. Die aktiwiteit van die monsters was hoog en die waarskynlikheid van dooie tyd is redelik goed (Van Aardt, persoonlike mededeling, 1990).
- b. Deurdat 'n telvloeistof (Instagel) gebruik is, behoort onsuiverhede soos ^{33}P en ^{35}S met langer halfleeftye en laer energie-uitstralings ook waargeneem te word (Deist, 1961:45).

Die halfleeftyd soos aangedui op die verskaffer se verpakkingsnota (Anon., 1989), naamlik 14,3 dae, is gebruik in die korreksie vir verval gedurende die eksperiment. Die vervalkonstante is daarvolgens 0,04846 dae en is in vergelyking 6 gebruik in die berekening van die radio-aktiewe verval.

2.8 BEPALING VAN ^{32}P MET BEHULP VAN DIE VLOEISTOF-SINTILLASIE-TELLER

2.8.1 Apparatuur

'n Packard-vloeistofsintillasieteller (Tri-Carb Liquid Scintillation spektrometer, model 3390) is by die departement Dierkunde aan die PU vir CHO gebruik.

Die teller verwerk self die aantal impulse statisties en flits die telling en statistiese korrektheid alternatiewelik op die skerm, waarna die finale telling en korrektheid uitgedruk word. Die ideaal is om die telling tot een persent akkuraat te tel. Dié akkuraatheid kan verkry word deur langer te tel by lae aktiwiteite. So sal 'n monster met 'n aktiwiteit van 200 000 tellings per minuut (tpm) slegs een minuut getel hoef te word en 'n monster met 'n aktiwiteit van

200 moet 100 minute lank getel word om dieselfde akkuraatheidspeil te verkry.

2.8.2 Tydtabel

Deurdat slegs eenmalig van radio-aktiewe fosfor gebruik gemaak is, is 'n tydtabel opgestel wat op 20 Oktober 1989, die aanvangstyd van die besending radio-aktiewe fosfor wat gebruik is, begin. Die tydtabel verskyn in bylaag 2.1.

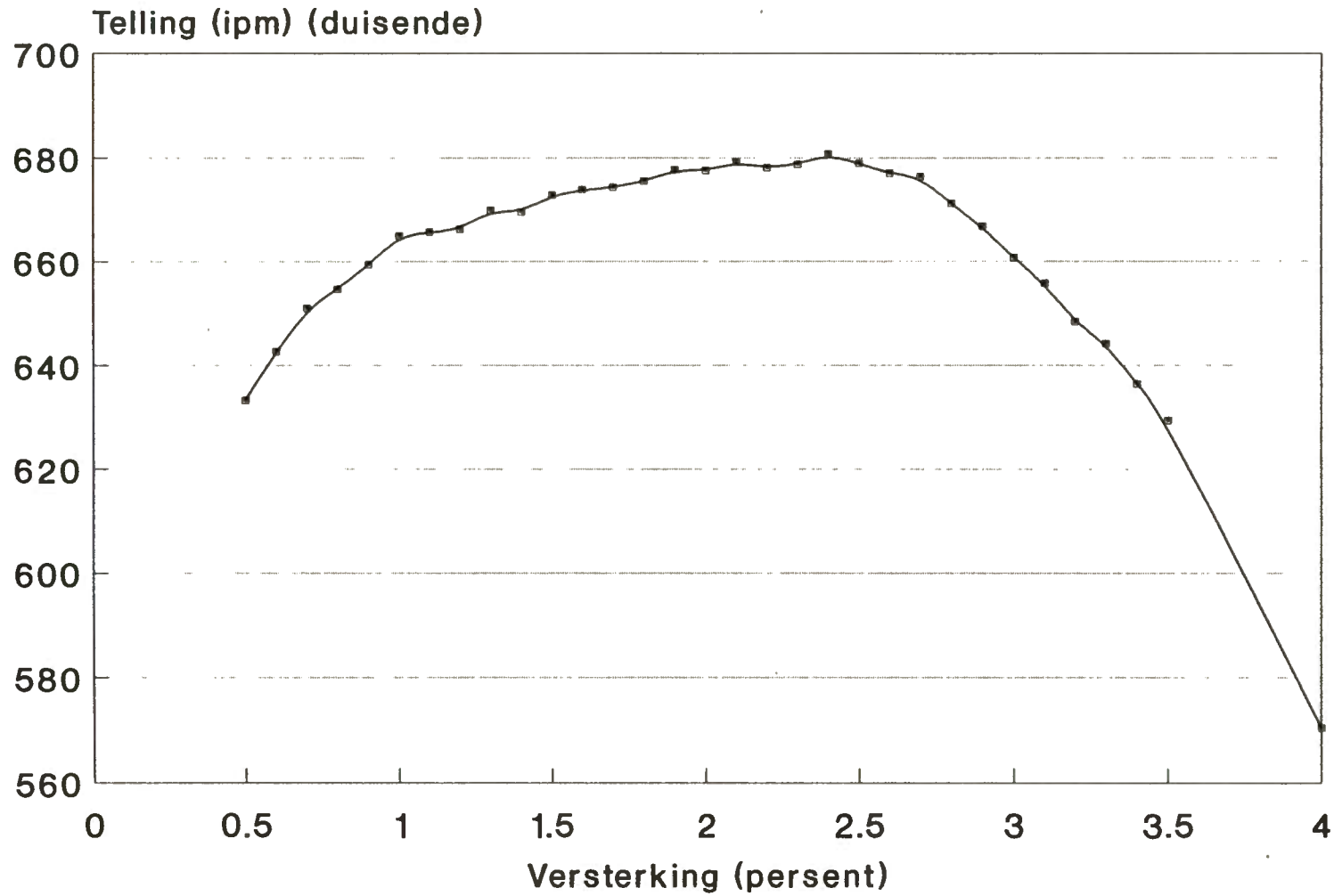
Die tydtabel is verder ook gebruik om alle ander dae aan te dui, byvoorbeeld: op dag 10 is die eerste aanvullende bemesting toegedien.

2.8.3 Ewewigspuntinstelling

Die vloeistofsintillasieteller werk teen 'n hoogspanning van 10 000 tot 12 000 volt. Om die ewewigspuntposisie te bepaal is 'n monster met toenemende versterking (in persentasie) getel. Die meetkanaal is so wyd as moontlik gebruik: die onderste diskriminator = 10 en die boonste diskriminator = 1000. Fyner instellings van persentasie versterkings is gemaak in die gebied van die optimum telling, soos in figuur 2.2 aangedui word. Die ewewigspunt van 2,4 persent is gebruik in alle metings.

2.8.4 Telopbrengs

Van elke behandeling is twee standarde opgemaak tydens die toediening van die gemerkte fosfor. Daar is 2ml van die verdunningsoplossing tesame met 3ml Instagel in 'n telflessie gevoeg. Die gemiddeld van twaalf standaardmonsters is gebruik om die telopbrengs te bepaal.



Figuur 2.2 Die optimum versterking vir fosfor-32

Die gemiddelde tellings van die twaalf monsters na 55,4 dae is 258 927 impulse per minuut. Die telopbrengs is as volg bereken:

1 μ Ci lewer 2,22 x10⁶ disintegrasies per minuut (dpm).

(Van Aardt; 1970:41)

Na 55,4 dae sal 2 μ Ci ³²P verval na :

$$\begin{aligned} \log N &= \log N_0 - 0,4343 \lambda t \\ &= \log 100 - 0,4343 \times 0,04846 \times 55,4 \\ &= 2 - 1,17245 \\ &= 0,8275 \end{aligned}$$

$$N = 6,7227\%$$

2ml van die vloeistof bevat 2 μ Ci, dit wil sê 6,7 persent van 4,44 x 10⁶ dpm = 3,029875 x 10⁵ dpm

$$\begin{aligned} \text{Telopbrengs} &= \frac{\text{tpm}}{\text{dpm}} \times \frac{100}{1} \\ E &= \frac{258927}{302987,5} \times \frac{100}{1} \\ &= 85,4474 \\ &\sim 85,45\% \end{aligned}$$

2.8.5 Blussing

a. Grondmonsters

Om te bepaal of die ekstraheermiddel (Bray 1) enige blussingseffek op die telopbrengs het, is vyf telflessies opgemaak met 2ml van 'n verdunde ³²P-oplossing. Nog vyf monsters is opgemaak deur 2ml van dieselfde verdunde oplossing by telflessies te voeg van Bray 1-ekstraksies waarmee agtergrondlesings verkry is.

Dieselfde telling is verkry soos in tabel 2.1 aangedui word. Die resultate dui daarop dat die ekstraheermiddel geen beduidende invloed op die telopbrengs het nie.

Tabel 2.1 Telopbrengs van grondmonsters waarby ^{32}P gevoeg is

	Agtergrond $\pm 9,5\%$ (tpm)	Grondekstraksie met ^{32}P (tpm)	Verdunde ^{32}P oplossing (tpm)
	34,3	930,4 $\pm 2,5\%$	1205,2 $\pm 1\%$
	32,4	902,4 $\pm 2,5\%$	1026,0 $\pm 1\%$
	32,4	1064,7 $\pm 1\%$	1016,9 $\pm 1\%$
	32,3	1047,6 $\pm 1\%$	1024,1 $\pm 1\%$
	32,4	1307,7 $\pm 1\%$	974,5 $\pm 2,5\%$
Gemiddelde	32,8	1050,6	1049,3
Standaard afwyking	0,8	143,3	80,2

b. Blaarmonsters

Om te bepaal of die chemikalieë wat vir die natverassing gebruik is die telopbrengs beïnvloed, is 'n soortgelyke eksperiment soos in paragraaf 2.8.5(a) beskryf is, uitgevoer met vyf blaarekstraksies.

Soos in tabel 2.2 aangedui word, is die tellings beduidend hoër waar die verdunde ^{32}P -oplossing by die blaarekstraksies gevoeg is. Die resultate is teenstrydig met die algemene verskynsel dat chemikalieë, soos sure, die telopbrengs verlaag deur blussing. (Van Aardt, 1969:11; Deist, 1961:32.)

Die verskynsel kan as volg verklaar word: Die spektrum van twee oplossings is bepaal deur die versterking te varieer soos in figuur 2.3 aangedui word. Die spektrum van die monster met verassingschemikalieë het na regs verskuif. Die totale oppervlakte onder die kurwe, sowel as die

telling verkry by die ingestelde 2,4 persent, is hoër. Die verhoogde telopbrengs is in berekening gebring in die bepaling van die telopbrengs vir die blaarmonsters.

Tabel 2.2 Telopbrengs van blaarmonsters waarby 32p gevoeg is

	Agtergrond ± 2,5% (tpm)	Blaarekstraksie met 32p ± 0,2% (tpm)	Verdunde 32p oplossing ± 1% (tpm)
	47,6	51191,0	47344,5
	48,5	50573,0	46155,0
	48,4	51003,5	46792,5
	45,1	51235,0	44297,0
	46,7	50549,5	46781,0
Gemiddelde	47,3	50910,3	46274,0
Standaard afwyking	1,3	295,6	1057,8

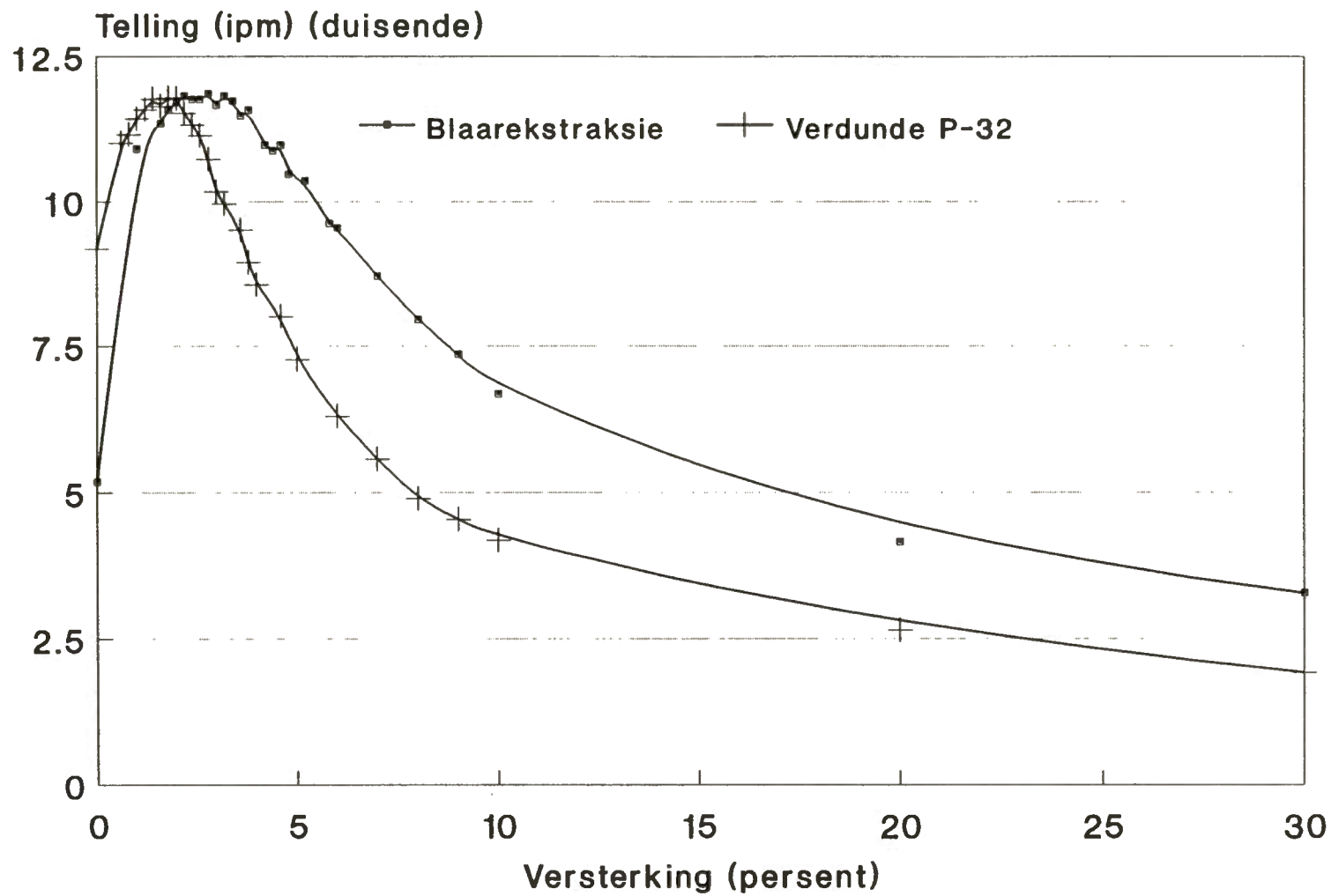
2.8.6. Agtergrond

a. Gronde

Vyf monsters is opgemaak uit ekstraksies van gronde wat geen radio-aktiewe fosfor ontvang het nie. Die monsters is getel vir 200 minute tot 'n akkuraatheid van 2,5 persent. 'n Gemiddelde lesing van 32,2 tellings per minuut is verkry.

b. Blare

Blaarontledings van die kontrole is getel om die agtergrondlesing te bepaal. 'n Gemiddelde waarde van 45,9 tellings per minuut ($\pm 2,5$ persent) is verkry uit die twintig monsters wat 100 minute lank getel is.



Figuur 2.3 Die verskuiwing van die spektrum van fosfor-32 as gevolg van verassingschemikalieë

2.8.7 Berekening van die aantal disintegrasies

Die aantal tellings per minuut is as volg gekorrigeer:

1. Die agtergrondlesing is afgetrek.
2. Die vervalkorreksie is aangebring volgens vergelyking 6.
3. Die telling is vermenigvuldig met die telopbrengs.

In die geval van die blaarmonsters is die telling vermenigvuldig met die faktor vir die hoër telling as gevolg van blussing.

2.9 VEILIGHEIDSMATREËLS

Fosfor-32 is van die radio-isotope met die sterkste uitstraling van Beta-energie wat vir laboratoriumnavorsing gebruik word. Skerms van 1cm dik perspex is gemaak waaragter gewerk is (Deist 1961:71). In die glashuis is 'n loodvoorskoot gedra.

Alle afvalmateriaal wat in kontak was met die radio-aktiewe fosfor is in 'n gemerkte houer gegooi en vir ten minste tien halfleeftyte (sowat 6 maande) afsonderlik geberg of begrawe, waarna dit weggegooi is.

2.10 LOODSEKSPERIMENT

Aangesien daar met 'n onbekende sisteem gewerk word, is 'n loodseksperiment uitgevoer om die tegnieke te verifieer waardeur onnodige en duur foute voorkom kan word.

'n Potproef, soortgelyk aan die finale proef soos beskryf in hoofstuk 3, is uitgelê met drie behandelings:

1. 'n Kontrole wat geen fosfor ontvang het nie.
2. Suurmengsel (2:3:2(15)) teen 'n peil van 25kgPha^{-1} ;
3. Suurmengsel teen 'n peil van 50kgPha^{-1} .

Behandeling twee is vyf keer herhaal. Die gemerkte suurmengsel is saam met 20mm water toegedien. Koring is

geplant (vier saailinge per pot) en na vier weke geoes en gedroog. Die grondkolom is in lae van een sentimeter verdeel en 'n 1:10 waterekstraksie en 'n Bray 1-ekstraksie is uitgevoer (sien paragraaf 3.3.2). Die plantmateriaal is natveras soos beskryf in paragraaf 3.3.3. Die telopbrengs, spektrum van ^{32}P en agtergrondlesing is bepaal soos uiteengesit in paragraaf 2.8.

Uit die loodseksperiment is die volgende gevolgtrekkings/aanpassings gemaak:

- a. 'n Telopbrengs van ongeveer 86 persent is verkry. Die tegnieke gevolg tydens die bepaling van ^{32}P lewer aanvaarbare resultate.
- b. Die Bray 1-ekstraksie lei tot hoër ^{32}P tellings as die waterekstraksie, wat die akkuraatheid verbeter, hoewel dieselfde afleidings gemaak kan word.
- c. Gelaagdheid van die grond in die potte is 'n probleem en voorsorg moet getref word om dit te vermy.
- d. Die plantdiepte moet nie dieper as een sentimeter wees nie. Meer as vier saailinge per pot is nodig vir voldoende plantmateriaal.
- e. Die toedieningtempo moet nie die infiltrasietempo oorskry nie, sodat infiltrasie van die kunsmis teen die wande van die pot voorkom kan word. Die grondoppervlak moet gelyk gehou word. Water moet met behulp van mikrosproeiers toegedien word.

HOOFSTUK 3

ALGEMENE PROEFTEGNIKE

3.1 REAKSIES VAN SUURMENGSELS IN BESPROEIINGSWATER

3.1.1 Neutralisasie van suurmengsels in water

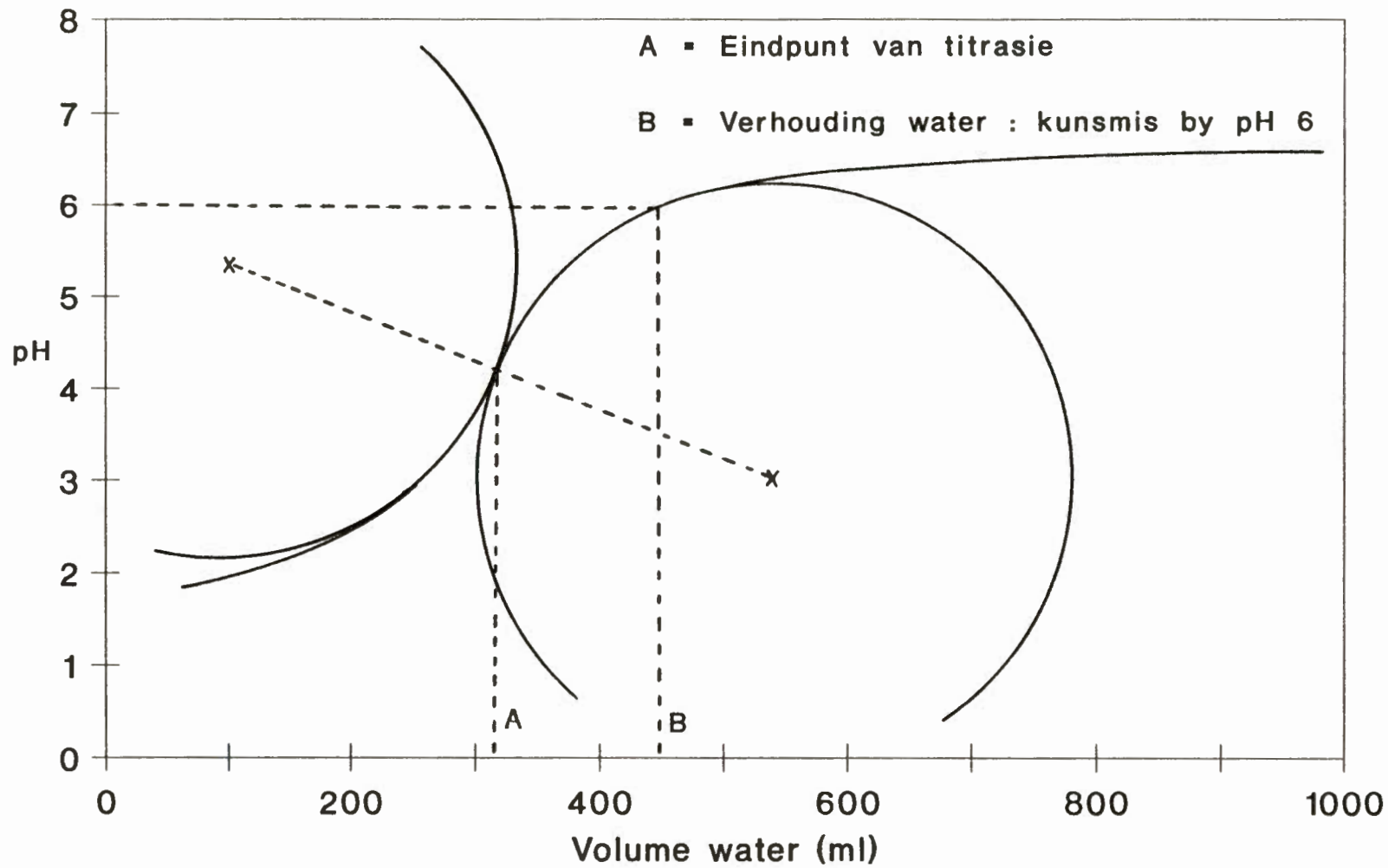
'n Potensiometriese titrasie is met 'n suurmengsel in watermonsters van 26 verskillende chemiese samestellings gedoen. Die elektriese geleiding van die water varieer van 16 tot 143mSm^{-1} . Daar is 1ml suurmengsel gebruik en 50ml water is telkens bygevoeg totdat die pH-styging konstant was. Suurmengsel (2:3:2(15)+Zn) is gebruik, omdat dit die produk is wat die meeste in die praktyk gebruik word. Titrasië met ander suurmengsels soos 2:3:2(15) wat nie geammonifiseer is nie, 0:2:3(12) en fosforsuur (22%P) is slegs met drie watermonsters uitgevoer.

'n Titrasiëkurwe is verkry deur pH teen die volume water te stip soos in figuur 3.1 aangetoon word. Die neutralisasiepunt is met behulp van die sirkelpasmetode grafies bepaal (Basset et al., 1978:597). Deurdat 1ml suurmengsel gebruik is, is die volume water ook die verdunningfaktor.

3.1.2 Korrosie

Om te verifieer dat 'n pH van 6 veilig is vir gegalvaniseerde besproeiingstelsels, is 'n korrosieproef met gegalvaniseerde plaat in verdunde oplossings van 2:3:2(15)+Zn suurmengsel uitgevoer. Plaatjies van 10mm by 20mm is in 50ml oplossing gedompel. Ses verskillende oplossings is opgemaak (vier herhalings), naamlik:

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Skoon water. | 2. Onverdunde suurmengsel |
| 3. 50 keer verdun. | 4. 175 keer verdun. |
| 5. 420 keer verdun. | 6. 1000 keer verdun. |



Figuur 3.1 Tipiese titrasiekurwe vir suurmengsel in harde water

'n Monster van die vloeistof is die volgende dag (na 16 uur) en weer na 5 dae geneem en die konsentrasie sink in oplossing is bepaal.

3.2 POTPROEF

3.2.1 Proefuitleg

'n Uitgebreide potproef is met koring (*Triticum aestivum* L.) uitgevoer met die volgende doel:

- a. Om die invloed van kunsmisplasing op die opname van fosfor te bepaal.
- b. Om die plasing van fosforkunsmis op die oppervlak as bemestingspraktyk te evalueer.
- c. Om suurmengsels as fosfordraer te evalueer.
- d. Om die beweging van fosfor wat tydens sproeibemesting op die oppervlak toegedien word, te bepaal.

'n Akkurate tegniek om bogenoemde te bereik, is deur gebruik te maak van radio-aktiewe fosfor (^{32}P), aangesien baie klein hoeveelhede fosfor bepaal kan word (Kotze en Marais, 1988:61). Die beweging van fosfor asook die hoeveelheid kunsmisfosfor kan akkuraat bepaal word (Deist 1961; Kotze en Marais, 1988:61). Om die beste benutting van die radio-aktiewe fosfor te verkry, is 'n enkele proef, wat al bogenoemde aspekte insluit, uitgevoer. Die nadeel daaraan verbonde is dat die wortels nie geoes kon word nie, omdat die grond in lae opgedeel is om die beweging van die fosfor vas te stel.

3.2.2 Behandelings

Vyf hoofbehandelings is as volg uitgevoer:

1. Kontrole (GEEN).

Geen fosforbemesting is toegedien nie. Dieselfde hoeveelheid stikstof en kalium is toegedien asook alle ander behandelings.

2. Suurmengsel ingewerk (SMIN).

Suurmengsel is goed vermeng met die boonste 7,5cm grond.

3. Suurmengsel oppervlak (SMOP).

Suurmengsel is tydens besproeiing saam met 30mm water aan die oppervlak toegedien na die koring opgekom het.

4. Droog ingewerk (DRIN).

Droë kunsmis is goed vermeng met die boonste 7,5cm grond.

5. Beweging van suurmengsel.

Suurmengsel is saam met 30mm besproeiingswater op die oppervlak toegedien. Niks is geplant nie en die diepte van beweging is na vier dae bepaal.

Elk van die eerste vier hoofbehandelings is herhaal met twee fosforpeile. Vyf herhalings is telkens gebruik.

3.2.3 Bemesting

Aangesien sproeibemesting as 'n bemestingspraktyk geëvalueer is, is daar gepoog om die bemesting wat toegedien is, sowel as die metode van toediening, so na as moontlik aan die praktyk te hou. Die peile fosfor wat gebruik is, is 22 en 45kgPha⁻¹, wat ooreenstem met die peile wat gewoonlik vir besproeiingskoring gebruik word.

Tabel 3.1 Kunsmis toegedien

Kgha ⁻¹	gpot ⁻¹	mlpot ⁻¹	Produk	N kggha ⁻¹	P kggha ⁻¹	K kggha ⁻¹
Behandeling 1 Kontrole						
506	0,248	0,200	1:0:1(14)	35,43		35,43
398	0,195	0,150	UAN(32)	129,34		
			Totaal	164,77	0	35,43
Behandeling 2+3+5 Suurmengsel (P1)						
392	0,192	0,155	2:3:2(15)+Zn	18,82	21,89	16,46
253	0,124	0,100	1:0:1(14)	17,71		17,71
389	0,195	0,150	UAN(32)	129,34		
			Totaal	165,87	21,89	34,17
Behandeling 2+3 Suurmengsel (P2)						
784	0,384	0,310	2:3:2(15)+Zn	37,63	43,77	32,93
398	0,195	0,150	UAN(32)	129,34		
			Totaal	166,97	43,77	32,93
Behandeling 4 Droë kunsmis (P1)						
266	0,1303		2:3:2(22)+Zn	13,57	19,94	17,66
253	0,124	0,100	1:0:1(14)	17,71		17,71
398	0,195	0,150	UAN(32)	129,34		
			Totaal	160,62	19,94	35,37
Behandeling 4 Droë kunsmis (P2)						
532	0,2606		2:3:2(22)+Zn	27,13	39,88	35,32
398	0,195	0,15	UAN(32)	129,34		
			Totaal	156,47	39,88	35,32

Die werklike hoeveelhede kunsmis wat toegedien is, word in tabel 3.1 aangedui. Die N,P en K is bereken volgens resultate van ontledings van die kunsmis wat uitgevoer is. Die werklike hoeveelhede verskil van die beplande hoeveelhede as gevolg van afwykings in die voedingstofkonsentrasie van die kunsmis. Die kunsmis is met die boonste 7,5cm grond gemeng wat ooreenstem met die bewerkingsdiepte tydens saadbedvoorbereidig.

Die suurmengsel is saam met 30mm water teen 'n toedieningstempo van ongeveer 30mmuur^{-1} toegedien. Om dit moontlik te maak is die verdunde kunsmis met mediese druppers toegedien en die toedieningstempo kon sodoende verstel word. Moeite is gedoen om te verhoed dat water opdam en dan vinniger teen die wande van die pot infiltreer.

Die stikstof is met behulp van 'n kantelpipet toegedien en daar is direk na toediening besproei om te verhoed dat die plante skroei. Die stikstof is in drie gelyke paalemente verdeel en saam met 2mm water toegedien.

3.2.4 Grond

Die meeste gronde wat in die bedieningsgebied van Noordwes Koöperasie besproei word, word geassosieer met Malmani dolomiet wat ook die bron van besproeiingswater in die gebied is. Die tweede grootste groep word geassosieer met Argeïese graniet. Eoliese sand lewer in albei gevalle 'n belangrike bydrae tot die grondvormende materiaal. Gronde van die Huttonvorm kom in beide groepe dominant voor.

Die bogrond van twee Huttongronde is op twee plase naamlik: Vlakfontein (gronde A en B) en Goede-vooruitsicht (gronde C en D) versamel. In beide gevalle is in 'n besproeiingsland en in die wenakker gemonster, sodat grond met dieselfde tekstuur, maar verskillende

fosforinhoud verkry is. Resultate van 'n volledige analise van die grond word in tabel 3.2 uiteengesit.

Die grond is gelugdroog, gesif en meganies goed vermeng. Deurdat gelaagdheid maklik voorkom by grond wat in 'n pot gegooi word, is die grond weer benat. Die grond is oopgegooi, natgegooi en die volgende dag weer gemeng en gesif, waarna dit na die laboratorium geneem is.

3.2.5 Proefuitvoering

Een liter melkkartonne is as potte gebruik. Die voordeel van die melkkartonne is eerstens dat dit 'n regaf wand het, wat benodig is om die beweging van fosfor vas te stel. Tweedens kan die potte weggegooi word nadat dit met radio-aktiewe fosfor in aanraking was. Die potte is 7 by 7cm groot en 24cm diep. 'n Aantal gaatjies is in die bodem gemaak vir dreinerings.

Die klam grond is in die potte gegooi, liggies vasgeskud en tot 2cm van bo gevul. Sowat tien koringsade is op die grond geplaas en met 'n laag grond van een sentimeter diep bedek. 'n Lentekoring, SST 25, met 'n klein kouebehoefte is geplant. Die rede hiervoor is omdat die proef laat in die seisoen uitgevoer is. Verder moes die koring min spruit om 'n goeie droëmateriaalopbrengs in die kortste moontlike tyd te verkry.

Die potte is saam met twee behandelings van 'n ander proef ewekansig op drie tafels in die glashuis geplaas (Bylaag 3.1). Die ewekansige plasing is met behulp van 'n statistiese dobbelsteen volgens grond, behandeling en laastens fosforpeil uitgevoer. Die grond in die potte is goed benat, waarna 5 tot 10mm water elke dag toegedien is totdat die koring opgekom het.

Tabel 3.2 Grondontleding

Grond	A	B	C	D
Voedingstatus				
pH (H ₂ O)	5,8	6,1	7,5	5,8
pH (KCl)	4,9	5,3	6,8	5,0
P (Bray 1) mgkg ⁻¹	49	2	34	13
Ca (NH ₄ Ac)	339	438	806	421
Mg	64	93	207	107
K	96	186	146	188
Na	5	11	7	3
Totale uitruilbare katone				
Ca cmol(+)kg ⁻¹	1,69	2,19	4,02	2,10
Mg	0,53	0,77	1,71	0,88
K	0,25	0,48	0,37	0,48
Na	0,02	0,05	0,03	0,01
S-waarde	2,49	3,49	6,13	3,47
Katfoon uitruilkapasiteit	3,27	3,58	4,85	4,54
Basisversadiging (persent)	75,1	97,5	126,0	76,4
Korrelgrootteverspreiding				
Kleiner as 2mm (persent)	100	100	100	100
Sand	82	84	75	82
Slik	1	1	2	1
Klei	17	15	23	17
Tekstuurklas	Salm	Salm	Sakllm	Salm

Mikrosproeiers is in die glashuis gebruik vir besproeiing. Die toedieningstempo was laag genoeg sodat die grond nooit 'n kors gevorm het nie. Daar is gereeld besproei sodat watertekorte nie ontstaan het nie.

Die proef het as volg verloop:

Dag 0: Die potte is vir die eerste keer natgemaak. Die temperatuur in die glashuis is op 4°C minimum en 22°C maksimum gestel.

Dag 10: Die koring is uitgedun sodat ses plante per pot oorgebly het. Die minimum en maksimum temperatuur is na 8°C en 25°C respektiewelik verhoog. Die suurmengsel van behandeling drie is toegedien.

Dag 13: Die eerste inkrement stikstof ('n derde) is toegedien en daarmee saam is die kalium en stikstof, wat nodig was om die hoeveelhede op dieselfde peil te bring, ook toegedien.

Dag 25: Die tweede inkrement stikstof is toegedien.

Dag 35: Die derde inkrement stikstof is toegedien.

Dag 45: Die koring is geoes deur dit net bo die grondoppervlak af te sny. Die koring was 15 tot 30cm hoog en in die vlagblaarstadium.

3.3 ONTLEDINGSMETODES

3.3.1 Blaarmonsters

Die blaarmonsters is by 65°C gedroog. Die fosfor- en stikstofinhoud is bepaal deur middel van 'n geoutomatiseerde kolorimetriese metode op 'n Technicon Auto-Analyser 11 (1975) na natvertering met swawelsuur. Daar is 2ml van dieselfde verteringsvloeistof by 3ml Instagel in 'n 5ml telflessie gevoeg vir die bepaling van ³²P in die sintillasieteller, soos in hoofstuk 2 uiteengesit.

3.3.2 Grondmonsters

Die grondmonsters is gelugdroog, waarna dit deur 'n 2mm sif gesif is. Die volgende ontledingsmetodes is gevolg:

a. pH

Die pH is in 'n 1:2,5 grond:water en grond:KCl suspensie bepaal met behulp van 'n glaselektrode (Jackson, 1958; Steyn, 1958, FSSA, 1974).

b. Fosfor

'n Monster van 8g grond is geëkstraheer deur dit te skud vir 60 sekondes met 60cm³ Bray 1-ekstaheermiddel (Bray & Kurtz, 1945). Koolstof is by die suspensie gevoeg om steuringseffekte van organiese sure te verwyder en om die ekstrak te ontkleur. Een druppel flokkuleermiddel (Superfloc 127) is bygevoeg en fosfor is bepaal volgens die vanadomolibdaat kolometriese metode soos beskryf deur Chapman & Pratt (1961).

c. Radio-aktiewe fosfor

Twee milliliter van die Bray 1-ekstak is saam met 3ml Instagel in 5ml telflessies gevoeg en goed geskud. Die radiometriese bepaling van ³²P is met behulp van die vloeistofsintillasieteller, soos in hoofstuk 2 uiteengesit, uitgevoer.

d. Katione

'n Monster van 7,5g grond is geëkstraheer deur dit vir 30 minute te skud met 75cm³ 1moldm⁻³ ammoniumasetaat by pH 7. Natrium, kalium, kalsium en magnesium is met behulp van atoom-absorpsiespektrofotometrie bepaal (Jackson, 1958; Steyn, 1958; FSSA, 1974).

3.4 STATISTIESE VERWERKING

'n Analise van variansie is volgens SAS (SAS Institute INC, 1984) prosedures uitgevoer. Die kleinste betekenisvolle verskille is volgens Tukey uitgevoer op twee toetspeile, nl: $\alpha = 0,01$ en $\alpha = 0,05$ (99 persent en 95 persent akkuraatheidspeil). Waardes wat ooglopend afwyk (6 waardes), is verwerp en as vermiste waardes ingelees.

Lineêre regressies is met behulp van Supercalc 5 uitgevoer. Nie lineêre regressies is met behulp van 'n HP 85 statistiese pakket en rekenaar uitgevoer.

3.5 BEWEGING VAN FOSFOR

Behandeling drie en vyf van die potproef is gebruik om die beweging van fosfor te bepaal. Die grond van behandeling vyf is vooraf tot veldkapasiteit benat en vir drie dae laat staan voordat die kunsmis toegedien is soos beskryf in paragraaf 3.2.3.

Na toediening van die suurmengsel van behandeling vyf is die potte gelaat sodat die vrywater dreineer. Daarna is die grond in lae van een sentimeter elk verdeel. Behandeling drie is as deel van die potproef saam met die ander behandelings geplant. Nadat die koring ge-oes is, is die grond ook in lae verdeel. Daardeur kon die invloed van tyd, gereelde watertoedienings en plantegroei bepaal word.

Die ^{31}P en ^{32}P is met behulp van 'n Bray 1-ekstraksie bepaal. Daar is aangeneem dat die verhouding $^{31}\text{P}:^{32}\text{P}$ dieselfde sal wees as dié in die toegediende kunsmis. Die ^{32}P tellings is verwerk na mgP per grondlaag.

3.6 BLAAROPNAME TYDENS SPROEIBEMESTING

Vyf eenvormige mielieplante van ongeveer 0,5m hoog is natgespuit met 10mm water teen 'n tempo van 25mmuur^{-1}

en 370kg ha^{-1} 2:3:2(15) (24kg Pha^{-1}) is daarmee saam toegedien. Die kunsmis is net na 8:00 toegedien en om 12:00 is die boonste drie blare aan een kant gepluk. Om 18:30 is drie blare aan die teenoorgestelde kant gepluk asook die res van die plant. As kontrole is vyf plante met skoon water benat. Die blare is ontleed vir 31p en 32p.

HOOFSTUK 4

REAKSIE VAN SUURMENGSELS IN WATER

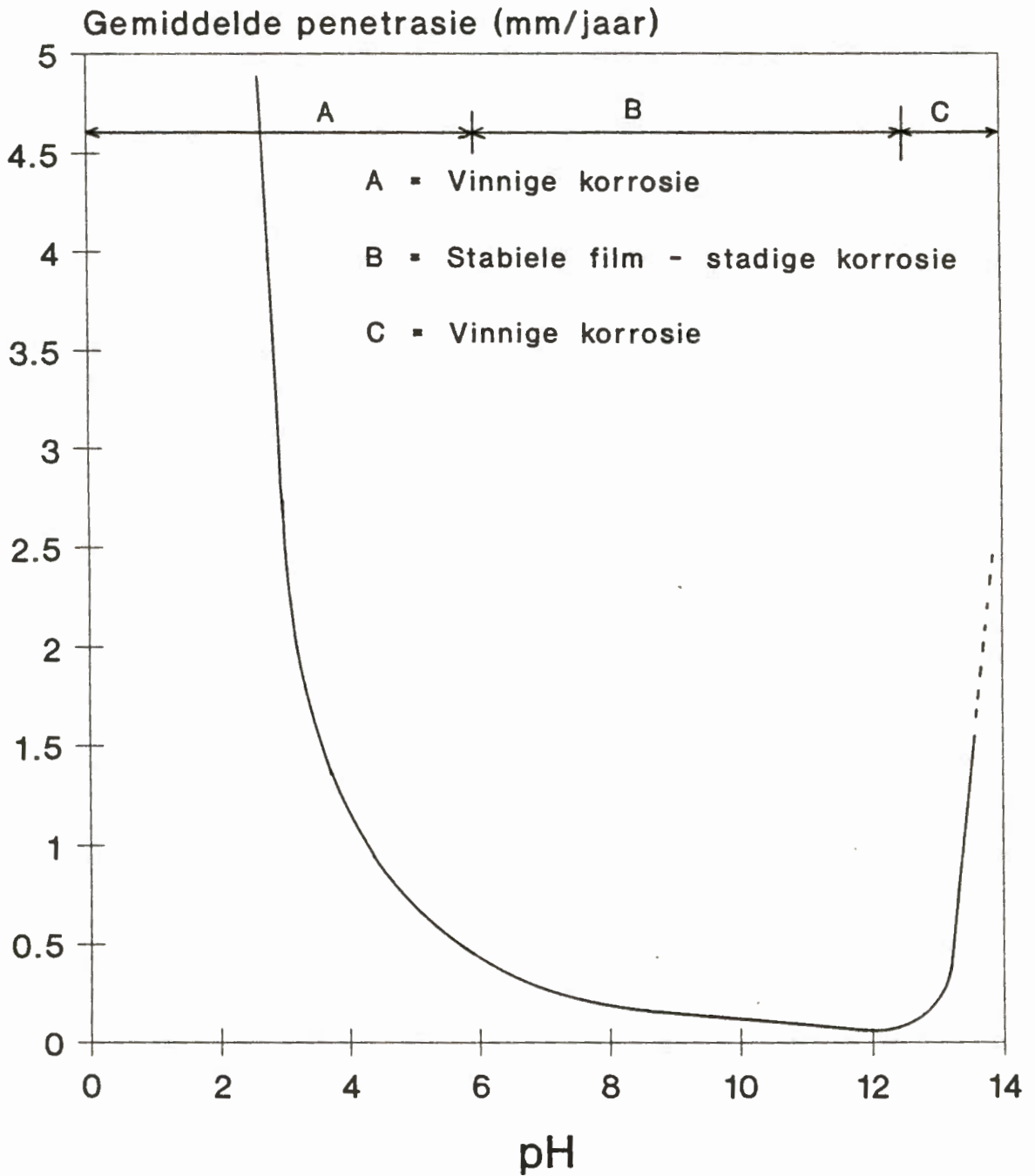
4.1 INLEIDING

Die toediening van kunsmisstowwe deur die besproeiingswater hou groot voordele vir die boer in, maar hou ook gevare in deurdat chemiese reaksies plaasvind tussen die soute in die water en die kunsmis. Aangesien suurmengsels ongeneutraliseerde fosforsuur bevat, is die gevaar van korrosie groot.

4.1.1 Korrosie

Korrosie kan gedefinieer word as enige chemiese of elektrochemiese interaksie tussen 'n metaal en die omgewing, wat tot 'n verlies van die metaal aan die omgewing lei (Havemann, 1987:114). Verskillende tipes korrosie kan onderskei word, maar besproeiingstelsels is veral aan galvaniese korrosie onderhewig. Die byvoeging van kunsmisstowwe kan die proses beïnvloed, afhangende die tipe stof, konsentrasie, pH, vloeisnelheid en tipe materiaal.

Indien sink en yster saam voorkom, sal sink eerste korrodeer. Daarom word sink gebruik om staal te galvaniseer. Sink vorm verder 'n laag oksiedes, karbonate en silikate wanneer dit blootgestel word aan die atmosfeer, wat die korrosie-proses verder vertraag. Hierdie laag vorm slegs binne 'n sekere pH-bereik soos in figuur 4.1 aangetoon word. Buite dié bereik is die verweringsprodukte oplosbaar en vind korrosie teen 'n hoë tempo plaas. Die veilige pH-bereik vir sink is tussen 6 en 12 (Havemann, 1987:115).



Figuur 4.1 Die invloed van pH op die tempo van sinkkorrosie
(Havemann, 1987:115)

Alhoewel aluminium 'n soortgelyke laag vorm, is die laag dunner, maar sterker aan die metaal gebind. Die oksiedlaag is weerstandbiedend tussen 'n pH van 4,5 en 8,5. Aluminium kan dus suurder toestande verdra en is veral geskik waar die water hoë konsentrasies sulfaat bevat.

In water neig metale om te korrodeer. Die proses word grootliks beïnvloed deur die oplosbare soute en gasse in die water. Sagte water ($<50\text{mgkg}^{-1}\text{ CaCO}_3$) is meer bevorderlik vir korrosie as harde water ($>200\text{mgkg}^{-1}\text{ CaCO}_3$).

Min karbonate kom in natuurlike water voor, omdat die koolsuurgasdruk gewoonlik voldoende is om die karbonate na bikarbonate om te skakel (Sienko & Plane, 1961:389). Sodra 'n tekort aan koolsuurgas egter ontstaan, styg die pH effens en begin CaCO_3 presipiteer (Havemann, 1987:117). Hierdie water word beskou as nie-korrosief.

Ander soute kan ook korrosie beïnvloed. Suurstof is van die belangrikste elemente wat korrosie kan versnel. Natriumchloried versnel korrosie tot by 'n konsentrasie van drie persent, waarna die tempo van korrosie daal met 'n verdere verhoging in soutkonsentrasie. Organiese materiaal kan sure vrystel wat korrosie versnel. Faktore soos die pH, vloeitempo en temperatuur is die belangrikste omgewingsfaktore wat korrosie beïnvloed (Havemann, 1987:117).

4.1.2 Reaksies van suurmengsels in water

Die kwaliteit van besproeiingswater het 'n belangrike invloed op die sukses van sproeibemesting. Hoewel verskillende elemente bydra tot die totale soutinhoud, speel die totale konsentrasie soute, kalsium, magnesium en bikarbonaatinhoud die belangrikste rol (Wolf et al., 1985:14-5).

Met sagte water kom probleme selde voor. Harde water lewer egter baie meer probleme, omdat ammoniumfosfaat presipiteer (Wolf et al., 1985:14-5; Van Niekerk, 1987:105; Buys, 1986:159). Onoplosbare kalsium-, magnesium- of ysterfosfate vorm wat teen die wande van die pype neerslaan en veral druppers kan verstop (Wolf et al., 1985:14-6). Presipitasie geskied nie by hoë konsentrasies fosfaat nie, maar wel by lae konsentrasies soos wat in die praktyk voorkom (Wolf et al., 1985:14-6).

Die probleem kan oorbrug word deur die mengsel aan te suur met fosforsuur sodat die pH laer as 4 is (Achorn, 1984; Wolf et al., 1985:14-7). Polifosfate verminder ook presipitasie aangesien polifosfate meer kalsium en magnesium presipiteer as ortofosfaat (Wolf et al., 1985:14-5). Hoe meer polifosfate in die mengsel teenwoordig is, hoe minder presipitaat vorm. In die geval van water met 'n baie hoë kalsium- en magnesiuminhoud sal probleme egter steeds voorkom.

4.1.3 Suurbehandeling

Besproeiingswater kan met verskeie sure aangesuur word om presipitasie van kalsium- en magnesiumkarbonate en fosfate te voorkom. Swawelsuur en soutsuur word algemeen gebruik om veral druppers skoon te hou. Te veel suur kan egter korrosie van metaal en sement veroorsaak. Indien kunsmisstowwe gebruik word wat suur is, hoef dit nie verder aangesuur te word nie (Achorn, 1984).

Volgens Wolf et al., (1985:14-7) sal water met 'n pH van 6,5 nie metaalpipe en sementvore korrodeer nie, maar kalsiumpresipitasie sal verminder. Ysteroksiderende bakterië word beheer by 'n pH van 4,0 en 'n pH van laer as 2,0 is nodig om verstoppte pype skoon te maak.

Kunsmisprodukte soos droë ureumfosfaat wat opgelos word of suurmengsels met fosforsuur as basis, kan met sukses vir spoeibemesting in harde water gebruik word (Achorn, 1984; Grobbelaar, 1980:9; Wolf et al., 1985:14-7).

4.2 PROSEDURE

Die neutralisasie van suurmengsels in besproeiingswater en korrosieproefprosedures word in paragraaf 3.1 uiteengesit.

4.3 RESULTATE EN BESPREKING

4.3.1. Neutralisasie van suurmengsels in water

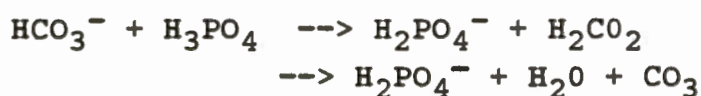
Die resultate van die neutralisasie van suurmengsels in water word in tabel 4.1 saamgevat.

Tabel 4.1 Die neutralisasie van suurmengsels in water.

Waternommer	4	17	23
Elektriese geleiding (mSm^{-1})	19,55	57,5	82,1
Karbonaat + bikarbonaat ($\text{mmol}(-)\text{dm}^{-3}$)	1,38	5,1	7,0
Neutrtalisasiepunt (ml)			
2:3:2(15) standaard	800	183	177
0:2:3(12)	960	280	341
2:3:2(15) nie geammonifiseer	1180	417	266
H_3PO_4	5680	1720	1590
Verdunning by pH 6			
2:3:2(15) standaard	1650	420	337
0:2:3(12)	2150	500	450
2:3:2(15) nie geammonifiseer	2400	705	605
H_3PO_4	10500	3350	2570

Aangesien die tempo van sinkkorrosie daal by 'n pH hoër as 6, is die verdunningfaktor by pH 6 ook ondersoek. Die neutralisasiepunt sowel as die verdunning by pH 6, is teen die karbonaat- plus bikarbonaatinhoud en die elektriese geleiding gestip soos in figure 4.2 tot 4.5 aangedui word.

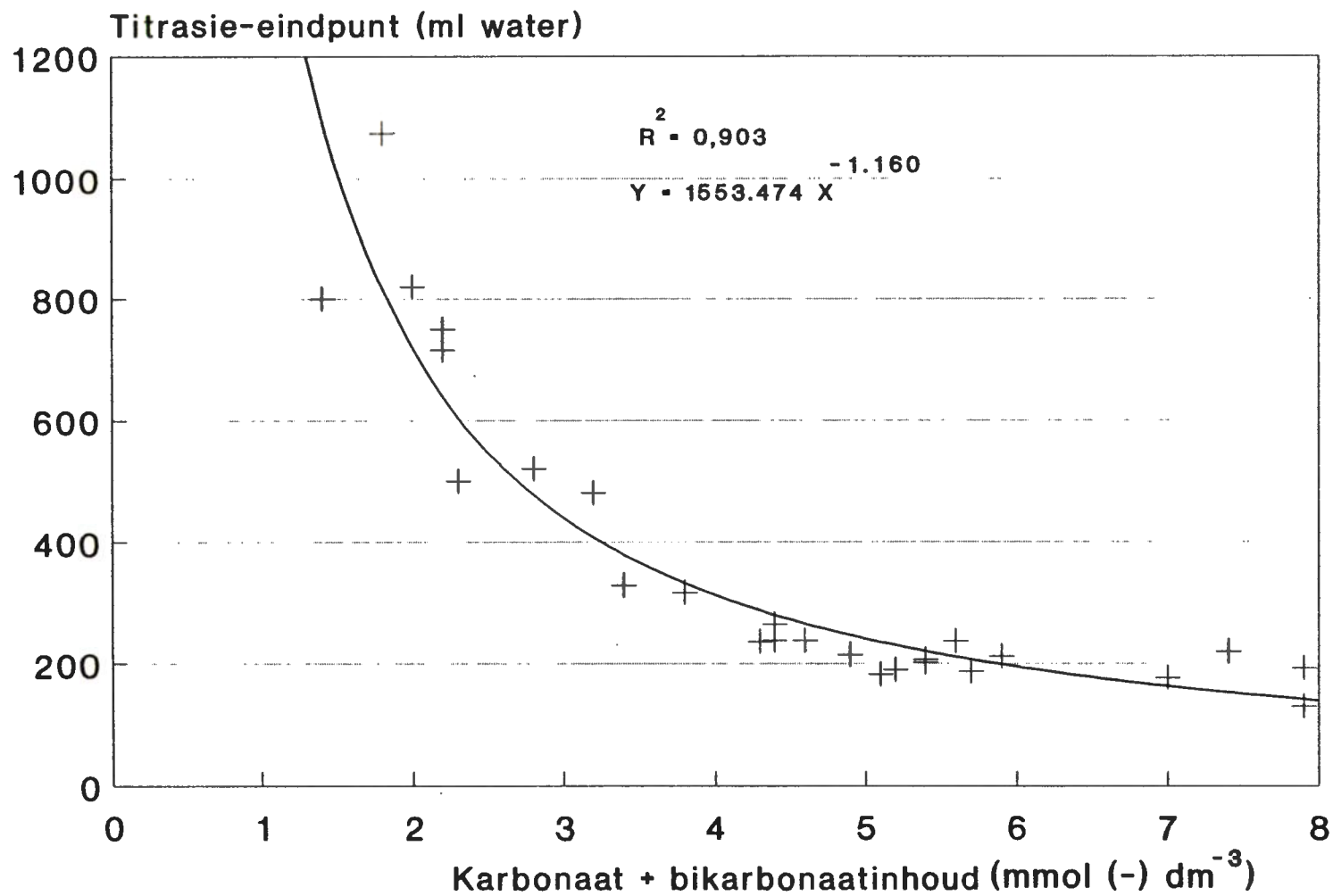
Hoewel die samestelling van natuurlike water kompleks is, is bikarbonaat die sterkste alkali en kan die reaksie as volg voorgestel word:



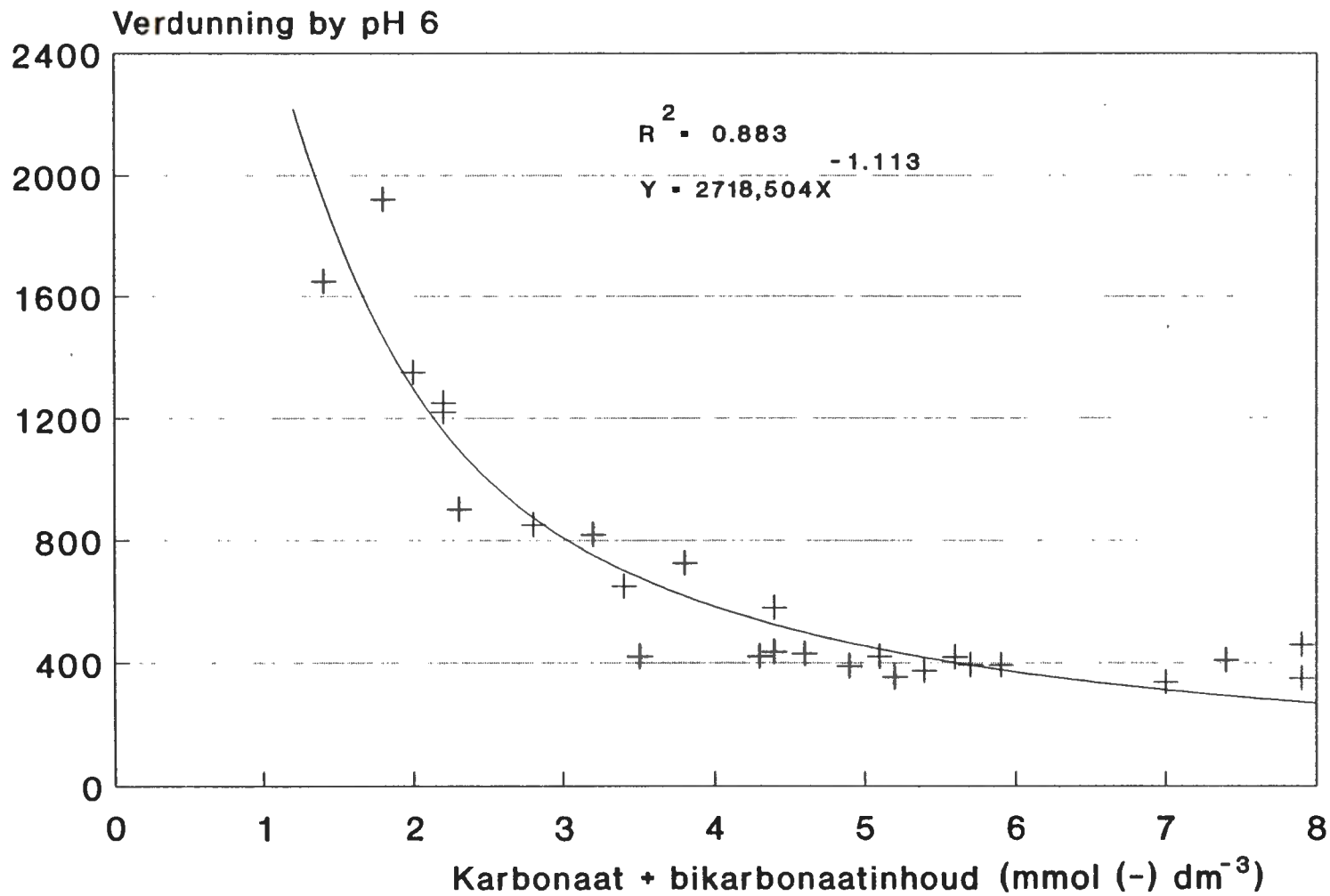
Die reaksie word bevestig deur die goeie korrelasie wat tussen die karbonaat- plus bikarbonaatinhoud en die eindpunt verkry is (Figuur 4.2). 'n Korrelasie van 0.903 is vir die neutralisasiepunt en 0.883 vir die verdunning by pH 6 onderskeidelik verkry.

Die elektriese geleiding verklaar die reaksie baie swakker. 'n Korrelasie van 0,797 is vir die neutralisasiepunt en 0,729 vir die verdunning by pH 6 verkry. Die swakker korrelasie kan toegeskryf word aan die feit dat die bikarbonaatinhoud nie saam met die elektriese geleiding verhoog nie. Ander soute, soos chloried en sulfaat, speel 'n belangriker rol ten opsigte van die elektriese geleiding in dié water.

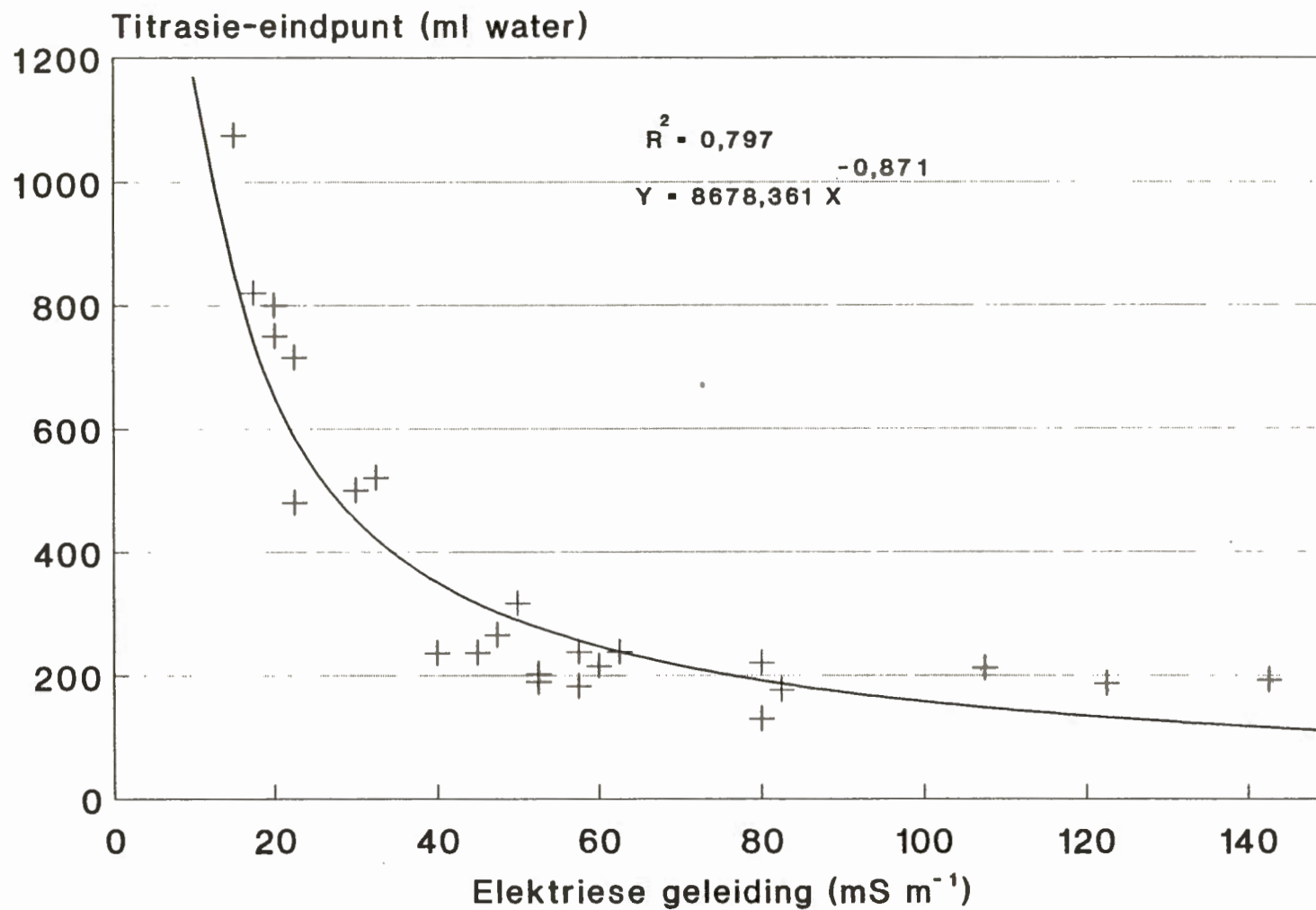
Tydens die toediening van kunsmisstowwe word 'n verdunningsfaktor van ongeveer 200 reeds bereik indien 'n spilpunt teen maksimum spoed gestel word. Om 'n verdunningsfaktor van tussen 200 en 600 te bereik is dus prakties moontlik. Die hoë verdunningsfaktor impliseer egter dat tussen 15 en 35mm water toegedien moet word. Suurmengsels op winterkoring moet tydens die voorafbenatting of na opkoms toegedien word, sodat die grond voldoende kan afdroog vir bewerking. Om 'n ver-



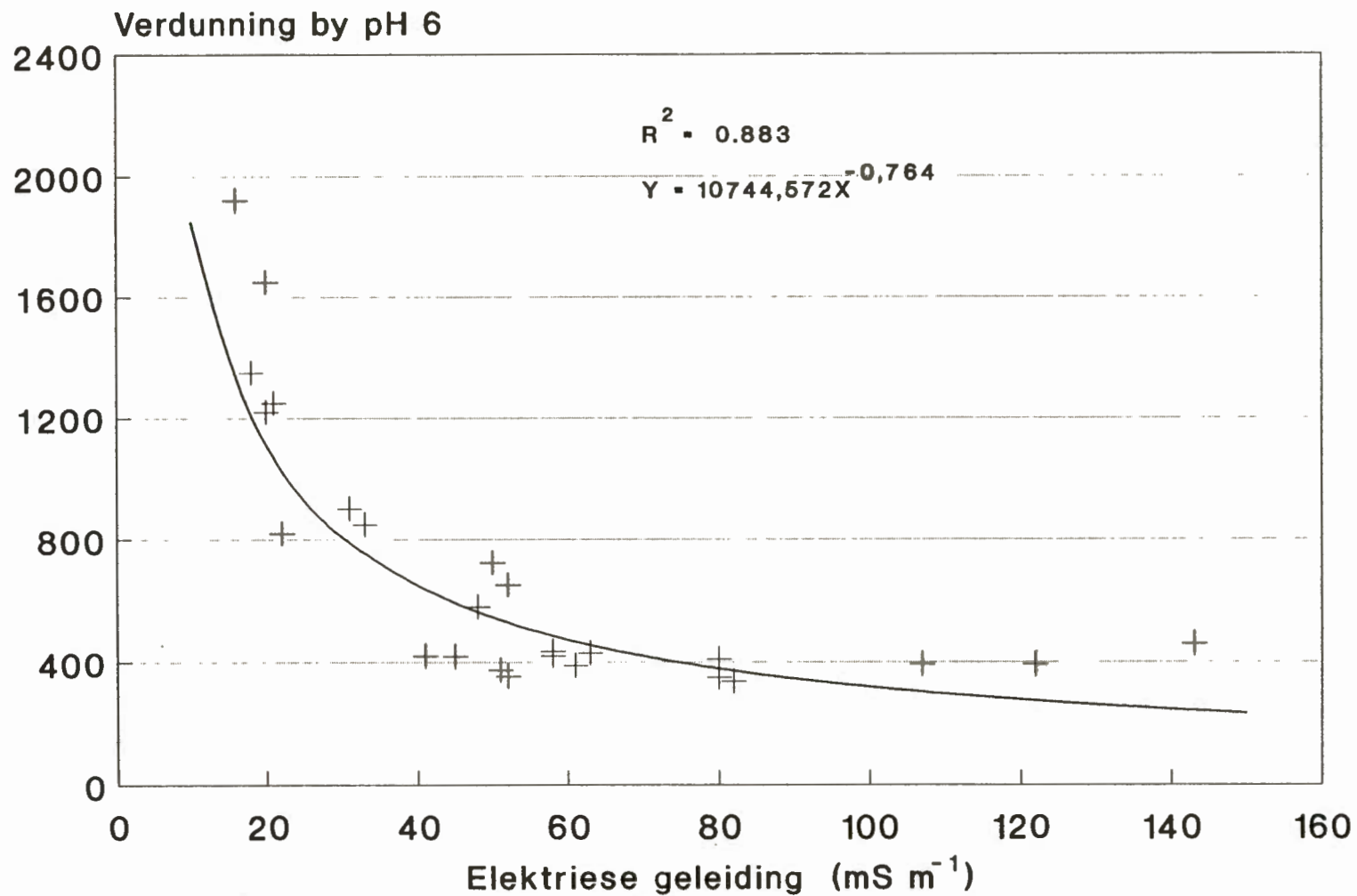
Figuur 4.2 Die verwantskap tussen die karbonaat plus bikarbonaatinhoud van water en die titrasie-eindpunt van 2:3:2(15) suurmengsel



Figuur 4.3 Die verwantskap tussen die karbonaat plus bikarbonaatinhoud en die verdunning van 2:3:2(15) suurmengsel by pH 6



Figuur 4.4 Die verwantskap tussen die elektriese geleiding en die titrasie eindpunt van 2:3:2(15) suurmengsel



Figuur 4.5 Die verwantskap tussen die elektriese geleiding en die verdunning van 2:3:2(15) suurmengsel by pH 6

dunning van 800 en hoër te bereik, is moeilik en onprakties.

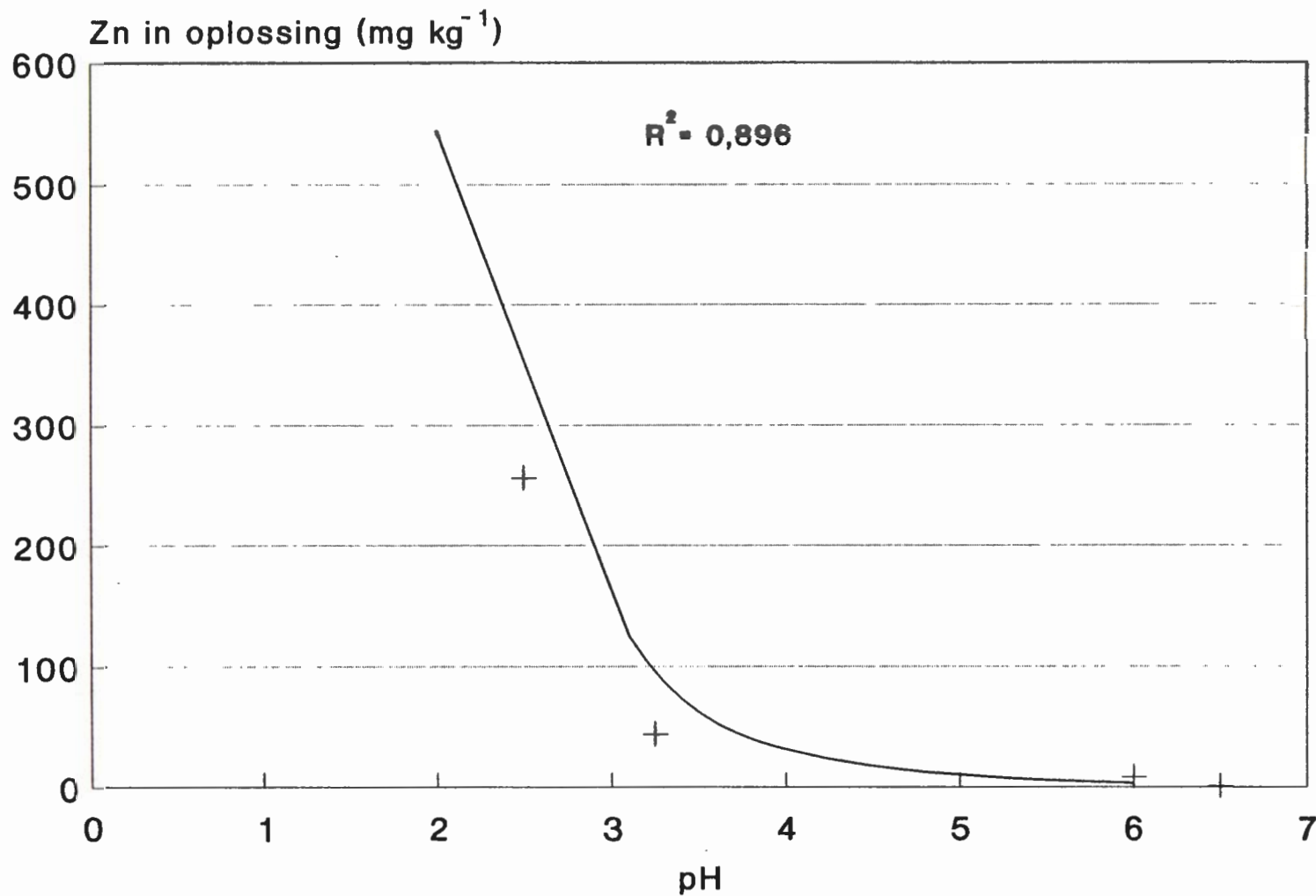
4.3.2 Korrosie

Die sink is byna totaal gekorrodeer in die skoon suurmengsel. Die korrosie neem sigbaar af soos die pH toeneem. Die konsentrasie sink in die vloeistof word in tabel 4.2 uiteengesit.

Tabel 4.2 Die pH en konsentrasie sink in oplossing by verskillende verdunnings van 2:3:2(15)+Zn.

Behandeling	pH van oplossing	Sinkkonsentrasie (mgdm^{-3})	
		Dag 1	Dag 5
Onverdun	1,36	3625,0	4750,0
50 x verdun	2,42	256,3	550,0
175 x verdun	3,23	43,8	45,0
420 x verdun	6,02	8,5	20,8
1000 x verdun	6,44	1,0	15,1
water	6,94	15,0	51,0
KV		9,12	22,73
$\text{KBV}_T(0,05)$		143,52	462,5

Betekenisvolle verskille kom tussen die suurmengsel, 50 keer en 175 keer verdun, voor. Die hoë sinkkonsentrasie in die skoon water kan aan suurdampe toegeskryf word, aangesien die water en onverdunde kunsmis langs mekaar gestaan het. Sodra die pH 6 nader, is die konsentrasie sink in oplossing baie laer en kom geen betekenisvolle verskille voor nie. Dié tendens kom duidelik na vore in figuur 4.6. Die kurwe is soortgelyk aan dié van Havemann (1987:115), hoewel die draaipunt vroeër is en die korrosietempo reeds laag is vanaf 'n pH van 5. Aanduidings in die literatuur (Havemann,



Figuur 4.6 Die verwantskap tussen die konsentrasie sink in oplossing na 16 uur en die pH van die verdunde suurmengsel

1985:115; Wolf et al., 1985:14-7) dat 'n pH van 6 veilig is vir gebruik in gegalvaniseerde besproeiingstelsels, word deur hierdie resultate bevestig.

4.3.3 Presipitaat

Indien suurmengsels in water verdun word, word 'n presipitaat waargeneem wat die oplossing melkerig laat voorkom. Die presipitaat kom voor sodra die pH hoër as 2 styg, ongeag die kwaliteit water wat gebruik word. Die presipitaat vorm selfs tydens verdunning met gedistilleerde water, wat daarop dui dat onsuiverhede vanuit die kunsmis presipiteer. Die presipitaat is ryk aan yster, kalsium en fosfor.

Die konsentrasie presipitaat in die besproeiingswater is baie laag en die presipitaat bly lank in suspensie. Daar is gepoog om vas te stel hoeveel fosfor presipiteer. Volgens die resultate van kunsmisontledings wat uitgevoer is op verdunde oplossings van 2:3:2(15), is dieselfde hoeveelheid fosfor teenwoordig as wat bereken is. Geen verdere presipitasie of verstoppings is in besproeiingstelsels waargeneem nie, wat aanduidings in die literatuur (Wolf et al., 1985:14-7; Achorn, 1984) dat presipitasie bekamp kan word met kunsmismengsels wat reeds suur is, bevestig.

HOOFSTUK 5

OPNAME VAN FOSFOR

5.1 INLEIDING

5.1.1 Plasing van fosfor

'n Verskeidenheid bemestingspraktyke bestaan ten opsigte van die plasing van kunsmis en spesifiek dié van fosfor. Die voor- en/of nadele van 'n groot aantal praktyke hang van praktiese oorwegings af. Daar bestaan egter ook agronomiese voor- en nadele ten opsigte van elk en daarom kan navorsingsresultate totaal verwarrend wees waar metodes van plasing teen mekaar opgeweeg word. Variasies in grond-, klimaat- en gewassituasies kan oor die kort en langtermyn die resultate beïnvloed.

Die reaksie, veral die sigbare reaksie, van plante op fosforbemesting is grootliks in 'n jong stadium merkbaar (Sharpley, 1986:955; Robertson, Hutton & Thompson, 1958:431; Sleight, Sander & Peterson, 1984:340; Maxwell et al., 1984:246; Spiva, 1980; Mc Connell, Sander & Peterson, 1986:148). 'n Positiewe reaksie op fosfortoediening word selfs op gronde met 'n hoë voedingstatus verkry, veral met klein hoeveelhede naby die pit (aanhitser) (Sharpley, 1986:955; Spiva, 1980).

Die reaksie van fosfor, soos gemeet aan totale fosforopname en opbrengs, verdwyn later in die seisoen (Robertson et al., 1958:434; Maxwell et al., 1984:246; Mc Connell et al., 1986:153). Westerman en Edlund (1985:809) het bandplasing en breedwerpige toediening oor die langtermyn geëvalueer en die aanvanklike voordele van bandplasing het oor tyd verdwyn. Indien daar oor die langtermyn volgehou word met 'n bemestingspraktyk, is die uiteindelijke resultate volgens Westerman en Edlund (1985:803) dieselfde.

5.1.2 Faktore wat die opname van fosfor bepaal

a. Wortelkontak

Die oorheersende faktor wat fosforopname bepaal, is wortelkontak (Sleight et al., 1984:336; Raun et al., 1987:1061; Pothuluri et al., 1986:991). Sleight et al., (1984:336) beweer dat beter wortelkontak eerder die reaksie van bandgeplaasde fosfor verklaar as die feit dat minder vaslegging in die band geskied.

Die plasing van fosfor sal slegs in 'n jong stadium die gewas beïnvloed (Maxwell et al. 1984:246). Plasing ver vanaf die pit sal aanvanklik veroorsaak dat minder fosfor opgeneem word en die plant sal aanvanklik stadig groei. Sodra die wortels die kunsmis bereik, het die plasing nie meer 'n invloed op die fosforopname nie. Indien die bogrond nie genoeg fosfor bevat nie, sal die plant fosfor uit die ondergrond onttrek en ook omgekeerd (Pothuluri et al., 1986:994; Murdock en Engelbert, 1958:56). Indien die bo- en ondergrond egter voldoende fosfor bevat, neem die plant tot 77 persent van die fosfor uit die bogrond op (Pothuluri et al., 1986:993).

b. Grondreaksie

Fosforopname word beïnvloed deur die reaksie van die kunsmis met die grond. Die voedingstatus of bufferkapasiteit van die grond sal grootliks die reaksie bepaal (Sharpley, 1986:957; Robertson et al., 1958:434). Sharpley (1986:957) vind 'n korrelasie van 0,98 tot 0,99 vir die opname van kunsmisfosfor deur winterkoring op 4 gronde teenoor die fosforstatus (Bray 1) van die bogrond (0-50mm).

Die doeltreffendheid van kunsmisfosforopname is oor die algemeen laag. Waardes van 8 tot 27 persent

word algemeen verkry (Robertson et al., 1958:432; Sharpley, 1986:957). Die opname van kunsmisfosfor is omgekeerd eweredig aan die fosforstatus van die grond (Robertson et al., 1958:432; Sharpley, 1986:957). 'n Opname van 60 tot 86 persent is deur Robertson et al. (1958:432) waargeneem waar 'n braak ("virgin") grond gebruik is. Beter opname word met bandgeplaasde fosfor verkry op gronde met 'n lae fosforstatus (Hergert, 1980; Maxwell et al., 1984:243).

c. Die vermoë van die plant om fosfor op te neem

Die reaksie van plante op toegediende fosfor varieer. Volgens Hergert (1980) is die opname van toegediende fosfor deur akkerbougewasse as volg:

koring > mielies = graansorghum > sojabone.

Tweesaadlobbige plante het die vermoë om sekere bronne, veral rotsfosfaat beter op te neem (Lategan en Louw, 1972:119; Marais et al., 1970:10)

d. Ander voedingstowwe

Die reaksie van plante op fosfor is beter indien fosfor saam met stikstof gebandplaas word (Spiva, 1980; Leikam et al., 1983:530). 'n Toename in kunsmisverbruik van tot 50 persent word verkry. Die gebruik van ammonium saam met fosfor lewer 'n hoër opname van fosfor as in die geval waar nitraat toegedien word (Westerman en Edlund, 1985:803; Raun et al., 1987:1055; Spiva, 1980; Leikam et al., 1983:530). Die opname van fosfor word nie deur die gelyktydige opname van kalium beïnvloed nie (Leikam et al., 1983:530).

5.1.3 Fosforbron

Die reaksie van verskillende fosforbronne word bepaal deur die fosfaatverbinding van die kunsmis.

Suurmengsels bestaan hoofsaaklik uit fosforsuur en 'n baie klein hoeveelheid ammoniumfosfaat. Volgens Tisdale en Nelson (1975:213) kan fosforsuur gelykwaardig aan gekonsentreerde superfosfaat (19-23%P) beskou word. Omdat fosforsuur in 'n vloeibare vorm is, mag fosforsuur volgens Tisdale en Nelson (1975:213) 'n beter bron as droë kunsmis wees om op die oppervlak toe te dien nadat geplant is.

Die reaksie van fosforsuur in die grond is soortgelyk aan dié van superfosfaat, behalwe dat daar nie kalsium teenwoordig is nie. Die kunsmis sal direk met kalsium, yster of aluminium in die grond reageer (Tisdale en Nelson 1975:228). 'n Voordeel van vloeibare kunsmis is dat die kunsmis nie water uit die grond onttrek om op te los nie. Ontkieming sal bevoordeel word indien kunsmis op die saad geplaas word (Wolf et al., 1985:13-9).

Tydens sproeibemesting word die suurmengsel saam met die water versprei. Fosfor sal dus met 'n groter volume grond kontak maak as in die geval waar korrels oplos en as gevolg van diffusie beweeg en met die grond reageer. Die voordeel hiervan is dat beter wortelkontak verkry kan word. Die nadeel daaraan verbonde is dat groter vaslegging kan geskied indien die adsorpsiekapasiteit van die grond hoog is.

Mono-ammoniumfosfaat (MAP) bevorder die opname van fosfor as gevolg van die teenwoordigheid van ammonium (Tisdale en Nelson, 1975:230; Westerman et al., 1985:803). Die hoeveelheid MAP teenwoordig in suurmengsels is baie klein, maar ammonium word ook in die vorm van ureum-ammoniunnitrat (UAN) bygevoeg tydens die vervaardiging van suurmengsels, wat die fosforopname kan verhoog.

5.2 PROSEDURE

'n Potproef met koring is in die glashuis uitgevoer soos in paragraaf 3.2 uiteengesit word. Die eerste vier behandelings word hier bespreek nl:

- 1 - GEEN - Kontrole.
- 2 - SMIN - Suurmengsel ingewerk.
- 3 - SMOP - Suurmengsel op oppervlak toegedien.
- 4 - DRIN - Droë kunsmis ingewerk.

Radio-aktiewe fosfor is gebruik om die hoeveelheid fosfor wat vanuit die kunsmis en grond opgeneem is, te onderskei. Daardeur kon die twee kunsmisbronne (droog versus suurmengsel) sowel as die twee toedieningspraktyke van kunsmis (oppervlaktoediening versus ingewerk) met mekaar vergelyk word.

5.3 RESULTATE

Die resultate soos weergegee is telkens die gemiddelde waardes van die twee fosforpeile. Dieselfde tendens het telkens by die afsonderlike peile voorgekom en waar verskille voorgekom het, is dit afsonderlik aangedui. Die berekende F-waardes word in bylae 5.1 aangedui. Behalwe waar aangedui is die KBV_T van die gemiddeld ook van toepassing op die verskille tussen die gronde.

5.3.1 Opbrengs

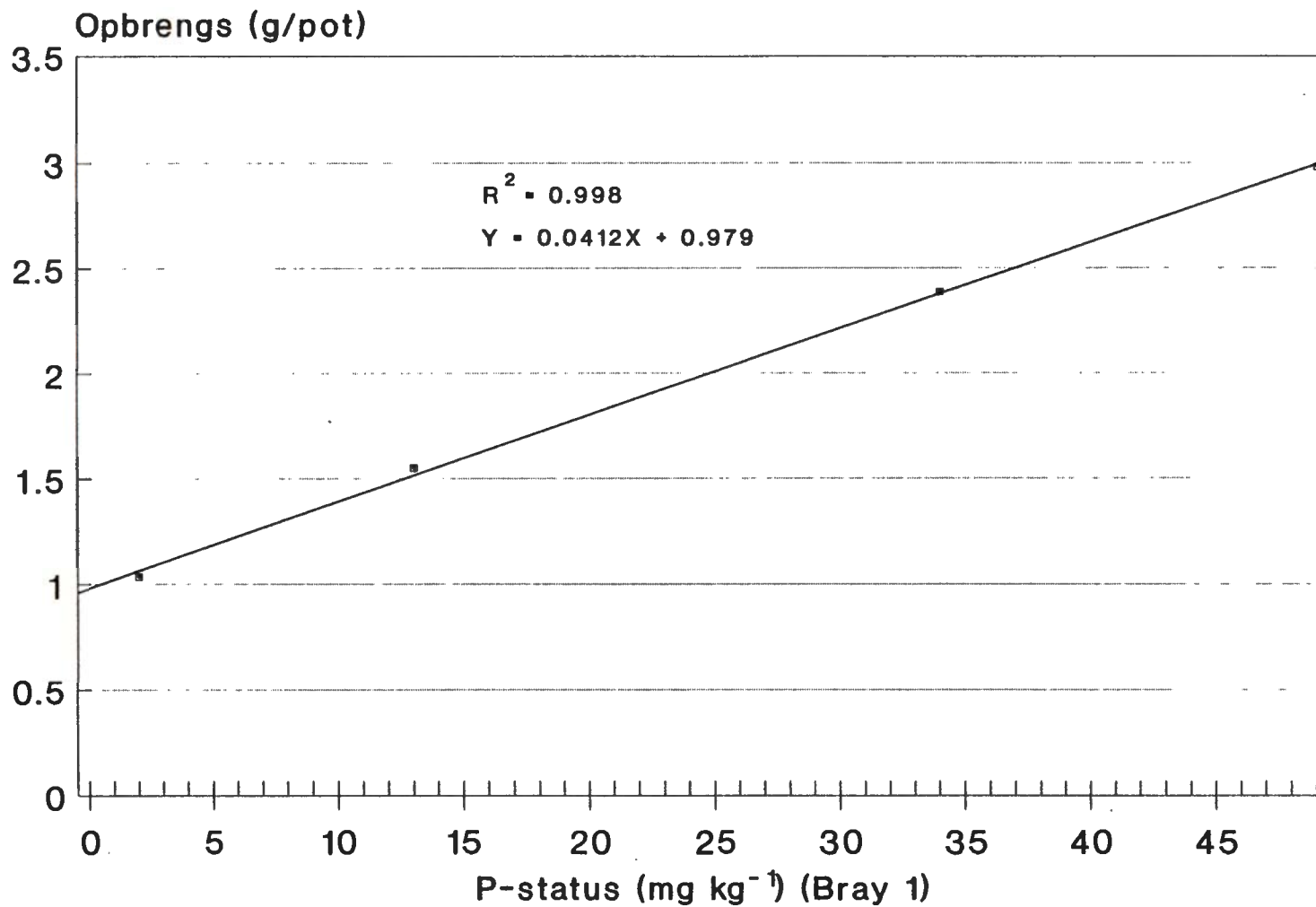
Die droëmateriaalopbrengs van die bogrondse groei is as maatstaf van opbrengs bepaal. Die koring was in die vlagblaarstadium en dus redelik ver gevorder in die vegetatiewe groeistadium. Duidelike verskille kon in die groeilengte waargeneem word. Die resultate verskyn in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Droëmateriaalopbrengs

Behandeling	Grond				
	A g/pot	B g/pot	C g/pot	D g/pot	Gemiddeld g/pot
SMOP	2,660	3,494	2,872	2,933	2,977
DRIN	2,670	3,452	2,791	2,756	2,917
SMIN	2,651	3,037	2,519	2,924	2,779
GEEN	2,978	1,032	2,385	1,550	1,965
GEM	2,742	2,716	2,652	2,525	2,659
KV	12,92	15,45	12,67	13,03	12,72
KBV _T (0,05)	0,434	0,522	0,425	0,409	0,202
KBV _T (0,01)	0,539	0,649	0,529	0,509	0,247
Hoë P	2,710	2,879	2,810	2,780	2,795
Lae P	2,772	2,553	2,484	2,296	2,527
KBV _T (0,05)	0,231	0,277	0,225	0,225	0,109
KBV _T (0,01)	0,310	0,372	0,303	0,292	0,144

Die hoogste opbrengs het in die geval van grond B voorgekom. Grond A het egter die hoogste gemiddelde opbrengs gelewer en is betekenisvol hoër as grond D.

Die hoë fosforpeil het 'n betekenisvol hoër opbrengs gelewer as die lae fosforpeil, behalwe in die geval van grond A. Die verlaging in opbrengs in die geval van grond A kan verklaar word deur die hoë fosforstatus van grond A en die hoë opbrengs van selfs die kontrole van grond A. Die kontrole het baie laer opbrengste gelewer waar die fosforstatus laer is in die geval van grond B en D. Soos in figuur 5.1 aangedui word, is 'n goeie



FIGUUR 5.1 Die verwantskap tussen die droëmateriaalopbrengs van die kontrole en die fosforstatus.

korrelasie ($R^2=0,99$) verkry tussen die opbrengs van die kontrole en die fosforstatus. Die korrelasie stem ooreen met die bevindings van Sharpley (1986:956).

Geen betekenisvolle opbrengsverskille bestaan tussen die twee bronne wat gebruik is of die twee toedieningsmetodes nie. Die tendens is egter dat die suurmengsel wat aan die oppervlak toegedien is, hoër opbrengste gelewer het. Dit kan verklaar word deur die moontlikheid van 'n bandplaas-effek waar die suurmengsel op die oppervlak gekonsentreerd gebly het (sien hoofstuk 6).

5.3.2 Die fosforstatus van die plante

Die fosforinhoud (^{31}P) van die bgrondse materiaal is bepaal. Die konsentrasie fosfor in die plante lewer 'n aanduiding van die hoeveelheid fosfor wat opgeneem is en die beskikbaarheid van fosfor. Die resultate word in tabel 5.2 aangedui.

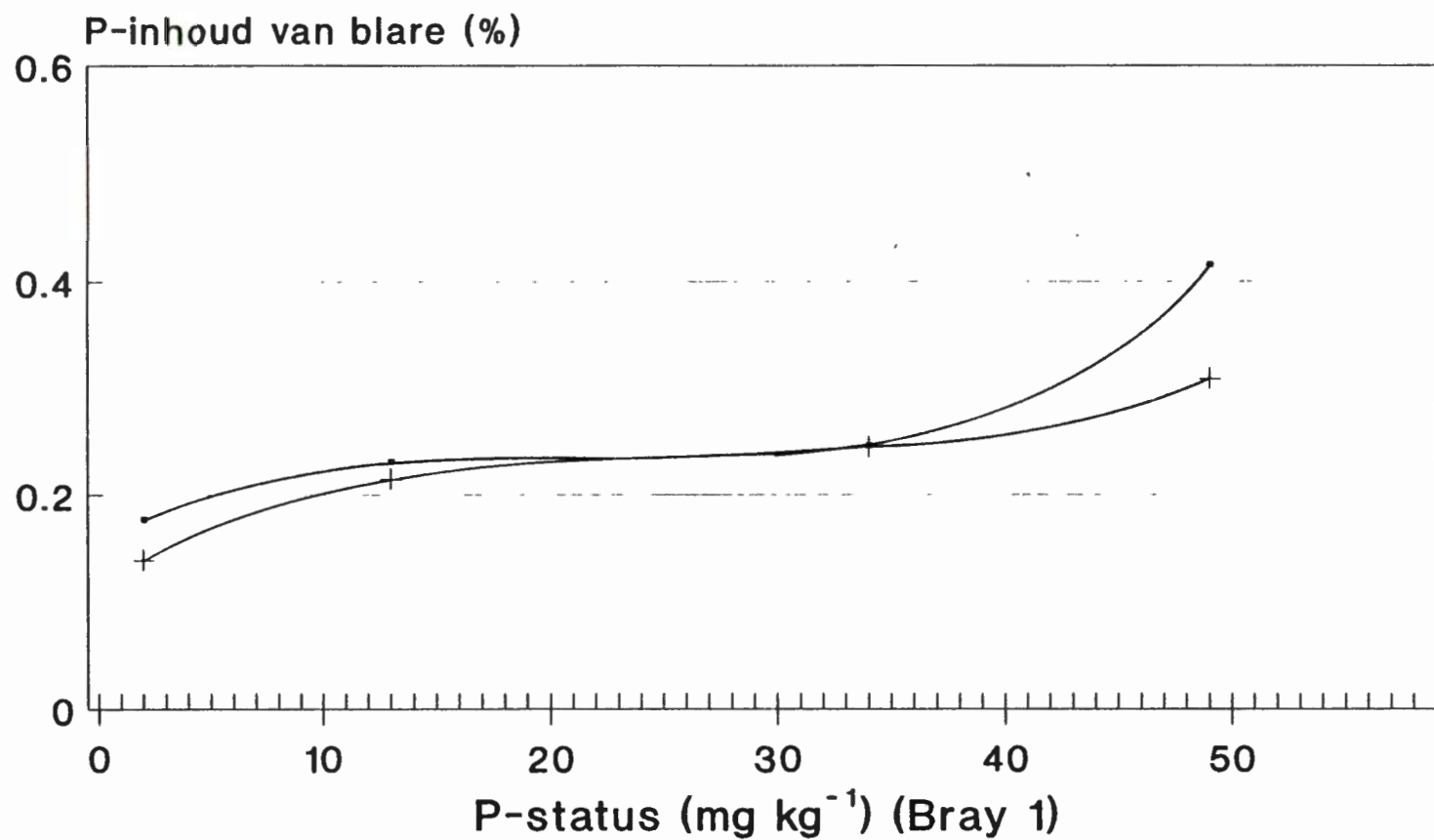
Die resultate kan ook vergelyk word met waardes wat in die praktyk verkry word. Volgens Reuter en Robinson (1988:85) is waardes van 0,15 tot 0,2 persent marginaal, 0,21 tot 0,5 persent voldoende en is waardes bo 0,51 persent hoog. Die waardes stem ooreen met die resultate van ontledings van 73 koringblaarmonsters, wat oor 'n aantal seisoene geneem is. 'n Gemiddelde waarde van 0,30 persent (standaard afwyking = 0,06 persent) is verkry (Anon., 1986). Die gemiddelde waarde van 0,27 persent stem dus ooreen met wat in die praktyk verkry is, hoewel die waarde nie hoog is nie.

Tabel 5.2 Fosforinhoud van plante

Behandeling	Grond				
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	Gemiddeld (%)
SMOP	0,458	0,202	0,237	0,263	0,292
DRIN	0,451	0,165	0,271	0,214	0,276
SMIN	0,444	0,200	0,229	0,229	0,275
GEEN	0,308	0,138	0,244	0,214	0,226
Gemiddeld	0,415	0,176	0,245	0,230	0,267
KV	14,00	14,56	16,01	21,24	15,89
KBV _T (0,05)	0,070	0,031	0,048	0,059	0,025
KBV _T (0,01)	0,087	0,039	0,059	0,073	0,030
Hoë P	0,463	0,201	0,260	0,243	0,293
Lae P	0,367	0,152	0,228	0,218	0,241
KBV _T (0,05)	0,037	0,017	0,026	0,031	0,013
KBV _T (0,01)	0,050	0,022	0,034	0,042	0,018

Hoogs betekenisvolle verskille kom voor tussen die vier gronde. Die verwantskap tussen die fosforstatus en die fosforinhoud van die plante word in figuur 5.2 geïllustreer. Luukse opname van fosfor het in die geval van grond A voorgekom en 'n fosfortekort het in die geval van grond B voorgekom. Opname in die geval van gronde C en D was voldoende, hoewel laag.

Die hoë fosforpeil het, met die uitsondering van grond D, gelei tot hoogs betekenisvolle hoër fosforinhoud in die plante. In die geval van gronde A en B het die kontrole ook 'n hoogs betekenisvol laer fosforinhoud



• Gemiddeld + Kontrole

Figuur 5.2 Die verwantskap tussen die fosforinhoud van die blare en die fosforstatus van die grond.

getoon. Groot verskille het veral in die geval van grond B voorgekom waar die plant slegs op kunsmisfosfaat aangewese was, wat gelei het tot 'n fosfortekort. Die lae fosforpeil was nie voldoende om genoeg fosfor aan die plant te voorsien nie. Eers waar die hoë fosforpeil toegedien is, het die plant voldoende fosfor opgeneem. (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 Fosforinhoud van plante op gronde A en B

Behandeling	A Lae P (%)	A Hoë P (%)	B Lae P (%)	B Hoë P (%)
SMOP	0,39	0,52	0,17	0,24
SMIN	0,37	0,52	0,16	0,24
DRIN	0,40	0,51	0,13	0,20
GEEN	0,31	0,31	0,14	0,14
Gemiddeld	0,37	0,46	0,15	0,20
KV	11,27	13,04	14,34	8,88
KBV _T (0,05)	0,08	0,11	0,04	0,03
KBV _T (0,01)	0,10	0,14	0,05	0,04

'n Luukse opname van fosfor het in die geval van die hoë fosforpeil op grond A voorgekom. Die kontrole het reeds voldoende fosfor opgeneem en die bemesting het gelei tot verdere opname van fosfor.

Verskille ten opsigte van die bron het slegs by grond B voorgekom waar die blaarfosfor op 'n tekort gedui het. Die suurmengsel het by beide toedieningsmetodes beter resultate gelever as die droë kunsmis. In die geval van die hoë fosforpeil kon die suurmengsel genoeg fosfor voorsien, daarom het die plant betekenisvol beter opname getoon as in die geval waar droë kunsmis toegedien is.

Die toedieningsmetode (oppervlaktoediening teenoor ingewerk) het nie 'n verskil ten opsigte van die fosforinhoud van die plante veroorsaak nie.

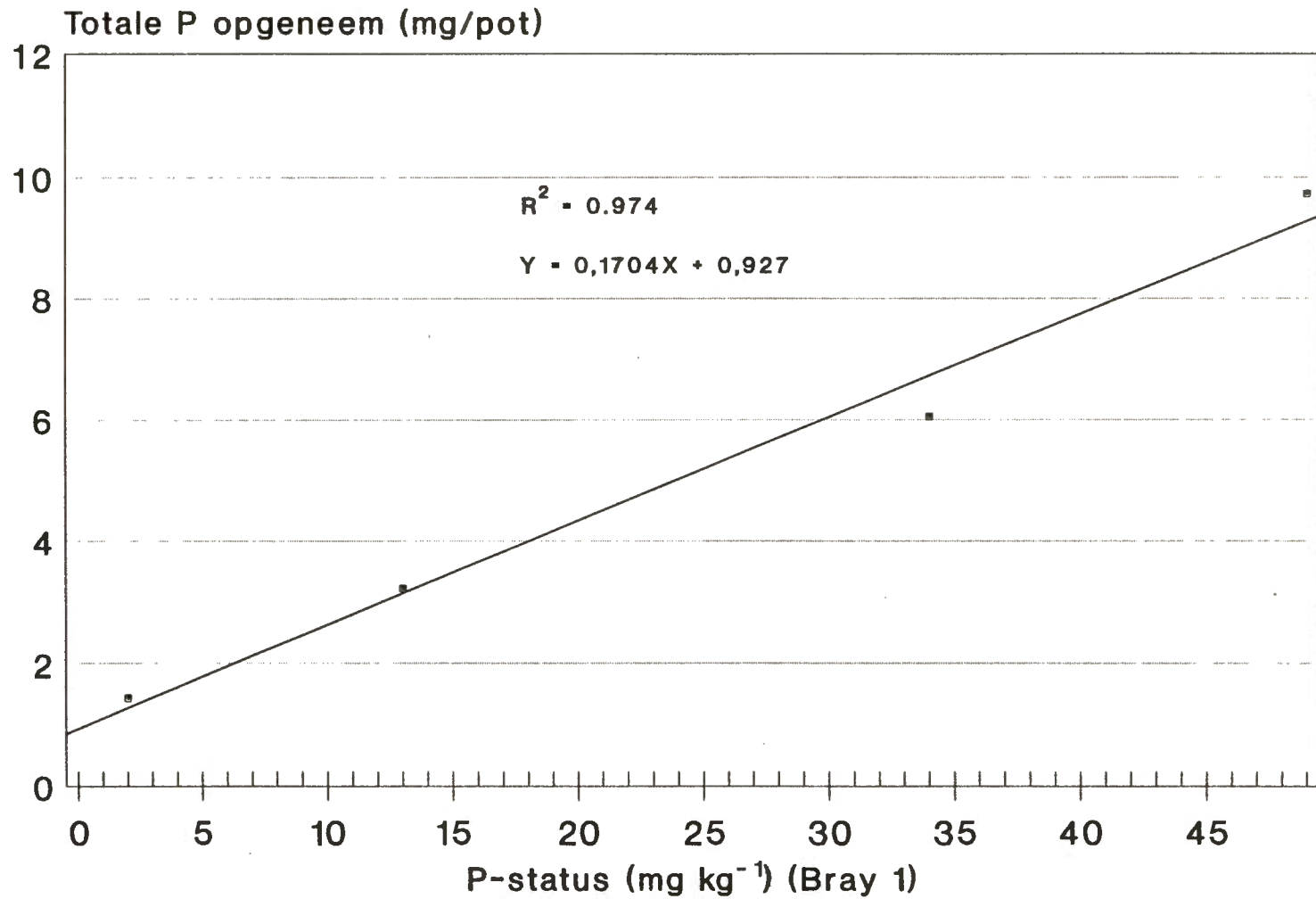
5.3.3 Totale fosfor opgeneem

Die totale hoeveelheid fosfor wat deur die bogrondse groei opgeneem is, is 'n funksie van die fosforinhoud van die plante en die droëmateriaalopbrengs.

Soos in die geval van die fosforinhoud van die plante, kom groot verskille tussen die gronde voor (Tabel 5.4). Grond A het hoogs betekenisvol meer fosfor opgeneem as

Tabel 5.4 Totale fosfor opgeneem

Behandeling	Grond				Gemiddeld mgP/pot
	A mgP/pot	B mgP/pot	C mgP/pot	D mgP/pot	
SMOP	12,139	7,187	6,785	7,761	8,501
DRIN	11,500	5,791	7,528	5,902	7,680
SMIN	11,670	6,030	5,813	6,633	7,560
GEEN	9,178	1,424	6,043	3,220	4,909
Gemiddeld	11,112	5,035	6,542	5,859	7,167
KV	14,49	21,79	13,61	20,17	14,48
KBV _T (0,05)	1,972	1,364	1,126	1,469	0,620
KBV _T (0,01)	2,453	1,697	1,403	1,828	0,757
Hoë P	12,126	6,155	7,358	6,878	8,169
Lae P	10,063	3,915	5,681	4,942	6,191
KBV _T (0,05)	1,049	0,724	0,597	0,781	0,333
KBV _T (0,01)	1,408	0,973	0,802	1,049	0,441



Figuur 5.3 Die verwantskap tussen die totale fosfor opgeneem deur die kontrole en die fosforstatus

grond C en D. Daarenteen het grond B hoogs betekenisvol minder fosfor opgeneem as grond C en D. Waar geen fosfor toegedien is nie, is die totale fosforopname direk eweredig aan die fosforstatus van die grond, soos in figuur 5.3 aangetoon word. Die luukse opname van fosfor in die geval van grond A word ook hier weerspieël.

Die hoë fosforpeil het deurgaans tot 'n hoogs betekenisvolle hoër fosforopname gelei. Die kontrole het ook 'n laer fosforopname getoon, hoewel nie in alle gevalle betekenisvol nie. 'n Positiewe reaksie is dus verkry op fosfortoediening.

Hoewel dit nie by al die gronde die geval was nie, is die gemiddelde fosforopname van die suurmengsel wat op die oppervlak toegedien is, betekenisvol hoër. Die hoër opname van fosfor kan toegeskryf word aan beter wortelkontak waar die fosfor meer gekonsentreerd na aan die oppervlak voorgekom het. Tussen die twee fosforbronne was daar nie 'n betekenisvolle verskil nie.

5.3.4 Grondfosfor opgeneem

Met behulp van die radio-aktiewe fosfor kon daar onderskei word tussen die fosfor afkomstig van die grond en die kunsmis. Die resultate word in tabel 5.5 aangedui.

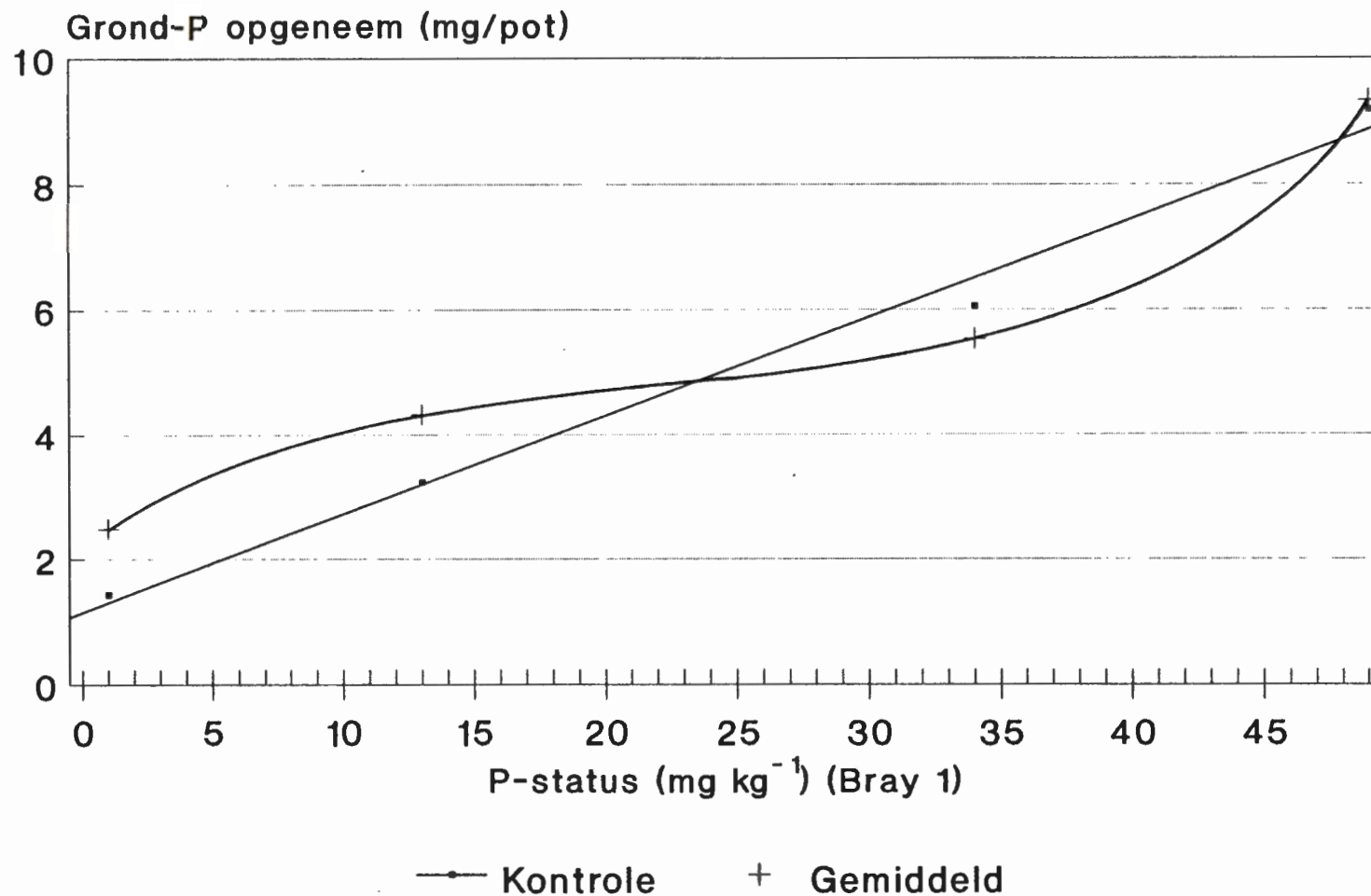
Groot verskille bestaan ten opsigte van die verskillende gronde en hou verband met die fosforstatus van die grond. Soos in figuur 5.4 en 5.5 aangetoon word, het 'n hoër fosforstatus gelei tot 'n hoër fosforopname vanuit die grond.

Tabel 5.5 Grondfosfor opgeneem

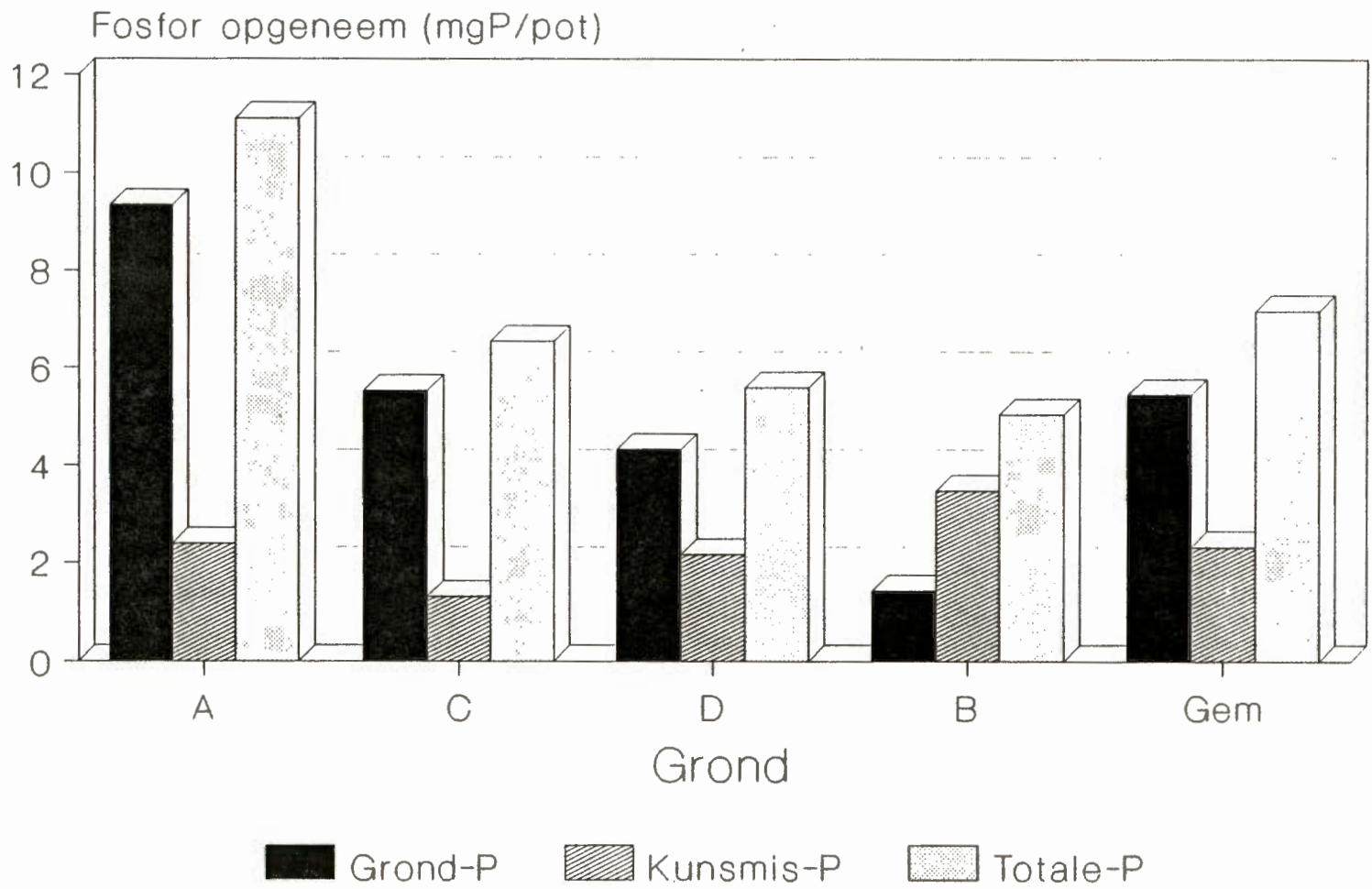
Behandeling	Grond				
	A mgP/pot	B mgP/pot	C mgP/pot	D mgP/pot	Gemiddeld mgP/pot
DRIN	9,744	3,007	6,598	4,249	5,899
SMIN	9,629	2,937	4,925	4,874	5,610
SMOP	8,822	2,606	4,733	4,985	5,355
GEEN	9,178	1,424	6,043	3,220	4,909
Gemiddeld	9,333	2,477	5,522	4,320	5,438
KV	13,69	16,75	14,45	20,31	16,48
KBV _T (0,05)	1,565	0,557	1,009	1,091	0,536
KBV _T (0,01)	1,946	0,694	1,257	1,358	0,654
Hoë P	9,778	2,828	5,927	4,537	5,733
Lae P	8,910	2,326	5,093	4,126	5,150
KBV _T (0,05)	0,832	0,30	0,534	0,580	0,288
KBV _T (0,01)	1,117	0,398	0,719	0,779	0,380

In die geval van gronde A en D het die hoë fosforpeil nie tot betekenisvolle hoër fosforopname gelei nie. Op gronde B en C het die hoër fosforpeil wel tot 'n betekenisvolle hoër grondfosforopname gelei. Die hoër fosforopname in die geval van grond B kan verklaar word deur die beter groei wat gelei het tot 'n hoër opname. Die hoogs betekenisvolle verhoging in fosforopname van grond C kan nie verklaar word nie.

Geen verskille het ten opsigte van die bron of toedieningsmetode voorgekom nie, behalwe in die geval van grond C. Die tendens is dat waar die suurmengsel op



Figuur 5.4 Die verwantskap tussen die grondfosfor opgeneem en die fosforstatus



Figuur 5.5 Die hoeveelheid fosfor opgeneem uit verskillende bronne

die oppervlak toegedien is, 'n laer opname van grondfosfor plaasgevind het, wat verband hou met die hoër opname van kunsmisfosfor.

5.3.5 Kunsmisfosfor opgeneem

Die kunsmisfosfor is uitgedruk in mgP/pot (Tabel 5.6) en ook as 'n persentasie van die totale fosfor opgeneem (Tabel 5.7).

Tabel 5.6 Kunsmisfosfor opgeneem

Behandeling	Grond				
	A mgP/pot	B mgP/pot	C mgP/pot	D mgP/pot	Gemiddeld mgP/pot
SMOP	3,32	4,58	2,05	2,77	3,14
SMIN	2,04	3,09	0,89	1,98	2,00
DRIN	1,76	2,78	0,93	1,65	1,78
Gemiddeld	2,39	3,47	1,30	2,16	2,33
KV	15,08	18,68	23,97	17,78	16,19
KBV _T (0,05)	0,41	0,75	0,35	0,46	0,21 *
KBV _T (0,01)	0,53	0,97	0,46	0,59	0,26 *
Hoë P	3,31	4,79	1,81	3,24	3,26
Lae P	1,54	2,16	0,75	1,16	1,41
KBV _T (0,05)	0,28	0,51	0,24	0,31	0,14
KBV _T (0,01)	0,37	0,69	0,32	0,42	0,19

* KBV_T tussen gronde: 0,05=0,26 en 0,01=0,32.

Die hoeveelheid kunsmisfosfor opgeneem verskil hoogs betekenisvol tussen die gronde met die uitsondering van grond A en D.

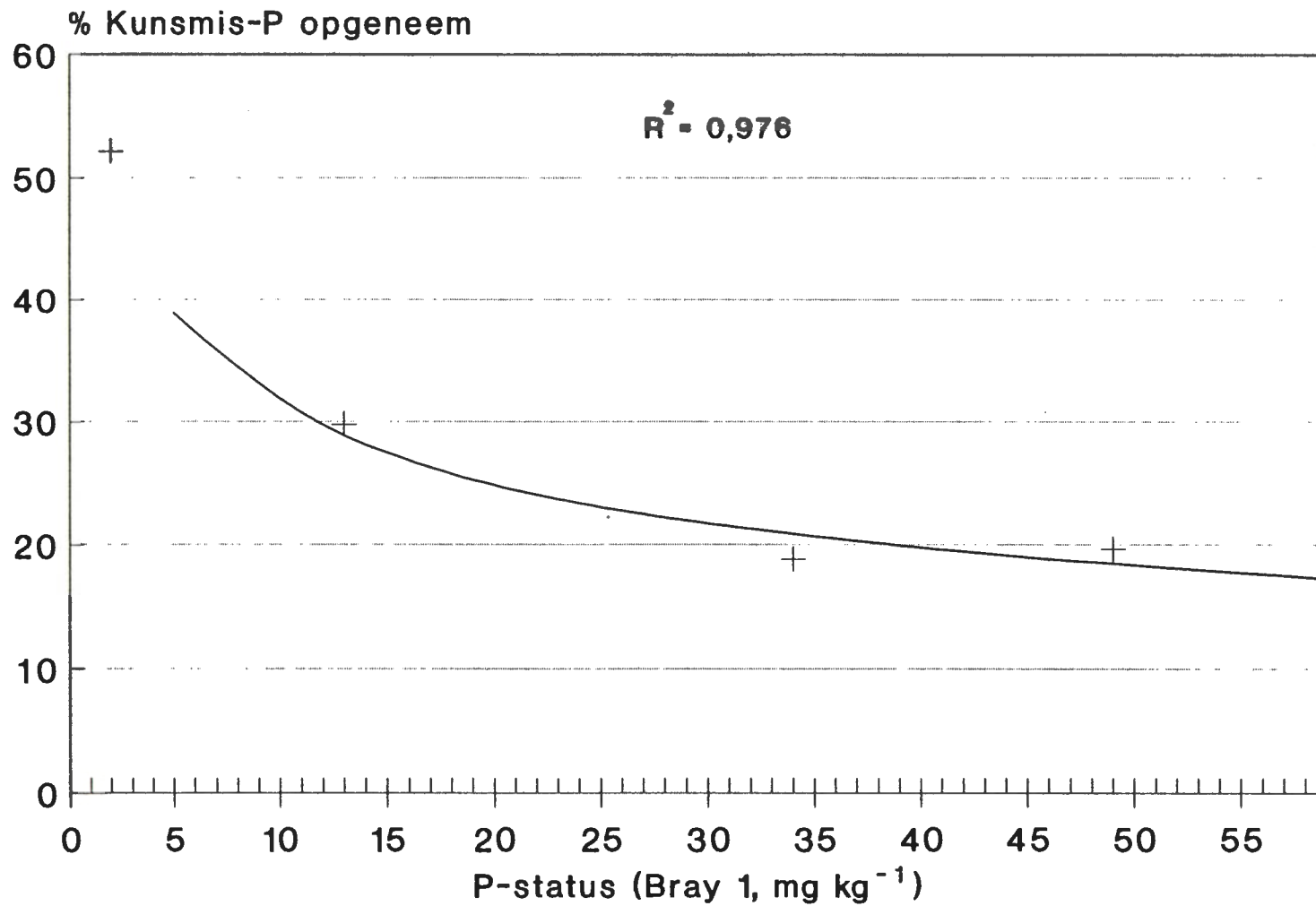
Die persentasie kunsmisfosfor opgeneem varieer van 12 persent in die geval van grond C tot so hoog as 63 persent in die geval van grond B. Die waardes stem ooreen met opnames verkry deur Sharpley (1986:957) en Robertson et al (1958:432). Soos in figuur 5.6 aangedui word, is 'n goeie verband gevind tussen die gemiddelde persentasie kunsmisfosfor opgeneem en die fosforstatus.

Tabel 5.7 Kunsmisfosfor as persentasie van die totale fosfor opgeneem.

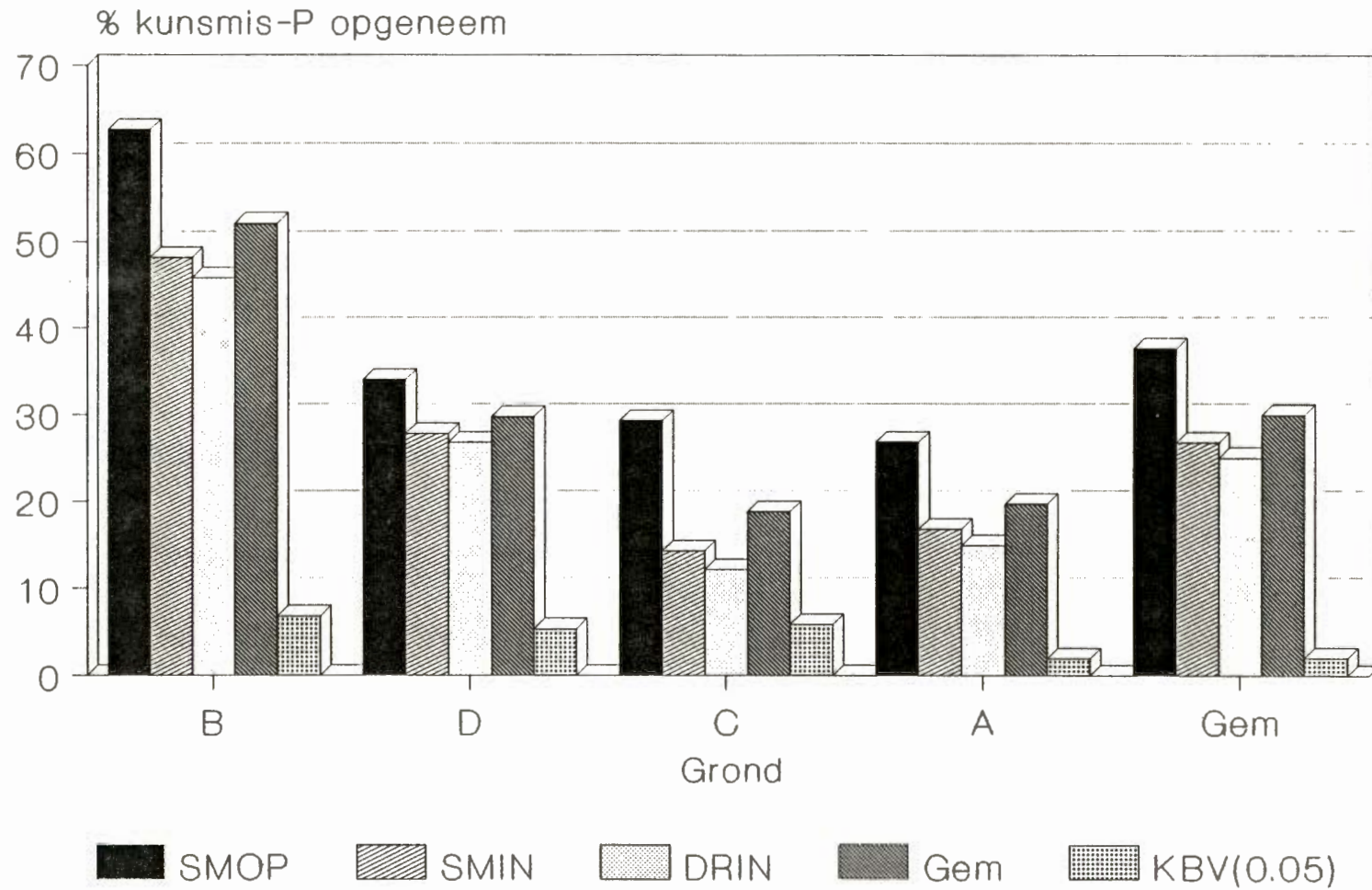
Behandeling	Grond				Gemiddeld (%)
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	
SMOP	26,78	62,74	29,26	33,97	37,56
SMIN	16,75	48,19	14,28	27,81	26,70
DRIN	14,92	45,86	12,18	26,79	24,94
Gemiddeld	19,64	52,12	18,79	29,75	29,89
KV	8,80	11,30	21,38	15,13	12,09
KBV _T (0,05)	1,96	6,82	4,56	5,34	1,99 *
KBV _T (0,01)	2,52	8,77	5,86	6,88	2,49 *
Hoë P	24,65	60,50	23,47	39,05	36,64
Lae P	14,97	43,73	13,78	21,11	23,25
KBV _T (0,05)	1,32	4,60	3,07	3,59	1,35
KBV _T (0,01)	1,79	6,23	4,16	4,87	1,79

* KBV_T tussen gronde: 0,05=2,52 en 0,01=3,08.

Die hoë fosforpeil het deurgaans tot hoër kunsmisfosforopname aanleiding gegee. Die vlakke van kunsmisfosfor was aansienlik hoër by die hoë fosforpeil, byvoorbeeld in die geval van grond B het



Figuur 5.6 Die verwantskap tussen die gemiddelde persentasie kunsmisfosfor opgeneem en die fosforstatus



Figuur 5.7 Kunsmisfosfor opgeneem as persentasie van die totale fosfor opgeneem

die persentasie kunsmisfosfor opgeneem gewissel tussen 34-58 persent by die lae fosforpeil teenoor die 54-67 persent by die hoë fosforpeil. Daar kan uit bogenoemde en die fosforinhoud van die plante afgelei word dat die plant die addisionele kunsmisfosfor opgeneem het.

Hoogs betekenisvol meer kunsmisfosfor is opgeneem waar suurmengsel op die oppervlak toegedien is (Figuur 5.7). Die totale fosfor opgeneem is ook hoër, maar nie in dieselfde mate as die kunsmisfosfor nie (Figuur 5.5). Die verhoging in kunsmisfosforopname kan toegeskryf word aan beter wortelkontak, soortgelyk aan bandplasing en dui ook daarop dat die plant slegs voorkeur gee aan die fosfor wat die maklikste beskikbaar was.

Die hoeveelheid kunsmisfosfor opgeneem, was betekenisvol hoër in die geval waar suurmengsel ingewerk is teenoor droë kunsmis ingewerk. Die persentasie kunsmisfosfor opgeneem verskil egter nie betekenisvol nie.

5.3.6 L-waarde

Volgens Deist et al., (1971:55) moet die fosfor goed gemeng word met die grond vir die bepaling van die L-waarde. Slegs die twee behandelings waar die fosfor ingewerk is, het ooreenstemmende L-waardes gelewer en moet as die werklike L-waarde beskou word (Tabel 5.8). Die L-waardes verskil baie min tussen die twee behandelings, behalwe in die geval van grond C waar 'n betekenisvolle verskil voorkom.

Die L-waarde van die vier gronde verskil baie soos te wagte is. Die tendens van die L-waardes stem egter nie ooreen met die fosforstatus (Bray 1) van die grond nie, veral grond C wat 'n groot afwyking toon.

Die L-waardes het geen verskil getoon ten opsigte van die hoër fosforpeil en die verskillende bronne nie en

is in ooreenstemming met die bevindings van Deist (1961:71).

Tabel 5.8 L-waarde

Behandeling	Grond				Gemiddeld
	A	B	C	D	
DRIN	79,15	17,22	111,42	41,94	62,40
SMIN	79,03	16,70	96,39	41,78	59,39
SMOP	42,92	8,78	39,08	31,03	31,01
Gemiddeld	66,62	14,32	81,29	37,85	50,55
KV	13,10	18,54	15,96	25,58	18,69
$KBV_T(0,05)$	9,90	3,07	14,72	11,48	5,19 *
$KBV_T(0,01)$	12,72	3,96	18,92	14,80	6,51 *
Hoë P	68,23	13,74	80,16	33,30	49,69
Lae P	65,12	14,91	82,51	42,08	51,40
$KBV_T(0,05)$	6,67	2,07	9,93	7,72	3,53
$KBV_T(0,01)$	9,04	2,81	13,44	10,47	4,68

* KBV_T tussen gronde: 0,05=6,58 en 0,01=8,06.

5.3.7 Stikstof- en kalsiuminhoud van die plante

Die stikstof- en kalsiuminhoud is in dieselfde ekstrak as die fosfor bepaal en die gemiddelde waardes word in tabel 5.9 aangedui. Die stikstofinhoud verskil nie betekenisvol tussen die gronde en behandelings nie. Die waardes is egter baie laag en dui volgens Reuter & Robinson (1988:84) op 'n tekort.

Tabel 5.9 Gemiddelde kalsium- en stikstofinhoud van die blare

Grond	Stikstof (%)	Kalsium (%)
A	1,99	0,33
C	1,93	0,44
D	1,88	0,26
B	1,82	0,21
Gemiddeld	1,91	0,31
KV	15,66	35,02
KBV _T (0,05)	0,17	0,06
KBV _T (0,01)	0,21	0,08

Die kalsiuminhoud is volgens Reuter & Robinson (1988:87) voldoende en hoogs betekenisvolle verskille kom tussen die gronde voor. Die pH en kalsiumstatus van grond C is hoër as die ander drie gronde en verklaar ook die hoër kalsiuminhoud van die blare. Die lae waarde van grond B kan nie verklaar word nie. Geen betekenisvolle verskille kom tussen die behandelings en peile van fosfor voor nie.

5.4 BESPREKING

5.4.1 Evaluering van suurmengsels as fosforbron

5.4.1.1 Verskille ten opsigte van gronde

Die gronde is aanvanklik geselekteer volgens tekstuur en fosforstatus. Die fosforstatus van die vier gronde varieer eweredig van 2 tot 49mgkg⁻¹ (Bray 1). Hoogs betekenisvolle verskille in die opname van fosfor het tussen die gronde voorgekom en korreleer met die

fosforstatus. Veral die fosforopname van die kontrole is goed gekorreleer met die fosforstatus.

Gronde A en B het hoër opbrengste gelewer as gronde C en D. Dié variasie kan nie aan fosforvoeding toegeskryf word nie en moontlike redes kan tekstuur, waterhuishouding of chemiese verskille wees.

'n Interessante verskynsel is dat grond B, wat 'n braak grond is, die hoogste opbrengs gelewer het indien kunsmis toegedien is. Die kontrole het egter 'n baie laer opbrengs gelewer weens 'n fosfortekort. Die hoë opbrengs kan moontlik toegeskryf word aan 'n hoër kaliumstatus en organiese materiaalinhoud.

5.4.1.2 Korrelasie met fosforstatus

Die reaksie van die kontrole ten opsigte van opbrengs, grond- en kunsmis- en totale fosfor opgeneem, toon 'n goeie korrelasie met die fosforstatus van die grond. Dié goeie korrelasie geld slegs vir die kontrole waar geen fosfor toegedien is nie. Sodra daar egter fosfor toegedien word, reageer die plant op die toegediende fosfor en is die reaksie nie meer goed gekorreleer met die fosforstatus nie.

Die fosforinhoud van die plante toon nie 'n reglynige korrelasie met die fosforstatus, wat toegeskryf kan word aan die luukse opname van fosfor wat in die geval van grond A voorgekom het (Figuur 5.2). Die opbrengs en totale fosfor opgeneem, het egter nie dienooreenkomstig gestyg het nie.

5.4.1.3 Reaksie op die hoë fosforpeil

Die hoë fosforpeil het tot hoogs betekenisvol hoër opbrengste gelei, behalwe in die geval van grond A waar die hoë fosforpeil laer opbrengste gelewer het. Die hoë fosforstatus van grond A was moontlik reeds verby die draaipunt van opbrengsverhoging ten opsigte

van fosfor. 'n Baie hoë peil van blaarfosfor het hier voorgekom.

Die opname van totale fosfor en kunsmisfosfor het deurgaans 'n hoogs betekenisvolle toename getoon ten opsigte van die fosforpeil. Die opname van grondfosfor het egter slegs in die geval van gronde B en C 'n betekenisvolle toename getoon. Die plante op gronde A en D het dus slegs die meer beskikbare kunsmisfosfor opgeneem, maar op gronde B en C het die hoër kunsmisfosforopname ook tot 'n hoër grondfosforopname gelei.

5.4.1.4 Vergelyking tussen die twee kunsmisbronne

Op twee uitsonderings na het bykans geen betekenisvolle verskille voorgekom tussen die twee bronne, naamlik suurmengsel en droë kunsmismengsel, nie. Eerstens is betekenisvol meer kunsmisfosfor opgeneem in die geval van die suurmengsel wat op die oppervlak toegedien is. Tweedens is die blaarfosfor betekenisvol hoër in die geval van grond B, tydens die toediening van suurmengsel (hoë fosforpeil). Hieruit kan afgelei word dat suurmengsels en droë kunsmismengsels gelykwaardige fosforbronne is.

5.4.2 Vergelyking tussen toedieningsmetodes

Die praktyk om die suurmengsel na opkoms op die oppervlak toe te dien, is vergelyk met kunsmis wat voor planttyd vlak ingewerk word. Die twee toedieningsmetodes het geen betekenisvolle verskille getoon ten opsigte van die opbrengs, blaarfosfor en die hoeveelheid grondfosfor wat opgeneem is nie.

Die oppervlaktoediening van suurmengsel het gelei tot 'n betekenisvol hoër totale fosforopname en die hoeveelheid kunsmisfosfor was hoogs betekenisvol hoër. Hoewel die opname van fosfor verhoog het, het die plant nie 'n betekenisvolle verhoogde opbrengs getoon ten

opsigte van die die kunsmisopname nie. Dié verskynsel kom veral voor ten opsigte van kunsmisfosfor, waar die mees beskikbare bron opgeneem is. Oppervlaktoediening het gelei tot hoër konsentrasies fosfor in die boonste 2 tot 3cm van die grond (Hoofstuk 6). Daardeur kon die beskikbaarheid en wortelkontak beter gewees het, soos in die geval van bandplasing, wat gelei het tot die verhoogde opname van kunsmisfosfor.

Tereg kan gevra word of dié tendens ook in die praktyk sal manifesteer. Die enigste verskil tussen die proeftoestande en die praktyk is dat die bogrond verder kan uitdroog. Uitdroging van die bogrond is egter nie gewens onder besproeiing nie en sodra die koring die grond bedek, sal die wortels ook die grond tot aan die oppervlak ten volle benut. Dié praktyk mag egter groter gevare inhou ten opsigte van gewasse soos mielies en sonneblom wat in rye geplant word. Bewerkings beskadig vlak wortels en die volle oppervlak word nie deur plante bedek nie, wat daartoe lei dat die oppervlak van die grond makliker uitdroog. Indien die doel van die fosfortoediening is om die fosforstatus te onderhou, mag die praktyk in hierdie geval geregverdig wees.

HOOFSTUK 6

BEWEGING VAN FOSFOR TYDENS SPROEIBEMESTING

6.1 INLEIDING

Die aanvaarde konsep is dat fosfor nie in die grond beweeg nie. Indien fosfor wel beweeg, beweeg dit slegs so ver as 25mm van die punt waar dit geplaas is (Spiva, 1980; Sharma, Shirma & Chaudhary, 1985:256). In die meeste studies in verband met die loging van fosfor, word bevind dat dit wel verder as 25mm beweeg. Gunstige toestande soos 'n konstante drukhoogte, groot volumes water en hoë fosforpeile word egter geskep, wat die beweging van fosfor bevorder (Sharma *et al.*, 1985:256; Logan & McLean, 1973b:373; Laker, 1964:47).

Volgens Sharma *et al.* (1985:256) en Lauer (1988b:1681) vind fosforbeweging plaas deur massavloei saam met die besproeiingswater. Sodra die konsentrasie verlaag, as gevolg van adsorpsie, sal diffusie 'n belangrike meganisme word. Logan & McLean (1973b:373) beskryf die afwaartse beweging van fosfor as 'n progressiewe adsorpsie van fosfor deur opeenvolgende grondlae. Fosfor sal dus aanhou beweeg so lank as wat die adsorpsiekapasiteit van die grond oorskry word. Vinnige fisiese adsorpsie geskied aanvanklik, waarna 'n gedeelte van die fosfor later chemiese adsorpsie ondergaan (Mansell *et al.*, 1985:59).

Verskeie faktore lewer 'n bydrae tot fosforbeweging en is deur verskeie outeurs ondersoek. Voorbeelde hiervan sluit die volgende in: Adsorpsiekapasiteit van die grond, tekstuur, tipe kunsmis, hoeveelheid fosfor (Logan & McLean 1973b:373; Lauer, 1988a:866 en b:1691), volume water, konstante drukhoogte, aanvanklike waterinhoud van grond, verdamping (Logan & McLean, 1973b:373; Lauer, 1988a:866 en b:1691; Sharma *et al.*,

1985:256) en die hydrae van plantwortels (Deist, Kotze & Joubert, 1973:14).

Toestande vir fosfor om saam met die besproeiingswater dieper in die grond in te beweeg, is gunstig tydens sproeibemesting. Veral as die kunsmistoediening geskied nadat die gewas al gevestig is, speel die beweging van fosfor 'n belangrike rol in die beskikbaarheid van die fosfor.

6.2 PROSEDURE

Die potproef, soos in paragraaf 3.2 uiteengesit, is gebruik om die beweging van fosfor te bepaal. Behandeling drie en vyf is gebruik soos beskryf in paragraaf 3.5.

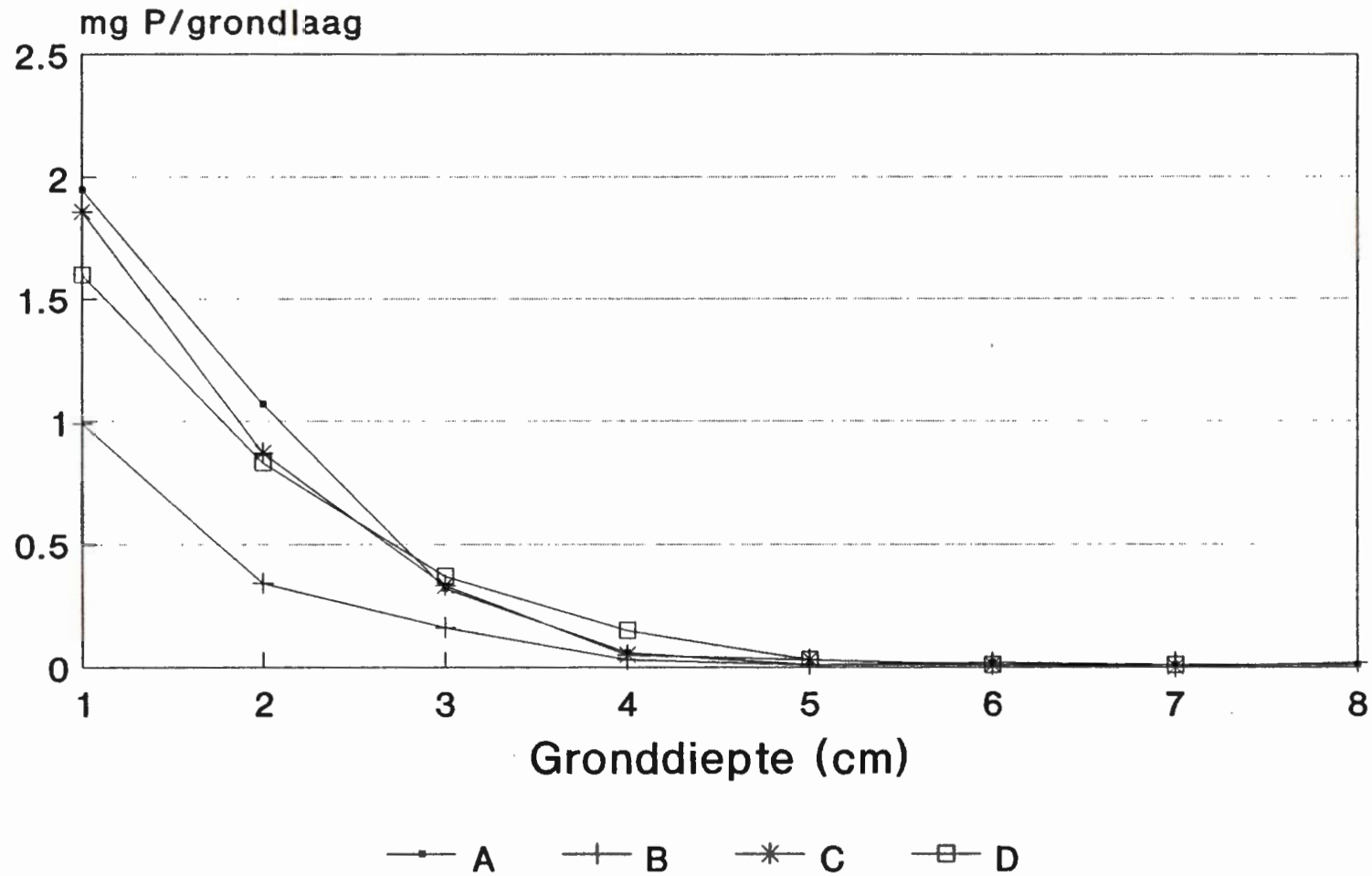
6.3 RESULTATE

Die ontleding van die radio-aktiewe fosfor en die ekstraheerbare fosfor (Bray 1) het soortgelyke resultate gelewer. Met behulp van die ^{32}P kon klein bewegings meer akkuraat bepaal word en slegs die resultate van die ^{32}P word weergegee (Tabel 6.1). Die fosforinhoud van elke laag word ook uitgedruk as 'n persentasie van die totale fosfor in die grondkolom. Die swak koëffisiënt van variasie kan verklaar word uit die verskil in beweging tussen herhalings, byvoorbeeld: Herhaling een dui aan dat 70 persent fosfor in laag een en 20 persent in laag twee voorkom. Herhaling twee het egter 50 persent fosfor in laag een en 40 persent in laag twee. Die totale persentasie fosfor is dieselfde en die tendens van beweging stem ooreen.

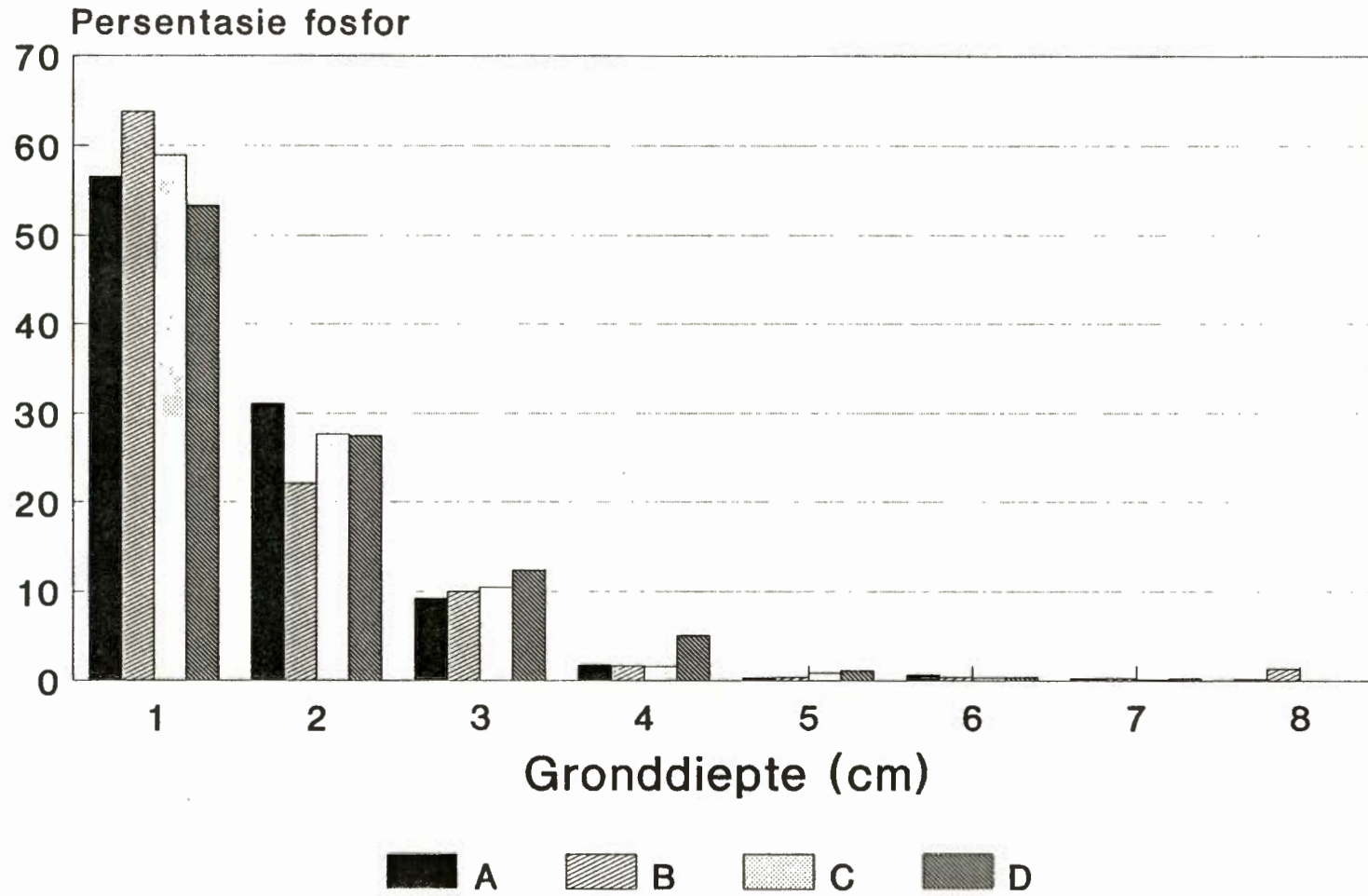
Die fosfor het bykans in al die behandelings tot ongeveer 5cm diep inbeweeg (Figure 6.1 tot 6.4). Die grootste persentasie fosfor kom egter in die boonste 3cm voor en nagenoeg die helfte van die fosfor kom in die boonste sentimeterlaag voor.

Tabel 6.1 Beweging van toegediende fosfor

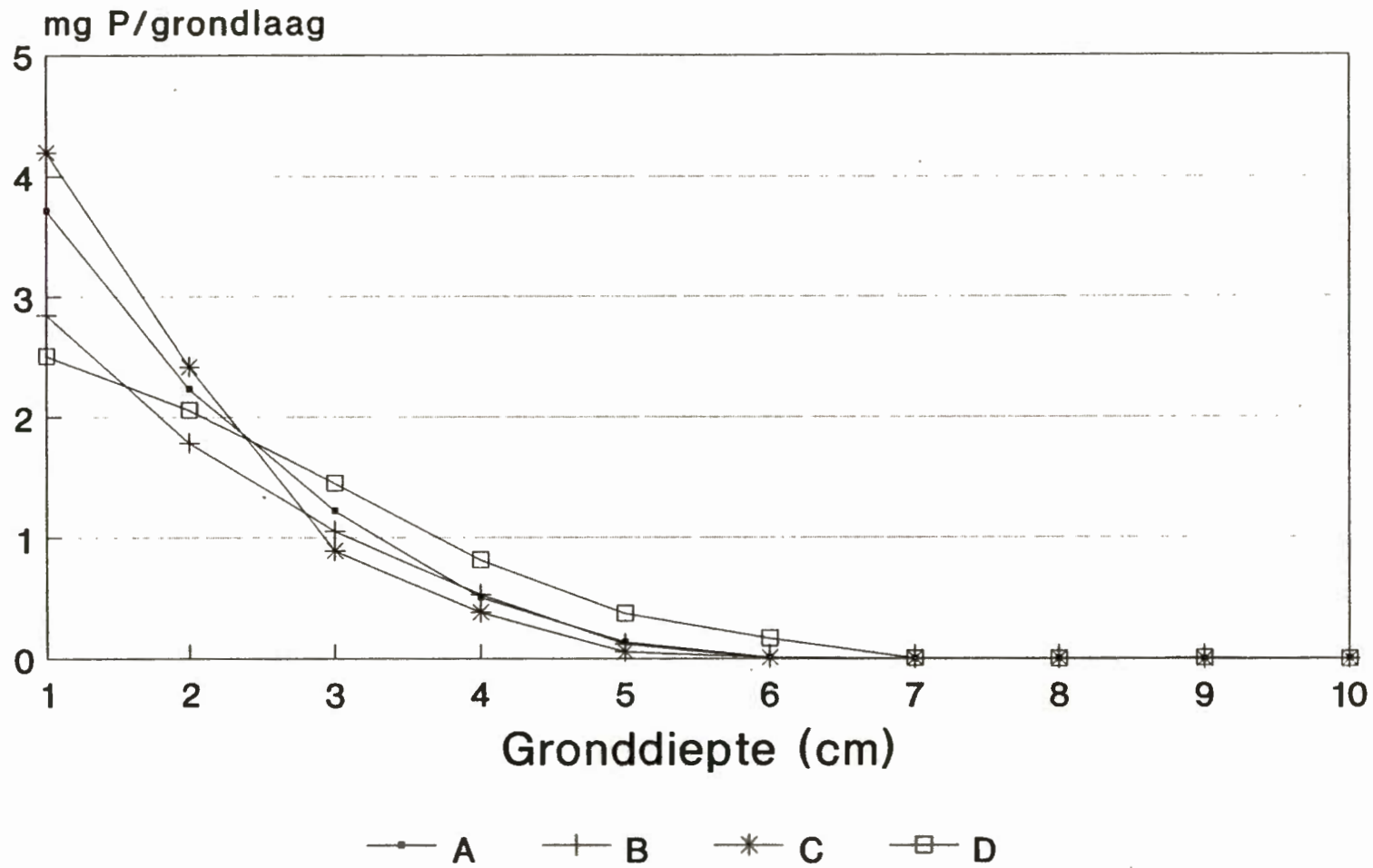
Behandeling 3								
Diepte cm	A		B		C		D	
	mgP	%P	mgP	%P	mgP	%P	mgP	%P
1	1,946	56,76	0,994	64,23	1,860	60,65	1,604	54,61
2	1,068	30,31	0,342	21,84	0,874	26,55	0,826	27,43
3	0,316	9,45	0,156	9,81	0,328	9,74	0,370	11,16
4	0,060	1,69	0,026	1,72	0,052	1,63	0,150	4,70
5	0,022	0,84	0,018	1,20	0,026	0,91	0,038	1,52
6	0,012	0,32	0,010	0,68	0,010	0,37	0,014	0,50
7	0,008	0,28	0,008	0,59	0,006	0,18	0,010	0,29
8	0,008	0,25	0,006	0,46	0,000	0,00	0,000	0,00
KV	52,76	34,03	31,37	24,20	54,79	46,76	79,41	73,67
KBV(0,05)	0,465	8,71	0,125	6,23	0,44	11,98	0,612	18,91
Behandeling 5								
Diepte cm	A		B		C		D	
	mgP	%P	mgP	%P	mgP	%P	mgP	%P
1	3,716	47,39	2,846	44,82	4,198	54,36	2,508	33,78
2	2,232	28,78	1,780	28,15	2,414	31,01	2,058	27,93
3	1,218	15,75	1,052	16,67	0,894	9,96	1,452	19,63
4	0,510	6,41	0,410	6,47	0,388	3,87	0,816	11,08
5	0,140	1,73	0,318	4,76	0,058	0,60	0,378	5,11
6	0,010	0,12	0,006	0,11	0,010	0,10	0,170	2,30
7	0,002	0,02	0,002	0,03	0,006	0,08	0,004	0,07
8	0,002	0,01	0,002	0,02	0,004	0,05	0,000	0,01
KV	23,95	19,64	44,73	43,26	69,63	36,27	27,15	22,28
KBV(0,05)	0,480	5,04	0,735	11,19	1,422	9,29	0,514	5,70



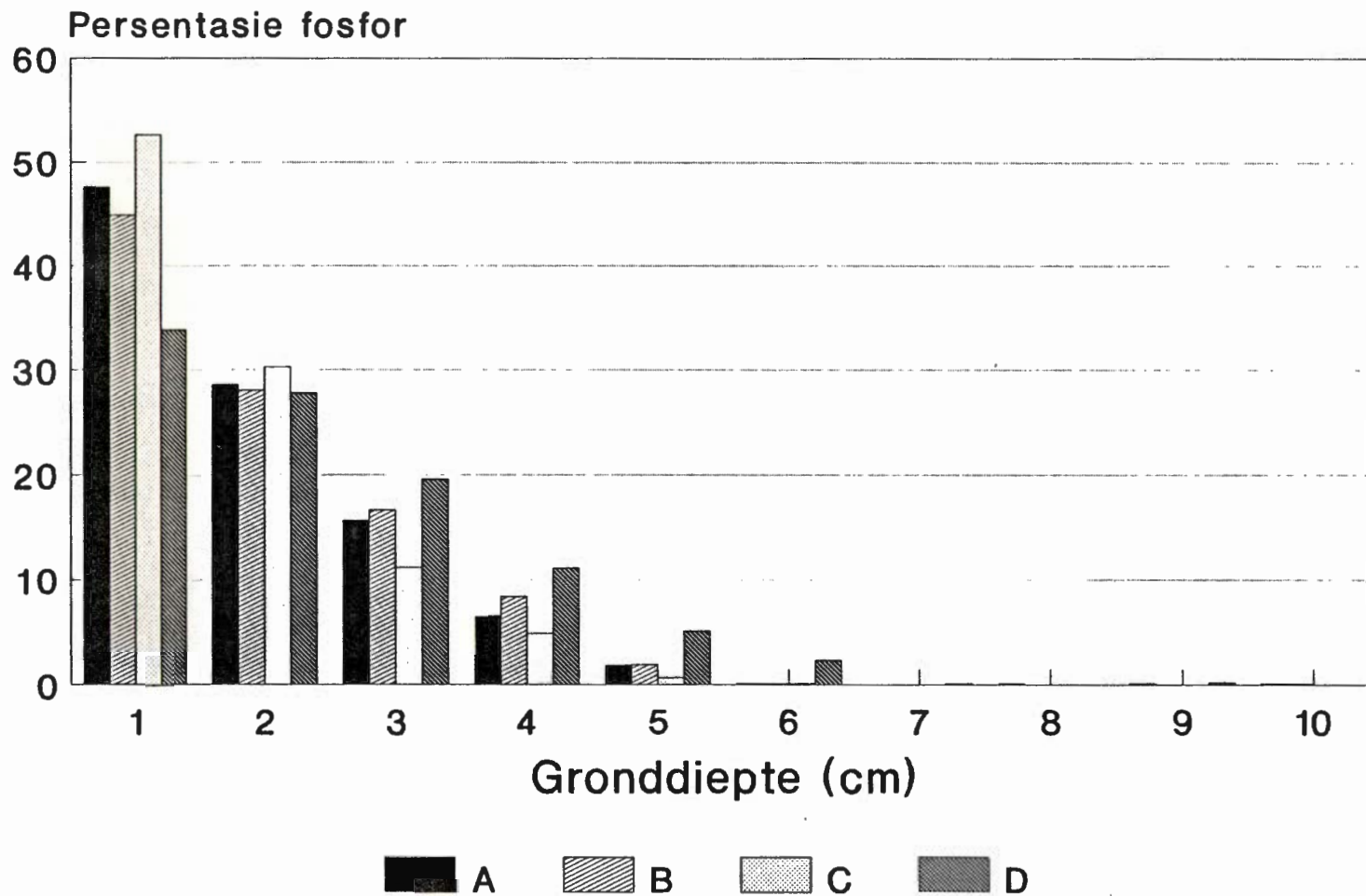
Figuur 6.1 Die hoeveelheid fosfor in elke grondlaag (behandeling 3)



Figur 6.2 Die persentase fosfor in elke grondlaag (behandeling 3)



Figuur 6.3 Die hoeveelheid fosfor in elke grondlaag (behandeling 5)



Figuur 6.4 Die persentasie fosfor in elke grondlaag (behandeling 5)

Die hoeveelheid fosfor per grondlaag verskil betekenisvol tussen die gronde in die boonste twee lae. (Sien bylae 6.1) Daarna kom geen betekenisvolle verskille voor nie. Die persentasie fosfor in grond D (behandeling 5) is betekenisvol hoër op dieptes van 4 tot 6cm as die ander gronde. Dieselfde tendens kom by behandeling 3 voor.

Behandeling 5 het betekenisvol hoër ^{32}P inhoud as behandeling 3 getoon. Aangesien die ontleding kort na toediening gedoen is, is hoë tellings verkry wat die bepaling vergemaklik het en akkurater waardes verskaf het. Ongeveer 70 persent van die toegediende fosfor is herwin met behulp van die Bray 1-ekstraksie en ^{32}P bepaling.

In die geval van behandeling 3 het 35 dae verloop vanaf toediening tot ontleding. Nagenoeg 30 persent van die toegediende fosfor is herwin en indien die kunsmisopname deur die bogrondse dele bygereken word, is ± 50 persent herwin. Indien aanvaar word dat die wortels en die bogrondse dele ewe veel fosfor opgeneem het, is die herwinning ook nagenoeg 70 persent.

Die patroon van beweging is in albei behandelings dieselfde. In die geval van behandeling 5 was die kleiner beweging op diepte 4 tot 6 cm egter nog betekenisvol.

6.4 BESPREKING

Die diepte van fosforbeweging was ongeveer 5cm, met die grootste persentasie fosfor in die boonste 3cm. Die patroon van verspreiding stem ooreen met die bevindings van Laker (1964:46), Lauer (1988a:864) en Logan & McLean (1973a:354).

Geen betekenisvolle verskil in die diepte en patroon is tussen die vier gronde en die twee behandelings verkry nie, met die uitsondering van grond D, waar fosfor 'n

sentimeter dieper as in die ander gronde inbeweeg het. Die resultate dui daarop dat faktore soos tekstuur, fosforstatus, adsorpsiekapasiteit, tyd, plantegroei en die hoeveelheid water wat gedurende die seisoen toegedien is, nie 'n betekenisvolle invloed op die beweging gehad het nie. Die resultate steun die hipotese dat die beweging in massavloei saam met die besproeiingswater plaasvind. Nadat adsorpsie plaasgevind het, het daar nie enige verdere beweging plaasgevind nie. Hierdie bevinding lyk teenstrydig met bevindings van Lauer (1988a:867), Sharma et al. (1984:256) en Logan & McLean (1973b:371) wat die beweging koppel aan die hoeveelheid logingswater. Die hoeveelheid fosfor wat toegedien is, is baie laer as wat bogenoemde outeurs gebruik het. Hoewel heelwat water toegedien is, is daar nie 'n oormaat water toegedien nie en is loging nie bewerkstellig nie.

Die praktyk is so ver as moontlik nageboots en daar kan afgelei word dat die fosfor wat met sproeibemesting toegedien word, in die boonste 2 tot 3cm geadsorbeer word. In die geval van gewasse, soos koring, wat die oppervlak bedek en 'n hoë konsentrasie wortels naby die oppervlak het, kan die praktyk suksesvol wees. In die geval van rygewasse, soos mielies, mag die situasie verskil en moet die kunsmis verkieslik ingewerk word.

HOOFSTUK 7

BLAAROPNAME VAN FOSFOR TYDENS SPROEIBEMESTING

7.1 INLEIDING

Die vraag of enige opname deur die blare tydens sproeibemesting geskied, word dikwels deur boere gevra. Die minimum hoeveelheid water wat 'n spilpunt kan toedien, is gewoonlik tussen 7 en 10mm. Die konsentrasie kunsmis in die water is dus baie laag. Wittwer, Bukovac & Tukey (Anon.:430) stel egter dat blaaropname tydens sproeibemesting moontlik is. Tydens blaarvoeding is dit die ideaal om die plant slegs met 'n sproei te benat. Afloop in die kelk in moet verhoed word om kunsmisbrand te voorkom. Tydens sproeibemesting word baie meer water toegedien en vind daar afloop vanaf die blare plaas.

Die pH van die oplossing beïnvloed die opname van blaarvoeding. Volgens Grobler (1992, persoonlike mededeling) is die maksimum opname van fosfaat by 'n pH van 2,5 tot 3,5. 'n Kleefmiddel word bygevoeg om die oppervlakspanning te verlaag waardeur beter opname bewerkstellig word. Volgens Yogaratman, & Greenham (1982) is H_3PO_4 die vorm van fosfaat wat die vinnigste geabsorbeer word. Suurmengsels behoort dus 'n geskikte bron te wees om te gebruik vir blaarvoeding.

Aanduidings bestaan dus dat blaaropname wel moontlik is. Die doel van die proef is om te bevestig of daar wel enige blaaropname voorkom.

7.2 PROSEDURE

Die prosedure soos in paragraaf 3.6 uiteengesit, is gevolg.

7.3 RESULTATE

Die resultate word in tabel 7.1 uiteengesit. Geen verskille kom voor tussen die tyd van monsterneming, plantdeel asook tussen die behandeling en die kontrole nie. Die gegewens dui daarop dat geen fosfor tydens sproeibemesting opgeneem is nie. Die konsentrasie kunsmis is moontlik te laag en te veel afloop word verkry vanaf die blare.

Tabel 7.1 Die fosforinhoud van mielieblare na sproeibemesting

Plantdeel	31p (%)	32p (tpm)
Boonste 3 blare na 3 uur	0,22	53,8
na 9 uur	0,22	54,7
res van plant na 9 uur	0,22	53,0
Gemiddeld	0,22	53,8
Kontrole	0,23	54,9

HOOFSTUK 8

SINTESE EN GEVOLGTREKKING

'n Goeie verwantskap is verkry tussen die verdunningsfaktor by pH 6 en die karbonaat- plus bikarbonaatinhoud van die water. Die neutralisasie van suurmengsels in besproeiingswater word dus bepaal deur die konsentrasie bikarbonaat plus karbonaat in die water. 'n Aanvaarbare en betroubare riglyn kan daarvolgens gestel word wat ook maklik toepasbaar is in die praktyk. Indien die karbonaat- en bikarbonaatinhoud van die besproeiingswater nie bekend is nie, kan die elektriese geleiding ook gebruik word vir die bepaling van die verdunningsfaktor. Die geleiding is nie so betroubaar nie en word hoofsaaklik vir water afkomstig vanaf dolomiet aanbeveel, waar bikarbonaat die dominante anioon is.

Die peil van verdunning moet egter steeds prakties haalbaar wees. Die besproeiingswater moet dus meer as $2,5 \text{ mmol(-)dm}^{-3}$ karbonaat plus bikarbonaat bevat om geredelik 'n veilige pH te kan bereik vir toediening. Water met minder bikarbonaat word nie algemeen aanbeveel vir sproeibemesting met suurmengsels nie, tensy praktyke daarby aangepas kan word. 'n Hoë peil van bestuur word vereis.

Hoewel 'n bruikbare riglyn daargestel kon word, is dit slegs geldig vir 2:3:2(15) suurmengsel. Verdere navorsing is nodig om die riglyn uit te brei sodat alle ander suurmengsels geakkommodeer kan word.

Die verdunningsfaktor vir suiwer fosforsuur is te hoog om geredelik 'n veilige pH te bereik. Fosforsuur word dus nie as sulks vir sproeibemesting aanbeveel nie, maar kan egter gebruik word om toegekalkte pype en druppers skoon te maak.

Daar is bevestig dat 'n pH van 6 voldoende is om verhoogde korrosie van gegalvaniseerde besproeiingstelle te voorkom. Die pH is nie so krities nie en klein afwykings in die praktyk behoort nie gevare te skep nie.

Die presipitaat wat waargeneem word indien suurmengsels verdun word, kan toegeskryf word aan onsuiverhede in die kunsmis. Die hoeveelheid presipitaat is baie klein en daar kon geen nadelige effek vasgestel word nie.

Suurmengsels is dus geskik vir gebruik tydens sproeibemesting met harde water, aangesien die suur geredelik geneutraliseer word en daar nie probleme met presipitasie voorkom nie. In die bedieningsgebied van Noordwes Koöperasie vind die besproeiing hoofsaaklik uit boorgate in dolomiet plaas, wat harde water is. Suurmengsels kan dus deur baie besproeiingsboere gebruik word.

Die beskikbaarheid van fosfor word beïnvloed deur die hoë konsentrasie fosfor aan die oppervlak. 'n Hoër persentasie kunsmisfosfor en totale hoeveelheid fosfor opgeneem het voorgekom waar die suurmengsel op die oppervlak toegedien is. Die verhoogde fosforopname het egter nie tot 'n gelyktydige opbrengsverhoging gelei nie. Uit die resultate kan afgelei word dat die kunsmisfosfor makliker beskikbaar is en aanleiding gee tot verhoogde fosforopname. Die koring het egter die grondvolume tot aan die oppervlak benut. Indien die praktyk gevolg word, is dit belangrik dat die wortelontwikkeling ook voldoende moet wees. In die geval van gewasse, soos koring, is die praktyk suksesvol, maar in rygewasse, soos mielies, mag die situasie verskil en moet die kunsmis verkieslik ingewerk word.

Die fosforvoeding van plante word in 'n groot mate beïnvloed deur die fosforstatus van die grond, veral as

geen fosfor toegedien word nie. Die reaksie op kunsmistoedienings is positief. Selfs al is die fosforstatus goed, is daar steeds 'n hoër opname van fosfor waargeneem. Die plant neem die mees beskikbare vorm van fosfor op en dit lei selfs tot 'n luukse opname van fosfor, sonder 'n gelyktydige opbrengsverhoging.

Suurmengsels en droë kunsmengsels kan as gelykwaardige bronne van fosfor beskou word. Suurmengsels het in geen van die bepalings swakker as droë kunsmis geprester nie en in sommige gevalle selfs ietwat beter. Die toedieningspraktyk om suurmengsels op die oppervlak toe te dien nadat koring geplant is, is aanvaarbaar.

Beweging van fosfor vind wel plaas deurdat die fosfor saam met die besproeiingswater in die grond inbeweeg. Die hoeveelheid fosfor wat dieper in die profiel inbeweeg, is egter baie klein en die grootste konsentrasie fosfor bly steeds in die boonste 2 tot 3cm. Verdere loging vind nie gedurende die seisoen plaas nie.

Tydens sproeibemesting is die toestande nie gunstig vir blaaropname van fosfor nie, aangesien geen aanduiding van opname verkry kon word nie.

LITERATUUR

- ACHORN, F.P. 1984. Acid fertilizers. *In: Solutions*, 28(4):33-39.
- ANON. 1989. Amersham Product Specification. Weil Group of companies, Johannesburg.
- ANON. 1986. Resultate van koringblaarontledings. Ongepubliseer, Noordwes Koöperasie, Lichtenburg.
- BASSET, J., DENNAY, R.C., JEFFERY, G.H. & MENDHAM, J. 1978. *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis*. Longman, London. p925.
- BRAY, R.H. & KURTZ, L.T. 1945. Determination of Total, Organic and Available forms of Phosphorus in Soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- BUYS, A.J. (red.) 1986. *Bemestingshandleiding*, 2de uitg. Misstofvereniging van Suid-Afrika, Pretoria, RSA. p331.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. 1961. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. University of California, Div. of Agricultural Sciences, USA.
- DEIST, J. 1961. Die gebruik van fosfor-32 in studies met betrekking tot seisoensopname van fosfaat deur vrugtebome en die bepaling van plantbeskikbare fosfaat in gronde. Stellenbosch. p111. (M.Sc. verhandeling, US.)
- DEIST, J., KOTZE, W.G. & JOUBERT, M. 1973. Die rol van dekgewasse in die beweging van fosfaat en kalium in gronde. *Die Sagtevrugteboer*, Deel 6, jaargang 23:138-141, Junie.

- DEIST, J., MARAIS, P.G. & HEYNS, C.F.G. 1971. Effect of Contact Time of Labelled Fertilizer with Soil on the estimation of Labile Phosphate. *Agrochemophysica*, 3:55-62.
- FSSA Publication NO. 37. 1974. Soil Analysis Methods. Manual of Laboratory procedures of the Fertilizer Society of South Africa. FSSA, Pretoria.
- GROBBELAAR, H.L. 1980. The Influence of Fertilizer Characteristics on Application through Micro-irrigation Systems. *S. A. Irrigation*, 9&17, Oct/Nov.
- GROBLER, P. 1992. Persoonlike mededeling, telefonies, Pretoria.
- HAASBROEK, F.J., DE VILLIERS, J.F., DEIST, J. & ROUSSEAU, P.C. 1971. Measurement of ^{32}P in Wet-ashed Plant Samples Utilizing Cerenkov Radiation. *Agochemophysica*, 3:27-32.
- HAVEMANN, C.H. 1987. Factors affecting the Corrosion of Irrigation systems. (In *Handelinge van Suid-Afrikaanse besproeiingsinstituut*, 113-120.)
- HERGERT, G. 1980. Where Broadcasting fits. *Solutions*, Sept-Oct.
- JACKSON, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Constable & Co. Ltd. 10 Orange St, London W.C.2.
- KOTZE, W.A.G. & MARAIS, P.G. 1988. Determination of Plant Available Phosphorus. (In *Handelinge van P-simposium*, Pretoria, RSA. 60-62).
- LAKER, M.C. 1964. Die invloed van kalk en fosfaat-toedienings op die opname van sink en fosfaat deur plante. Stellenbosch, p89 (M.Sc. verhandeling, US).

- LARSEN, S. 1952. The use of ^{32}P in studies on the uptake of Phosphorus by plants. *Plant and Soil* 4(1):1-10.
- LATEGAN, S. & LOUW, H.A. 1972. The Root region Microflora of Plants with reference to the utilization of Rock Phosphate by different Plant Species. *Phytophylactica*, 4:119-126.
- LAUER, D.A. 1988(a). Vertical distribution in Soil of Sprinkler-applied Phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:862-868.
- LAUER, D.A. 1988(b). Unincorporated Surface-applied Phosphorus under Sprinkler Irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol 52:1685-1692.
- LEIKAM, D.F., MURPHY, L.S., KISSEL, D.E., WHITNEY, D.A. & MOSER, H.C. 1983. Effects of Nitrogen and Phosphorus Application Method and Nitrogen Source on Winter Wheat Grain Yield and Tissue Phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:530-535.
- LOGAN, T.J. & McLEAN, E.O. 1973(a). Nature of Phosphorus Retention and Adsorption with Depth in Soil Columns. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc*, 37:351-355.
- LOGAN, T.J. & McLEAN, E.O. 1973(b). Effects of Phosphorus Application rate, Soil Properties and Leaching Mode on ^{32}P Movement in Soil Columns. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37:371-374.
- MANSELL, R.S. McKENNA, P.J., FLAIG, E. & HALL, M. 1985. Phosphate Movement in Columns of Sandy Soil from a Wastewater-irrigated Site. *Soil Science*, 140(1):59-68.

- MARAIS, P.G. & DEIST, J. 1962(a). Gebruik van radio-aktiewe isotope om die opname van kunsmisfosfaat deur plante te bepaal. *Die Sagtevrugteboer*, jaargang 12, deel 3, Maart.
- MARAIS, P.G. & DEIST, J. 1962(b). Plantbeskikbare fosfaat in grond: L-waardes. *Die Sagtevrugteboer*, jaargang 12, deel 6, Junie.
- MARAIS, P.G., DEIST, J. HARRY, R.B.A. & HEYNS, C.F.G. 1970. Ability of different Plant Species to absorb Phosphate. *Agrochemophysica*, 2:7-12.
- MAXWELL, T.M., KISSEL, D.E., WAGGER, D.A. WHITNEY, M.L. CABERA, M.L. & MOSER, H.C. 1984. Optimum Spacing of Preplant Bands of N and P Fertilizer for Winter Wheat. *Agronomy Journal*, 76:243-247, March-April.
- MCCONNELL, S.G., SANDER, D.H. & PETERSON, G.A. 1986. Effect of Fertilizer Phosphorus Placement Depth on Winter Wheat Yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:148-153.
- MURDOCK, J.T. & ENGELBERT, L.E. 1958. The Importance of Subsoil Phosphorus to Corn. *Soil Sci. Soc. Proc.*:53-57.
- POTHULURI, J.V., KISSEL, D.E., WHITNEY, D.A. & THIEN, S.J. 1986. Phosphorus Uptake from Soil Layers Having Different Soil Test Phosphorus Levels. *Agron. J.*, 78:991-994.
- RAUN, W.R., SANDER, D.H. & OLSON, R.A. 1987. Phosphorus Fertilizer Carriers and their Placement for Minimum Till Corn under Sprinkler Irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1055-1062.
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. (Ed.) 1988. Plant Analysis, An Interpretation Manual. Inkata Prss, Sydney, Australia.

- ROBERTSON, W.K., HUTTON, C.E. & THOMPSON, L.G. 1958.
Response of Corn in Superphosphate Placement
Experiment. *Soil Sci. Soc. Proc.*: 431-434.
- SAS, 1984. Statistical Analysis System. SAS Institute
Inc., Cary, North Carolina, USA.
- SHARMA, P.K., SHIRMA, A.K. & CHAUDHARY, T.N. 1985.
Movement of Surface and Deep-placed Phosphorus in a
Sandy Loam Soil in Relation to Initial Wetness,
Amount of Water applied and Evaporation Potentials.
Soil Science, 140(4):256-263.
- SHARPLEY, A.N. 1986. Disposition of Fertilizer Phosphorus
applied to Winter Wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*,
50:953-958.
- SIENKO, M.J. & PLANE, R.A. 1961. Chemistry, 2nd ed.
International Student edition. McGraw-Hill Book
Company Inc, New York, USA. p623.
- SLEIGHT, D.M., SANDER, D.H. & PETERSON, G.A. 1984. Effect
Fertilizer Phosphorus Placement on the Availability
of Phosphorus. *Soil Sci. Soc Am. J.*, 48:336-340.
- SPIVA, C. 1980. The Case of Banding. *Solutions*, Sept-Oct.
- STEYN, W.J.A. 1958. The Chemical Analysis of Soils and
Plants with Particular Reference to Citrus and
Pineapples. Chemistry Dept., Rhodes University,
Grahamstown, RSA.
- TECHNICON AUTO ANALYZER, 11 IND. METH. 385-75A, 1975.
Simultaneous Determination of Nitrogen, Calcium and
Phosphorus in BD Acid Digests. Technicon Ind
Systems, N.Y., USA.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. 1975. Soil Fertility and
Fertilizers, 3rd ed. Macmillan Publishing Co. Inc,
New York, USA. p694.

- VAN AARDT, W.J. 1990. Persoonlike mededeling, Potchefstroom.
- VAN AARDT, W.J. 1970. Radiobiologie, Deel 1. Sentrale Publikasiediens, PU vir CHO, Potchefstroom. p73.
- VAN AARDT, W.J. 1969. Vloeistofsintillasietelmetodes. Sentrale Publikasiediens, PU vir CHO, Potchefstroom. p125.
- VAN NIEKERK, P.E. Le R., 1987. Bemesting deur besproeiingstelsels. (In Handeling van Suid-Afrikaanse besproeiingsinstituut, 104-108).
- VON HABERER, K. 1966. Measurment of Beta Activities in Aqueous Samples Utilizing Cerenkov Radiation. (In Technical Bulletin, 16. Packard Instrument Company, USA).
- WANG, C.H. & WILLIS, D.L. 1965. Radiotracer Methodology in Biological Science. Prentice Hall Inc, London, USA. p382.
- WESTERMAN, R.L. & EDLUND, M.G. 1985. Deep Placement effects of Nitrogen and Phosphorus on Grain Yield, Nutrient uptake and Forage Quality of Winter Wheat. *Agronomy Journal*, 77:803-809.
- WITTWER, S.H., BUKOVAC, M.J. & TUKEY, H.B. Anon. Advances in Foliar Feeding of Plant Nutrients. In Fertilizer Technology and usage.
- WOLF, B., FLEMING, J. & BATCHELOR, J. 1985. Fluid Fertilizer Manual. National Fertilizer Solutions Association, Illinois, USA.
- YOGARATMAN, N. & GREENHAM, D.W.P. 1982. The Application of Foliar Sprays containing Nitrogen, Magnesium, Zinc and Boron to Apple Trees. *J. Hort. Sci.*, 57(2):159-164.

BYLAE

Bylae 2.1 Tydtabel

Oktober	Dag	November	Dag	Desember	Dag
1		1	12	1	42
2		2	13	2	43
3		3	14	3	44
4		4	15	4	45
5		5	16	5	46
6		6	17	6	47
7		7	18	7	48
8		8	19	8	49
9		9	20	9	50
10		10	21	10	51
11		11	22	11	52
12		12	23	12	53
13		13	24	13	54
14		14	25	14	55
15		15	26	15	56
16		16	27	16	57
17		17	28	17	58
18		18	29	18	59
19		19	30	19	60
20	0	20	31	20	61
21	1	21	32	21	62
22	2	22	33	22	63
23	3	23	34	23	64
24	4	24	35	24	65
25	5	25	36	25	66
26	6	26	37	26	67
27	7	27	38	27	68
28	8	28	39	28	69
29	9	29	40	29	70
30	10	30	41	30	71
31	11			31	72

Bylae 3.1

Uitleg van potte op tafels in glashuis

Tafel 1

B62	A61	B22	D31	C31	B71	D41	D21	B42	B21	B31	B61
A41	A42	A21	A71	D31	D32	A41	B41	C21	A62	D22	C10
B62	A22	A10	B21	B42	A42	C21	A31	C32	C10	A72	B21
A72	C22	A21	D22	A31	B22	A71	C41	B41	C31	B10	A61
C21	A21	A71	A10	B62	C41	C31	A22	C42	B10	B61	C32

A21 verteenwoordig: A = grond
 2 = Behandeling
 1 = P-peil

Tafel 2

C10	B22	B32	B72	B31
B32	C22	B10	B31	D42
C32	B42	C32	C42	B42
C41	C21	A10	B41	D41
A22	B62	B71	C22	B10
D10	A21	D32	D10	C42
B31	A41	A42	A62	A61
D42	A22	D32	D22	D31
B21	B61	B22	A72	C31
D41	A10	C10	C41	A41
B61	D10	C21	B32	B41
B72	B21	D21	D41	C21



Noord

Tafel 3

C31	A31	B42	A32	B32	C41	B72	A72	A31	D31	D41	A32
B41	A10	D42	D22	C32	D42	C10	A62	C42	A71	A42	D32
B10	A61	D22	B71	A72	A41	B72	D21	B22	A22	C22	B71
B71	B62	D21	D32	D41	D10	D31	B31	A21	C41	A62	B72
A62	B21	B61	A32	A61	B32	D10	A42	A71	A31	A22	A32

{Deur}

Bylae 5.1 Berekende F-waardes

	Vry- heids- grade	Opbrengs	Totale-P	Grond-P	Blaar-P
Gronde saam					
Grond	3	3,13 *	266,00 **	403,93 **	236,59 **
Peil	1	23,85 **	137,98 **	16,06 **	57,90 **
Bron	3	73,38 **	86,24 **	8,18 **	18,10 **
Grond*peil	3	4,42 *	1,79	1,39	5,13 **
Peil*bron	3	3,99 *	20,05 **	3,56 *	7,16 **
Grond*bron	9	28,90 **	9,17 **	5,97 **	6,75 **
Grond*peil* bron	9	2,09 *	0,56	0,42	0,64
Gronde apart					
A peil	1	0,29	17,42 **	4,49 *	27,54 **
bron	3	2,00	6,73 *	1,07	15,22 **
B peil	1	5,73 *	39,59 **	4,30 *	35,11 **
bron	3	75,20 **	51,80 **	26,27 **	14,07 **
C peil	1	8,69 **	32,81 **	10,11 **	6,34 *
bron	3	4,15 *	7,00 **	11,72 **	2,03
D peil	1	20,55 **	25,44 **	2,07	2,62
bron	3	40,31 **	25,56 **	8,37 **	2,24

	Vry- heids- grade	L-waarde	Kunsmis-P	Persentasie kunsmis-P
Gronde saam				
Grond	3	283,84 **	159,73 **	521,75 **
Peil	1	0,92	686,43 **	387,60 **
Bron	2	128,37 **	143,88 **	136,34 **
Grond*peil	3	2,08	25,80 **	11,02 **
Peil*bron	2	2,21	11,85 **	6,50 **
Grond*bron	6	28,14 **	5,00 **	9,36 **
Grond*peil* bron	6	0,19	3,76 **	5,66 **
Gronde apart				
A peil	1	0,92	174,79 **	227,14 **
bron	2	56,30 **	51,59 **	132,74 **
B peil	1	1,36	115,13 **	56,75 **
bron	3	29,00 **	19,96 **	21,94 **
C peil	1	0,24	83,32 **	42,13 **
bron	3	83,93 **	43,81 **	52,50 **
D peil	1	5,55 *	196,34 **	107,02 **
bron	3	3,94 *	21,37 **	7,08 **

Bylae 5.1 (vervolg) Berekende F-waardes

	Vry- heids- grade	Stikstof	Kalsium
Gronde saam			
Grond	3	2,45	34,68 **
Peil	1	0,01	0,58
Bron	2	4,08 *	1,40
Grond*peil	3	0,98	1,95
Peil*bron	2	0,01	0,21
Grond*bron	6	3,92 **	2,79 **
Grond*peil* bron	6	0,42	0,42

* Betekenisvolle verskil ($P < 0,05$)

** Hoogs betekenisvolle verskil ($P < 0,01$)

Bylae 6.1 Die fosforinhoud op verskillende dieptes
(gemiddeld van behandeling 3 en 5)

Diepte (cm)	Grond				KBV _T (0,05)	KV
	A	B	C	D		
1	2,831	1,920	3,029	2,056	0,914	30,82
2	1,650	1,061	1,644	1,442	0,502	28,70
3	0,767	0,604	0,611	0,911	0,409	46,92
4	0,285	0,218	0,220	0,483	0,290	79,65
5	0,076	0,163	0,042	0,208	0,164	111,11
6	0,016	0,008	0,010	0,092	0,086	225,96
7	0,005	0,004	0,006	0,007	0,008	122,16
8	0,005	0,010	0,002	0,0	0,010	186,87