

INVLOED VAN UITRUILBARE IONE
IN HARPUISSTOWWE
OP DIE
ONTKIEMING EN GROEI VAN MIELIES.

VERHANDELING AANGEBIED TER VOLDOENING AAN DIE
VEREISTES VIR DIE GRAAD MAGISTER SCIENTIAE
VAN DIE POTCHEFSTROOMSE UNIVERSITEIT VIR C.H.O.

DEUR

J. H. GROHLER.

JANUARIE 1956.

I N H O U D S O P G A W E .

<u>HOOFSTUK I</u>	<u>INLEIDING.</u>	<u>Bls.</u>
A.	ALGEMEEN.	1
B.	HISTORIESE OORSIG VAN KATIOONUITRUILING IN GRONDE.	2
C.	UITRUILINGSKAPASITEIT VAN GRONDE.	5
D.	INVLOED VAN GEWASVERBOUING OP KATIOONUIT- RUILINGSKAPASITEIT.	6
E.	OMVANG VAN ONDERSOEK.	7
<u>HOOFSTUK II</u>	<u>EKSPERIMENTELE BESONDERHEDE.</u>	9
A.	MATERIAAL.	9
B.	ANALITIES.	10
C.	EKSPERIMENTEEL.	14
<u>HOOFSTUK III</u>	<u>EKSPERIMENTELE RESULTATE.</u>	16
A.	UITWERKING VAN UITRUILBARE IONE OP DIE ONTKIEMING VAN MIELIES.	16
	a) Ontkieming van Mielies in Teenwoordigheid van Katione en Anione.	16
	b) Invloed van Hoeveelheid Uitruilbare Katione op Ontkieming.	20
	c) Invloed van Spoorelemente.	21
	d) Speed van Ontkieming in Katioon-media.	21
	e) Beweging van Ione gedurende Ontkieming.	266
	i) Beweging van Katione gedurende Ont- kieming in Teenwoordigheid van Ca^{2+} en K^+ Uitruilers.	27
	ii) Beweging van Katione en Fosfaat in Teenwoordigheid van H^+ en OH^- Uit- ruiler.	31

B/...

B.	NAWERKING VAN UITRUILBARE IONE.	36
a)	In Waterkultuur.	36
b)	In Sandkultuur.	37
C.	GROEI VAN MIELIES IN UITRUILER-MEDIA.	40
a)	Inleiding	40
b)	Sand-uitruiler mengsels.	40
c)	Afleidings.	43
<u>HOOFSTUK IV</u>	<u>INVLOED VAN Ca^{2+} EN Na^+ IN 'N</u> <u>NATRIUMSILIKAATUITRUILER.</u>	45
<u>HOOFSTUK V</u>	<u>BESPREKING VAN RESULTATE.</u>	46
A.	STREMMING VAN WORTELONTWIKKELING.	46
B.	NAWERKING VAN UITRUILBARE IONE.	50
C.	OPNAME VAN IONE DEUR GROEIENDE PLANTE.	51
<u>HOOFSTUK VI</u>	<u>OPSOMMING.</u>	54
<u>BEDANKINGS.</u>		56
<u>VERWYSINGS.</u>		57
BYLAAG I.		61
"	II	62
"	III	63
"	IV	64
"	V	65

HOOFSTUK 1.

INLEIDING.

A. ALGEMEEN.

Die gebruik van anorganiese kunsmisstowwe as bron vir plantvoedsel neem al groter afmetings in die wêreld, en ook in Suid-Afrika, aan soos die boerderystelsels meer intensief beplan en uitgevoer word. Die eise wat aan die produksiekapasiteit van die grond gestel word, word al strawwer soos die oppervlakte van bewerkbare gronde 'n maksimum bereik. Die probleem om aan die plant genoegsame plantvoedsels vir optimale groei te verskaf word derhalwe ook al hoe ernstiger. 'n Studie van die basiese beginsels betrokke by die voeding van plante, wat in die grond as medium groei, is nodig om die gebruik van hulpmiddels vir die verbetering van die produksievermoë op 'n gesonder grondslag te plaas.

Aan die Potchefstroomse Landboukollege en elders is deur die Landboudepartement 'n hele aantal bemestingsproewe uitgevoer om die meriete van verskillende kunsmisstowwe uit te toets (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.). Mielies, onder droëland toestande, is die vernaamste toetsgewas. Die uitslag soos weerspieël in die opbrengs, toon 'n bykans kroniese fosfaatarmoede in ons gronde.

Die algemene toestande, wat in die Akkerbougronde van die Hoëveldstreek heers, word deur Brevis e.a. (8) beskryf. Onder aanhoudende gewasverbouing vind versuring van die grond plaas as gevolg van die uitputting van beskikbare kalsium. Die produksievermoë kan oor die algemeen verbeter word deur die toediening van landboukalk.

Die wetenskaplike beheer van grondvrugbaarheid is afhanklik van 'n grondige kennis oor die rol van die ione, die aard van hulle beskikbare vorms in die grond en die verband tussen die hoeveelhede van die beskikbare ione en plantegroei.

Die plantvoedsel word deur 'n proses van ioonuitruiling deur die plant opgeneem (Lündegard 9), en die beweeglikheid van ione in die grond tel onder die mees belangrike enkele faktore in grondvrugbaarheid (Bray 10).

Die verskynsel, dat groot verskille in groeikragtigheid van plante op dieselfde oënskynlik homogene stuk grond voorkom, bly nog steeds een van die lastigste landboukundige probleme om op te los. Du Toit (11) het 'n studie van die katioonuitruiling in Suid-Afrikaanse gronde gemaak en hy beweer dat die uitruilingskapasiteit van 'n homogene grond baie wissel van plek tot plek en dat vir 'n goeie gemiddelde dit nodig is om 'n groot aantal monsters te neem.

Enige ioon, wat op die grondkolloïedkompleks geadsorbeer is, het 'n relatiewe lae beweeglikheid. Die vermoë van die grond om die ione te bind en weer vry te stel wanneer nodig, tesame met die vermoë van die plant om die ione op te neem en te gebruik, speel 'n baie belangrike rol in die gedrag van die plant teenoor bemestingsstowwe. Die sintetiese harpuitruilers bied 'n moontlikheid om die toestande in die uitruilingskompleks te beheer. Die invloed van die uitruilingskompleks op die ontwikkeling van 'n plant kan dus nagegaan word.

Mielies, die gewas wat in die Hoëveldstreek op die grootste skaal verbou word, is dus vir die ondersoek gebruik.

Oor die invloed van die medium op die ontkieming van saad in teenwoordigheid van uitruilbare voedingstowwe is heel weinig navorsing gedoen en daarom is aan hierdie belangrike stadium van die plant se ontwikkeling aandag gegee.

B. HISTORIESE OORSIG VAN KATIOONUITRUILING IN GRONDE.

Ioonuitruiling kom wydverspreid in die natuur voor en die gevolge daarvan is in die verlede alreeds opgemerk. Boyd (12) kwoteer die volgende interessante aanhaling uit 'n werk van Aristoteles (13): "Why is it that waters near the

sea/...

sea are usually fresh and not salty? Is it because water which is allowed to percolate becomes more drinkable ...?"

In 1850 het twee vooraanstaande landbouchemikers Way (14) en Thompson (15) die eerste sistematiese waarnemings van ioonuitruiling met klei gerapporteer.

'n Goeie oorsig van die historiese ontwikkeling van katioonuitruiling word deur Kelley (16) gegee. Die verklaring van die adsorptiewe eienskappe was die grootste probleem. Sommige het 'n suiwer chemiese verklaring in die oplossing van die silikate probeer soek en beweer dat dit die funksie van die katione was om die oplosbare sure te neutraliseer. Andere het weer die absorpsie van katione aan oppervlakte-aantrekking toegeskryf en die verskynsel, dat basisonversadigde klei die oplossing van 'n neutrale sout suur maak, aan die fisiese adsorpsie van die katioon toegeskryf sodat die anioon gedeelte van die sout in die oplossing agterbly.

Hierna het die verklaring hoofsaaklik berus op die begrip van uitruilingsadsorpsie op die oppervlak van die kolloïedale materiaal. Die mees intensiewe ondersoek is deur Gedroiz (17) gedoen. Hy het bevind dat die uitruilmateriaal kolloïdaal is, en dat die uitruilingsreaksie 'n aspek van kolloïedchemie is. Mattson (18) het probeer om katioonuitruiling op die "asidoïed-basoïed" verhouding te verklaar. Hy het beklemtoon dat die katioonuitruilingskapasiteit 'n funksie van die pH is.

Met die ontdekking, dat die anorganiese kolloïdale materiaal van die grond 'n kristallyne struktuur het, het Hendricks en Fry (19) en Kelley, Dore en Brown (20) 'n nuwe fase in die bodemkunde ingelui. Katioonuitruiling in gronde word nou toegeskryf aan die roosterstruktuur van die kléiminerales. Die belangrikste vooruitgang in die laaste jare was:-

1. Die rasionalisering van die kragte wat betrokke is

by/...

by katioonuitruiling.

2. Die verduideliking van die verskille tussen die katioonuitruilingskapasiteite van verskillende gronde.
3. Die verklaring wat gegee is vir die verskillende grondeienskappe.

Die natuurlike uitruilers is aan beperkings, wat die toepassing van die beginsel van ioonuitruiling strem, onderhewig. Die ontdekking van gesulfoneerde-koolkatioonuitruilers deur Adams en Holmes (21) is van alle kante verwelkom. Die sintetisering van bestendige harpuise, met ioonuitruilings-eienskappe het die toepassing van die proses van ioonuitruiling baie verbreed en ook veel bygedra om 'n beter begrip van die teorie en meganisme van ioonuitruiling te verkry. Hierdie aspekte word breedvoerig deur Kunin en Myer (22) en Nachod (23) behandel.

Vir ioonuitruiling kan die volgende empiriese reëls van Kunin en Myer gebruik word (22):

1. By lae konsentrasies in waterige oplossing neem die uitruiling met stygende valens van die uitruilende ioon toe: $\text{Bv. Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Th}^{4+}$
2. By lae konsentrasies in waterige oplossing neem die uitruiling met atoomnommer toe indien temperatuur en valenstoestand konstant bly: Bv. $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+$; $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Ba}^{2+}$.
3. By hoë konsentrasie word die verskille in uitruilingspotensialiteit van ione met verskillende valens kleiner sodat die orde selfs kan omkeer.
4. By hoë temperature en konsentrasies word die verskil in uitruilingspotensialiteite tussen ione met dieselfde valens met groter atoomnommer nie groter nie. Dit bly dieselfde of kan selfs verminder.
5. Die uitruilingspotensiaal van die waterstof-(oksonium) en hidroksielione varieer aansienlik met die

aard van hulle teë-ioon. Hoe sterker die suur of Basis hoe laer die uitruilingspotensiaal.

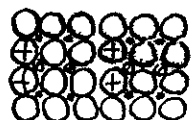
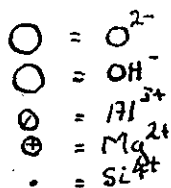
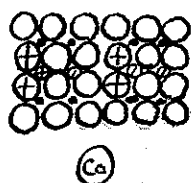
C. UITRUILINGSKAPASITEIT VAN GRONDE.

Ongeveer 1910 het die grondskeikundiges begin om die verskynsel van katioonuitruiling omvattend te ondersoek. Daar is gevind dat die uitruilbare katione nou verwant is aan baie verskillende grondprosesse, soos die reaksie teenoor bemestingstowwe, grondfisika, grondchemie, grond-suurheid en alkaliniteit, en die buffereienskappe van gronde.

Die uitruilingskapasiteit van 'n grond het tweërlei ontstaanwyse. Die eerste is anorganies van aard en is geleë in die kleiminerale. Die ontstaan van kleiminerale kan kortliks as volg geskets word. Die primêre minerale, soos veldspate, word deur alkaliese hidrolise in teenwoordigheid van katione, in die sekondêre of kleiminerale, soos kaolinite, montmorilloniet, en hodroglimmers, omgesit. By die vorming van die meer belangrike katioonuitruilende kleiminerale is die rangskikking van die elektronegatiewe O^{2-} en OH^- ione en die elektropositiewe Si^{4+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} ione sodanig, dat dit opname van katione uit die medium noodsaak om elektriese neutraliteit te bewaar. Hierdie katione is geleë op die oppervlak van die kristalrooster en kan gevolglik deur ander ione in oplossing verplaas word. Die navorsing in verband met kleiminerale het dus die studie van ioonuitruiling in gronde op 'n wetenskaplike grondslag geplaas.

Die diagramatiese voorstelling van die struktuur van montmorilloniet probeer om die inherente vermoë van die

Die struktuur van Montmorilloniet.

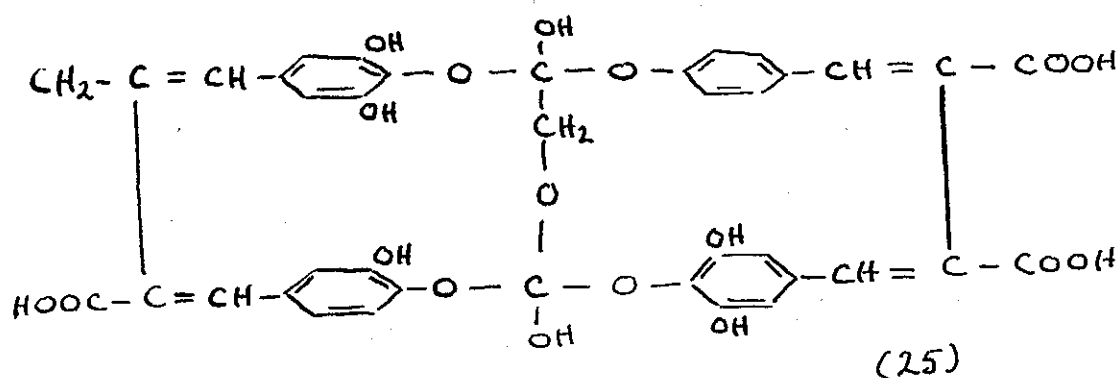


(Scheffer & Schachtschabel, 14)
kleifraksie/...

kleifraksie, om plantvoedsel teen uitloging te beskerm, te illustreer.

Die ander oorsprong van die uitruilingsvermoë is geleë in die organiese of humusfraksie van die grond waarvan die ontstaan kortliks as volg geskets word. Die dooie organiese plantreste word deur mikro-organismes tot 'n bestendige donkergekleurde humuskompleks ontbind, wat afgebou kan word tot verskillende organiese makromolekule, waarvan die humussure die belangrikste is. Die uitruilingsvermoë van hierdie verbindings is verbind aan verskillende funksionele groepe in hulle roosterstruktuur. Die $-OH$ en $-COOH$ groepe kan ioniseer en die H^+ , net soos enige katioon waardeur dit verplaas mag word, is beweeglik deur die netwerk.

Die Struktuur van 'n Humussuur.



Die totale uitruilingskapasiteit is geleë in 'n sogenaamde klei-humuskompleks, wat uiters stabiel is. Die kompleks kan as kleimineraledeltjies, wat aanmekaar gesamen-teer is deur humusstowwe of uitskeidingsprodukte van organismes, beskou word. Die uitruilingsvermoë van die minerale-gedeelte word nie daardeur verminder nie.

D. INVLOED VAN GEWASVERBOUING OP KATIOONUITRUILINGS-KAPASITEIT.

Gewasverbouing is 'n effektiewe manier om 'n grond van katione te beroof. Die gebruik van kunsmatige bemestingstowwe word toegepas om die verhaasde uitputting van katione, onder gewasverbouing, teë te werk. Pogings is reeds gedurende die tweede helfte van die negentiende eeu aangewend

om/...

om die produktiwiteit van 'n grond met uitruilingskapasiteit of absorpsievermoë te korreleer. Gewasproduksie hang egter nie van een enkele faktor af nie, want faktore soos deurlugting, temperatuur, lig en gifstowwe speel ook 'n rol. Die katioonuitruilingskapasiteit speel desnieteenstaande 'n belangrike rol. Die uitruilbare katione word deur H^+ van biologiese oorsprong uitgeruil en daarna deur die plant opgeneem.

Jenny en Overstreet (26) het aangetoon dat sekere uitruilbare katione deur plantwortels opgeneem kan word sonder om deur 'n tussen oplossingsstadium te gaan. Die omgekeerde mag ook waar wees. Die plantwortels mag katione verloor bv. as die uitruilingskompleks versadig is met 'n kation, natrium of magnesium, wat gereedelik met kalsium of kaliumkatione uitruil. Die plant wat in so 'n grond groei, kan van sy kalsium of kalium aan die uitruilingskompleks prysgee, soos deur Jenny e.a. (27), Albrecht en McCalla (28), aangetoon.

E. OMVANG VAN ONDERSOEK.

In hierdie ondersoek word die aandag hoofsaaklik bepaal by die invloed van die geadsorbeerde katione en anione in uitruilers op die ontkieming van mieliesade. Die algemene idee, dat die ontkiemende saailing self sy eie voedingstowwe voorsien, berus hoofsaaklik op ontkiemingstoetse in media van filtreerpapier, sand, ens. In die natuur ontkiem die saadjie egter in die grond met 'n bepaalde uitruilingskapasiteit, wat wisselende verhoudings van katione bevat. Dit is dus van die uiterste landboukundige belang om vas te stel hoe ontkiemende saailinge deur so 'n medium beïnvloed word.

Die grond as medium is egter so ingewikkeld dat dit onmoontlik is om die invloed van enige faktor met sekerheid vas te stel. Die sintetiese harpuiuitruilers kan na willekeur met verskillende ionen versadig word. Deur uitruilers, wat afsonderlik met verskillende ionen versadig is, met die groei-medium te meng, kan die samestelling daarvan na wille-

keur/...

keur verander word.

Die ondersoek behels in breë trekke drie hoofgedagtes:

1. Die ontkieming van mielies in uitruilermmedia om vas te stel wat die spesifieke effek van verskillende uitruilbare katione en anione, naamlik waterstof, kalsium, magnesium, kalium, natrium, nitraat en fosfaat, op die ontkieming is. Die invloed van die uitruiler in die medium op die beweging van ione, gedurende die ontkieming, is ook nagegaan.

2. Die nawerkende effek van die chemiese samestelling van die medium op die mielieplante is getoets, deur die saailinge te verplaas na media waarin voorgeskrewe optimum groeistoestande heers.

3. Die groei van mielies in media waarin alle voedingsstowwe op uitruilers geadsorbeer is, is nagegaan. 'n Mengsel van 'n kation- en anioonuitruiler is met 'n voedingsoplossing geloog en verskillende hoeveelhede daarvan by die sand gevoeg, wat as groei-medium moes dien. Die plante is chemies ontleed om die beskikbaarheid van die geadsorbeerde ione vir die plant vas te stel.

HOOFSTUK 11.

EKSPERIMENTELE BESONDERHEDE.

A. MATERIAAL.

a) Sand: Vaalrivier sand is met 50% soutsuur vir een uur gekook, vir 24 uur gelaat, die suur afgegooi, en daarna weer met 25% NaOH gekook. Die sand is daarna met gedistilleerde water gewas tot konstante pH.

b) Katïoonuitruilers:

(i) Zeokarb 215 is 'n fenol-sulfoonsuur harpui wat in die natrium vorm, met 'n gewig van 27 lbs. per kub. vt. of 750 gram per liter verskaf word. Die waterstof vorm is stabiel tot by 40°C en ander vorme tot by 95°C. Dit het 'n kapasiteit van 10,000 grein per kub. vt. of 2.6 m.e. per droë gram.

(ii) Decalso-Y is 'n natriumaluminiumsiliikaat uitruiler wat gebruik word vir neutrale katïoonuitruiling. Dit word in die natrium vorm voorsien en bevat 'n effense oormaat alkalie. Die gewig is 50 lb. per kub. vt. en die deeltjie-grootte -8+50 maas. Dit is bestendig tot 30°C.

c) Anïoonuitruilers:

(i) De-acidite E het 'n medium basisiteit en 'n hoë kapasiteit om sure te absorbeer, m.a.w. om anione op te neem. Die digtheid is 40 lb. per kub. vt. of 650 g. per liter. Die grootte van die deeltjies is -16+50 maas en is bestendig tot by 60°C.

Nota: Die woorde "De-acidite" en "Zeokarb" is geregistreerde handelsmerke van "The Permutit Co. Ltd."

d) Gewas:

'n Suiwer lyn mielie K-64 is as toetsgewas gebruik.

e) Potte:

Gewone erdepotte is binne met butimen en buite met aluminium geverf. Hulle het 'n deursnee van 4" bo en 'n

hoogte/...

hoogte van 5", met 'n gat in die bodem.

f) Water:

Deurgaans is van gedistilleerde water gebruik gemaak, behalwe waar anders vermeld.

g) Voedingsoplossing:

'n Oplossing met die volgende samestelling is gebruik (Hewitt 29).

M KNO_3	6.0 ml.	] — per liter
M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	8.0 ml.	
M KH_2PO_4	1.0 ml.	
M MgSO_4 (as $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.0 ml.	
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5%)	0.6 ml.	
Wynsteensuur 0.4%)		
Oplossing Spoorelemente		
H_3BO_3 2.86 mg.)		
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.81 mg.)		
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.08 mg.) per liter .	1.0 ml.]	
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22 mg.)		
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.09 mg.)		

h) Petribakkies met 'n deursnee van 7 sm. is gebruik.

B. ANALITIES:

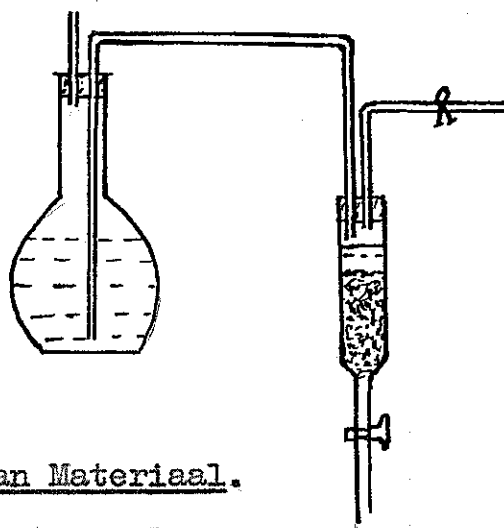
a) Bereiding van Media.

'n 5% Oplossing van die betrokke sout van die kation is berei. 'n Bepaalde volume van die uitruiler word in ongeveer tweekeer sy eie volume van die oplossing vir 2 uur geweek waarna dit oorgebring word in 'n filtreerbuis en met die orige gedeelte van 'n liter oplossing uitgeloog word, nadat lug deur 'n terugwasproses verwyder is. Hierna word dit met gedistilleerde water uitgeloog totdat die loogwater vry van die bepaalde anioon of kation is.

Nota: Die uitruiler, wat op die wyse met 'n bepaalde ioon versadig is, sal as Ca-uitruiler, Mg-uitruiler, ens. bestempel word.

Die logging word outomaties in 'n apparaat (figuur 1) gedoen.

Figuur f.



b) Ontleding van Materiaal.

i) Droëgewig bepaling.

Die plantmateriaal is fyngekerf, in 'n geweegde porseleinbakkie geplaas en by 105°C tot konstante gewig gedroog.

ii) As bepaling.

Die droë plantmateriaal is droog veras in dieselfde bakkies waarin die droëgewig bepaal is.

Die uitruilers en mieliesade is errs droog veras, 2 ml. (1:2) HNO_3 bygevoeg, op 'n waterbad droog gedamp en weer in 'n verbrandingsoond geplaas. Die proses is herhaal totdat 'n koolstofvrye oorblyfsel verkry is, en toe geweeg.

iii) Fosfaat bepaling.

Die fosfor is kolorimetries volgens die Molibdoovanado-metode bepaal:

Die as word met HCl opgeneem en tot 100 ml. verdun. 'n Geskikte afgemete hoeveelheid hiervan word droog gedamp; in 10 ml. (1:2) HNO_3 in 'n 100 ml. maatfles opgelos; gefiltreer en die reagentiese as volg bygevoeg:

10 ml. 0.25% NH_4VO_3 oplossing,

10 ml. 5.0% $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ oplossing.

Meng en verdun met water tot 100 ml. Bepaal die optiese digtheid by 460 - 480 mμ m.b.v. 'n spektrofotometer. Die hoeveelheid fosfor word verkry deur 'n standaard kromme

van/...

van 1 - 50 d.p.m. fosfor op te stel.

Reagense: 1. HNO_3 1:2

2. 0.25% Ammoniumvanadaat: Los 2.5 g. op in 500 ml. kokende water, koel af, voeg 20 ml. HNO_3 by en verdun tot 1 liter.

3. 5% Ammoniummolibdaat: Los 50 g. in 1000 ml. water by 50°C op.

iv) Kalsium en magnesium bepalinge.

Die Versenaatmetode is gebruik. 'n Geskikte afgemete hoeveelheid (ongeveer 20 ml.) van die oplossing word tot ongeveer 100 ml. verdun. Voeg 2 ml. 5% FeCl_3 -oplossing by. Verhit tot kookpunt en voeg 'n paar druppels broomkresolpers by. Drop $\text{NH}_4\text{OH}(c)$ by tot 'n pers kleur ontwikkel. Kook vir een minuut. Filtreer deur Whatman No. 40 of S.S. 589 filtreerpapier. Was met warm water. Was die presipitaat terug in die beker. Los die presipitaat in 'n paar druppels gekonsentreerde soutsuur op. Verdun. Voeg 'n paar druppels broomkresolpers by en kook. Drop $\text{NH}_4\text{OH}(c)$ by tot die oplossing pers is. Kook vir $\pm$ 1 minuut en filtreer deur die oorspronklike filtreerpapier.

Damp die filtraat in tot amper droog en was dit dan oor in 'n 100 ml. porseleinbakkie. Damp droog op 'n waterbad. Voeg 30 ml. $\text{HNO}_3(c)$ by en damp droog, plaas op warm sandbad tot alle HNO_3 verwyder is. Plaas in 'n cond by $300 - 400^\circ\text{C}$ vir 1 uur. Koel af, voeg 1 ml. gekonsentreerde soutsuur by en was oor in 'n 50 ml. maatfles. Verdun tot merk, filtreer en versamel die filtraat in monster bottels.

Kalsium bepaling:

Neem 5 - 25 ml., verdun tot ongeveer 50 ml. in 'n 250 ml. koniese beker. Voeg 0.5 - 1 ml. 4N NaOH by tot die pH 11 - 12 is. Voeg mureksied by en titreer met standaard versenaat.

Kalsium en Magnesium:

Neem 'n gelyke volume net soos vir kalsium. Voeg

1 ml. ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) reagens by ($\text{pH} \pm 10$). Titreer met dieselfde versenaat-oplossing met "Eriochrome Black T" as indikator.

Reagense:

1. Buffer Oplossings:

(a) Vir kalsium en magnesium:

Meng 67.5 g. NH_4Cl met 570 ml. NH_4OH (c) en verdun na 1 liter met gedistilleerde water.

(b) Vir kalsium:

4N NaOH.

2. Standaard Kalsiumchloried-oplossing:

Los 1.000 g. suiwer CaCO_3 in 'n bietjie HCl op, verdun na 1 liter en bêre in 'n ingeslypte glasbottel.

1 ml. = 1.000 mg. CaCO_3 .

3. Indikator Oplossing:

(a) Vir kalsium en magnesium:

Los 0.5 g. Analar Eriochrome Black T in 100 ml. alkohol op.

(b) Vir kalsium:

Meng 0.1 g. ammoniumpurpuraat (Mureksied) met 50 g. "Analar" NaCl. Verpoeier die mengsel tot 40 - 50 maas.

4. Standaard Versenaat-oplossing:

Los 4 g. natriumetileendiamientetraasetaat (Analar) en 0.1 g. suiwer $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ in 1000 ml. gedistilleerde water op.

Standardisasie van die Versenaat-oplossing met

Eriochrome Black T as Indikator.

By 20 ml. van die standaard kalsiumchloriedoplossing voeg 1 ml. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ buffer en 10 druppels van die Eriochrome Black T indikator; titreer met standaard versenaatoplossing. Verdun dan die oplossing sodat 1 ml. versenaat = 1 ml. CaCl_2 opl. = 1 mg. CaCO_3 .

Standardisasie/...

Standardisasie van die Versenaat-oplossing met Am-
monium-purpuraat as Indikator.

By 20 ml. van die standaard kalsiumchloried-oplossing voeg 0.6 ml. 4 N NaOH en 0.2 g. Mureksied-NaCl mengsel. Titreer met standaard versenaatoplossing.

Nota: Die hoeveelheid Versenaat benodig saam met Mureksied is gewoonlik minder as wanneer Eriochrome Black T gebruik word. Die verskil word aangesuiwer deur die toekenning van 'n faktor aan die een oplossing.

v) Kalium bepalinge.

Kalium is met 'n vlam-fotometer bepaal, behalwe waar anders aangedui is.

vi) Natrium bepalinge.

Natrium is met 'n vlam-fotometer bepaal.

vii) Bepaling van pH.

'n Beckman model G glaselektrode pH-meter is gebruik. Die pH van die groei medium is bepaal m.b.v. mikroelektrodes wat direk in die houer daarvan geplaas is. Die pH van media, na die plantmateriaal verwyder is, is in 'n watersuspensie (1:2) bepaal.

C. EKSPERIMENTEEL.

a) Ontkiemingsproewe is deurgaans in petribakkies gedoen. Die gewig van die sand en die uitruiler was in alle gevalle 100 gram per bakkie. By elke bakkie is 20 ml. gedistilleerde water gevoeg. Die ontkieming is in 'n broeikas by 27°C gedoen. Tien sade is vir elke behandeling gebruik.

Nota: Vir media waarin mengsels van uitruilers, wat met verskillende katione en/of anione versadig is, gebruik is, word die verkortings Ca + K, ens. in die tabelle gebruik om aan te dui dat 'n kalsiumversadigde en kaliumversadigde uitruiler gemeng is.

b) Potproewe is in potte wat alreeds beskryf is gedoen. Die hoeveelheid sand plus uitruiler was 500 gram per pot. Genoegsame gedistilleerde water of voedingsoplossing is elke dag toegedien om te verseker dat die medium met

water/...

water versadig is.

c) Proewe in waterkultuur is in 500 ml. erlenmeyer-flesse wat buite swart geverf is gedoen.

HOOFSTUK 111.

EKSPERIMENTELE RESULTATE

A. UITWERKING VAN UITRUILBARE IONE OP DIE ONTKIEMING VAN MIELIES.

a) Ontkieming van Mielies in Teenwoordigheid van Katione en Anione.

Waterstof, kalsium, magnesium, en kalium is die vier vernaamste katione wat in die voeding van plante 'n rol speel, terwyl nitraat en fosfaat die belangrikste twee anione is. Van hierdie ses ione is alle moontlike kombinasies gemaak om vas te stel wat die invloed van die verskillende ione op die ontkieming van die saadjies van 'n suiwer-tipe mielie (K-64) is. Die uitruiler is met sand in petribakkies gemeng en die saad is in 'n broeikas by 27°C ontkiem.

Zeokarb 215 is met Ca^{2+} , K^{+} , Mg^{2+} en H^{+} respektiewelik versadig en De-acidite E met HPO_4^{2-} en NO_3^{-} respektiewelik. Die totale gewig van die uitruiler is in alle gevalle op 6 gram per 100 gram sand-uitruiler mengsel vasgestel, en 20 ml. gedist. water is vooraf by elke bakkie gevoeg.

Die resultate blyk uit die fotos in bylae I, II, III, en IV, en kan as volg saamgevat word:

Voeg in Tabel 1.

Om 'n beter insig te kry oor die invloed van die verskillende kombinasies is die volgende indeling gemaak. (sien bylae I).

Tabel 2.

Aard van Ontkieming in Katioon Kombinasies.

<u>Goed.</u>	<u>Redelik.</u>	<u>Swak.</u>
Ca	Ca + Mg	H
K + Ca	K + Ca + Mg	K
		Mg
		H + Mg
		H + K
		H + Ca
		K + Mg
		H + K + Mg
		H + K + Ca
		H + Ca + Mg
		H + K + Ca + Mg

TABEL 1.

UITWERKING VAN UITRUILBARE IONE OP ONTKIEMING.

Aard van ontkieming	uiters ontkieming	swak	baie swak	swak	redelik	redelik goed	goed	baie goed
enkel	H	Mg NO ₃ HPO ₄	K				Ca	
dubbel	H+Mg H+K.	K+Mg K+HPO ₄	H+Ca H+HPO ₄ H+NO ₃	Ca+HPO ₄ K+NO ₃	Ca+Mg HPO ₄ +NO ₃ Mg+HPO ₄	K+Ca Mg+NO ₃	Ca+NO ₃	
drievoud	H+K+Mg. H+K+HPO ₄	H+Ca+NO ₃ H+Mg+NO ₃ H+K+NO ₃ K+Mg+HPO ₄	H+K+Ca H+Ca+HPO ₄ H+Mg+HPO ₄ H+Ca+Mg.		H+HPO ₄ +NO ₃ K+Ca+Mg K+Ca+HPO ₄ Ca+Mg+HPO ₄ Ca+HPO ₄ +NO ₃ Mg+HPO ₄ +NO ₃ K+HPO ₄ +NO ₃	K+Mg+NO ₃	Ca+Mg+NO ₃	K+Ca+NO ₃
viervoud	H+Ca+Mg+ HPO ₄	H+K+Mg+NO ₃ H+K+Ca+NO ₃	H+K+Ca+Mg+ H+K+Mg+HPO ₄ H+K+Ca+HPO ₄	H+Ca+Mg+NO ₃ H+Ca+HPO ₄ +NO ₃ H+Mg+HPO ₄ +NO ₃ H+K+HPO ₄ +NO ₃ K+Ca+Mg+HPO ₄		K+Mg+Ca+NO ₃	K+Mg+HPO ₄ +NO ₃ K+Ca+HPO ₄ +NO ₃ Ca+Mg+HPO ₄ +NO ₃	
vyfvoud			H+K+Ca+Mg+ HPO ₄	H+K+Mg+HPO ₄ +NO ₃ H+K+Ca+HPO ₄ +NO ₃		H+Ca+Mg+HPO ₄ +NO ₃ NO ₃	K+Ca+Mg+HPO ₄ +NO ₃	
Sesvoud				H+K+Ca+Mg+HPO ₄ +NO ₃				

Kalsium is die enigste katioon wat 'n goeie ont-
kieming verseker. Waar K^+ en Mg^{2+} alleen teenwoordig is in
die uitruiler-fase word ontkieming gestrem, maar as hulle
kombinasie met Ca^{2+} gebruik word, word 'n verbeterde ont-
kieming verkry, veral $K + Ca$. Kalium en kalsium ione blyk
dus van belang te wees by die ontkiemingsproses, terwyl mag-
nesium ook 'n rol speel. Waterstof of onversadigde uitruiler
strem ontkieming oral waar dit voorkom.

Tabel 3.

Aard van Ontkieming in Anioon Kombinasies.

<u>Goed.</u>	<u>Redelik.</u>	<u>Swak.</u>
	$HPO_4 + NO_3$	NO_3 HPO_4

Fosfaat- en nitraat-ione, indien afsonderlik aanwesig
in die uitruiler, strem die ontkieming, maar 'n kombinasie
van die twee gee 'n verbeterde ontkieming.

Tabel 4.

Aard van Ontkieming in Katioon-fosfaat Kombinasies.
(Sien bylae 11)

<u>Goed.</u>	<u>Redelik.</u>	<u>Swak.</u>
	Mg	H
	$K + Ca$	K
	$Ca + Mg$	Ca
	$K + Ca + Mg$	$H + Mg$
		$H + K$
		$H + Ca$
		$K + Mg$
		$H + K + Mg$
		$H + K + Ca$
		$H + Ca + Mg$
		$H + K + Ca + Mg$

Behalwe dat Mg^{2+} en Ca^{2+} skynbaar van rolle ver-
wissel in teenwoordigheid van HPO_4^{2-} , het fosfaat geen ver-
betering in die ontkieming teweeggebring nie; slegs 'n
effens swakker ontkieming is met $K + Ca + HPO_4$ as met $K + Ca$
alleen verkry.

Tabel/...

Tabel 5.

Aard van Ontkieming in Katioon-nitraat Kombinasies.
(Sien bylae III)

<u>Goed.</u>	<u>Redelik.</u>	<u>Swak.</u>
Ca		H
Mg		K
K + Ca		H + Ca
Ca + Mg		H + Mg
K + Mg		H + K
K + Ca + Mg		H + K + Mg
		H + K + Ca
		H + Ca + Mg
		H + K + Ca + Mg

Behalwe vir die kombinasie $K + NO_3$ het NO_3 saam met kombinasies van die katione kalsium, magnesium en kalium goeie ontkieming verseker. Die teenwoordigheid van H^+ strem egter nog steeds die ontkieming.

Tabel 6.

Aard van Ontkieming in Katioon-fosfaat-nitraat Kombinasies.
(Sien bylae IV)

<u>Goed.</u>	<u>Redelik.</u>	<u>Swak.</u>
K + Mg	H	
K + Ca	Ca	
Ca + Mg	Mg	
K + Ca + Mg	K	
H + Ca + Mg	H + Ca	
	H + Mg	
	H + K	
	H + K + Mg	
	H + K + Ca	
	H + K + Ca + Mg	

Alle kombinasies van K^+ , en Ca^{2+} gee goeie ontkieming saam met NO_3^- en HPO_4^{2-} terwyl die $H + Ca + Mg$ kombinasie ook goeie ontkieming gee. Die enkel katione H^+ , Ca^{2+} , K^+ en Mg^{2+} saam met NO_3^- en HPO_4^{2-} gee redelike ontkieming, terwyl alle kombinasies van die vier katione en die twee anione ook 'n redelike ontkieming verseker.

Alle kombinasies met H^+ teenwoordig het swak ontkieming gegee behalwe waar dit in kombinasie was met HPO_4^{2-} en NO_3^- in welke gevalle die stremmende uitwerking nie so

groot/...

groot was nie. Slegs by die kombinasie $H + Ca + Mg + HPO_4$ is 'n goeie ontkieming verkry en dit was slegs 'n geringe verbetering.

Hoewel fosfaat alleen en nitraat alleen swak ontkieming bevorder, word 'n verbetering verkry as hulle gekombineer word en hierdie kombinasie gee met alle katioonkombinasies 'n redelike tot goeie ontkieming. Die kombinasie van fosfaat met katione gee geen verbetering van ontkieming bo die katioonkombinasies alleen nie, behalwe in die geval van $Mg + HPO_4$ waar 'n opvallende verbetering waargeneem is. Vir $Ca + HPO_4$ is weer 'n waarneembare swakker ontkieming as by Ca alleen verkry. Vir die $Mg + K + HPO_4$ het ook 'n groot verbetering plaasgevind teenoor $Mg + K$. Dit wil dus voorkom asof 'n wisselwerking tussen magnesium en die anione optree by die ontkiemingsproses..

b) Invloed van Hoeveelheid Uitruilbare Katione op Ontkieming.

In die ontkiemingsmedia, wat vir die kombinasies van ionen gebruik is, was die kleinste hoeveelheid 1 g. uitruiler per 100 gram. Om vas te stel wat die onderste limiet vir sulke katione is om 'n waarneembare invloed op die wortelontwikkeling uit te oefen is 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, en 1.0 gram van elk van Ca^{2+} , K^+ , en Mg^{2+} versadigde uitruilers per 100 g. sand as ontkiemingsmedium gebruik. Die drie saailinge wat die beste ontkiem het, se wortellengte is gemeet. Die resultate word in tabel 7 aangegee.

Tabel 7.

Lengte van wortels in mm. (Totaal vir 3 sade).
(Na 6 dae ontkieming).

Hoef. uitruiler bygevoeg.	0.0 g.:	0.2 g.:	0.4 g.:	0.6 g.:	0.8 g.:	1.0 g.
Ca-uitruiler	313	381	346	296	344	343
Mg-uitruiler	313	277	179	102	83	109
K-uitruiler	313	124	62	44	48	77

Dit/...

Dit blyk dat Ca^{2+} in klein hoeveelhede nie ontwikkeling van die wortels strem nie, maar dat Mg^{2+} en K^+ die lengte van die wortels onmiddellik beïnvloed.

Die lengte van die kiemplantjies na 6 dae word in tabel 8 aangegee.

Tabel 8.

Lengte van kiemplantjies in mm.

Hoef. uitruiler bygevoeg.	0.0 g.	0.2 g.	0.4 g.	0.6 g.	0.8 g.	1.0 g.
Ca-uitruiler	187	147	162	166	142	138
Mg-uitruiler	187	74	68	66	75	89
K-uitruiler	187	73	73	67	76	60

Op die ontwikkeling van die kiemplantjie het Ca^{2+} weereens nie so'n stremmende uitwerking as Mg^{2+} en K^+ nie.

Dit is dus duidelik dat Mg- en K-uitruiler in baie klein hoeveelhede die ontkieming nadelig beïnvloed.

Die effek word geïllustreer in afbeelding 1 en Fig.2.

c) Invloed van Spoorelemente.

Een van die beste ontkiemingsmedia, behalwe suiwer sand, was 'n mengsel van Ca-uitruiler en NO_3 -uitruiler. Om vas te stel of gelykwaardige ontkieming aan die van suiwer sand verkry kan word deur die byvoeging van spoorelemente is 'n spoorelementoplossing (29) in plaas van gedistilleerde water by 'n $\text{Ca} + \text{NO}_3$ medium gevoeg. Dit blyk egter dat die spoorelemente die saad swakker laat ontkiem. Sien Afbeelding (b) en (c) in bylaag V.

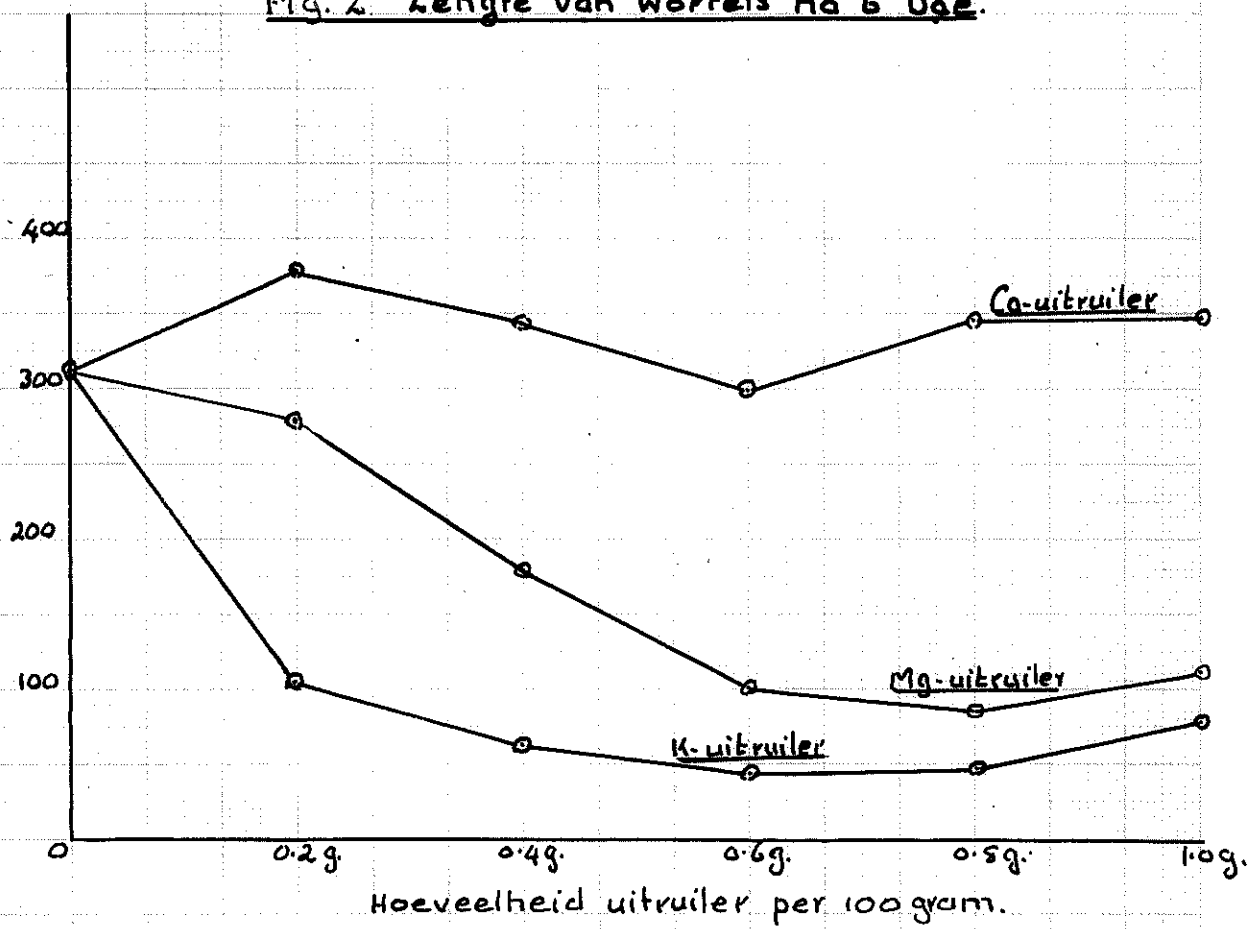
Waar spoorelemente egter by 'n suiwer sandmedium gevoeg is, het 'n merkbare stimulerings van die ontkiemingsproses plaasgevind. Sien Afb. (a) en (b) in bylaag V.

d) Spoed van Ontkieming in Katioon-media.

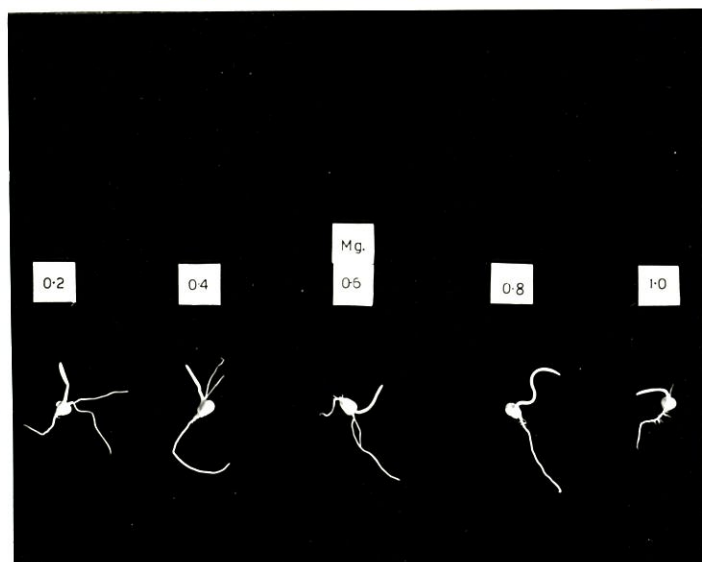
Die kwantitatiewe aspekte van die invloed van afsonderlike katione is verder ondersoek. Waarnemings in

verband/...

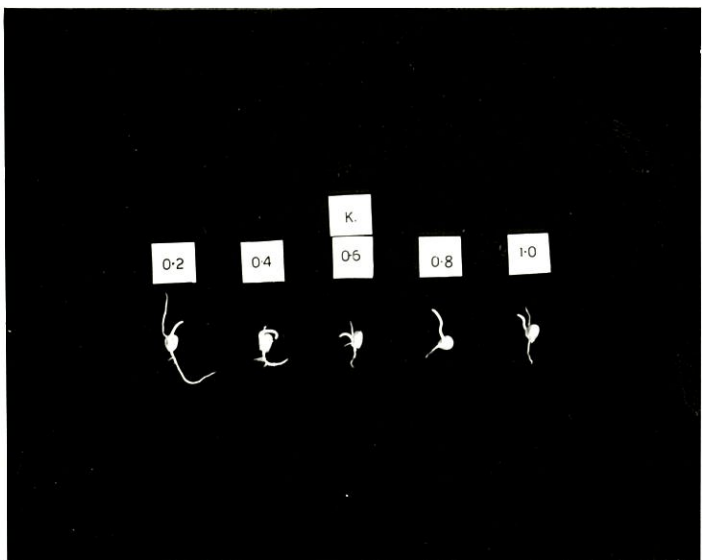
Fig. 2 Lengte van Wortels na 6 Dae.



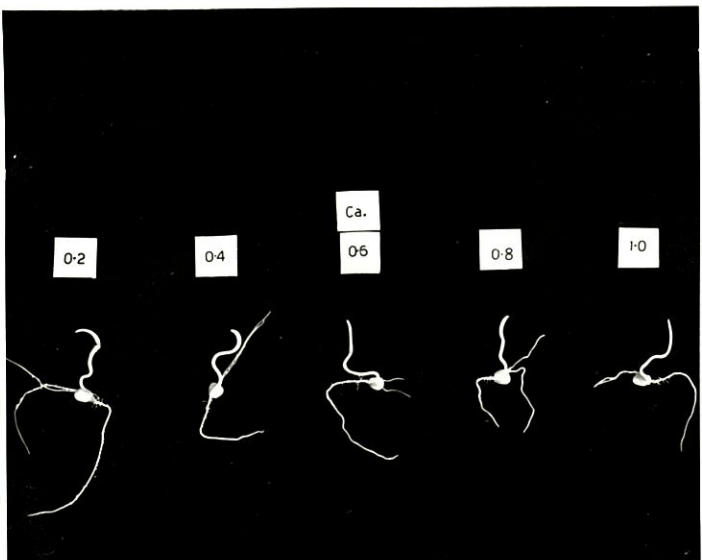
(a)



(b)



(c)



verband met die snelheid van ontkieming vir verskillende hoeveelhede van die uitruilbare katione toegedien is gedoen. Die resultate vir die katione natrium, kalsium, magnesium en kalium word in tabelle 9 - 12 weergegee.

Tabel 9.

Ontkieming in Na-uitruiler + Sand.

Gewig sand:	Gewig Uit-ruiler	Aantal sade ontkiem				pH van me-dium:	Wortelontwikkeling.
		48 uur	70 uur	79 uur	90 uur		
100.0 g.	0.0 g	1	10	10	10	5.70	Goed
99.5 "	0.5 "	-	9	10	10	7.11	Redelik
99.0 "	1.0 "	1	9	10	10	7.82	Redelik
98.5 "	1.5 "	-	5	7	9	7.69	Swak
98.0 "	2.0 "	-	8	9	10	7.60	Swak
97.5 "	2.5 "	-	6	8	10	7.88	Baie swak
97.0 "	3.0 "	-	7	10	10	7.99	Baie swak
96.5 "	3.5 "	-	10	10	10	7.66	Geen
96.0 "	4.0 "	-	7	7	9	7.70	"
95.5 "	4.5 "	-	9	9	9	8.00	"
95.0 "	5.0 "	-	5	8	10	8.09	"
94.5 "	5.5 "	-	5	6	8	8.01	"
94.0 "	6.0 "	-	7	9	10	8.26	"
93.0 "	7.0 "	-	3	9	10	8.06	"

Die wortelontwikkeling word ook baie gestrem deur die byvoeging van groter hoeveelhede Na-uitruiler, selfs tot so 'n mate dat vir byvoegings van meer as 3.5 gram uitruiler geen wortels ontwikkel het nie. Dit stem ooreen met resultate wat deur Kelley (16) verkry is in 'n sandgrond wat versadig is met Na^+ , nadat oplosbare soute uitgewas is. Hy skryf as volg oor die verskynsel: "Sodium saturated soil is known to be an unfavourable medium for plant growth. The toxicity has been attributed to excessive alkalinity and to unfavourable physical conditions. The pH of this sodium saturated soil was not more than 7.8, which is well within the range of tolerance of barley plants. The soil being quite sandy was loosely packed in the containers; hence it is probable that oxygen supply was not a limiting factor. Nevertheless, this soil proved to/...(b1.24)

	:Ge- :	Aantal sade ontkiem.	:
Gewig	:Uit-:	45: 69: 93: 116:140 : 164: 188:	pH : Wortels
Sand.	:rui-uur:uur:uur: uur:uur : uur: uur:		
	:ler :		
100.0 g:	0.0g:	2 : 8 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	4.75 : Goed
99.5 g:	0.5"	2 : 7 : 8: 8 : 9 : 9 : 9 :	6.00 : "
99.0 g:	1.0"	1 : 10 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	6.21 : "
98.5 "	1.5"	2 : 8 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	7.00 : Redelik
98.0 "	2.0"	1 : 7 : 8: 10 : 10 : 10 : 10 :	6.00 : Goed
97.5 "	2.5"	2 : 9 : 9: 9 : 9 : 9 : 9 :	6.80 : "
97.0 "	3.0"	1 : 8 : 9: 9 : 9 : 10 : 10 :	7.05 : "
96.5 "	3.5"	- : 7 : 9: 9 : 9 : 9 : 9 :	6.89 : "
96.0 "	4.0"	- : 8 : 9: 9 : 9 : 9 : 9 :	6.42 : "
95.5 "	4.5"	- : 9 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	7.11 : "
95.0 "	5.0"	- : 9 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	7.15 : "
94.5 "	5.5"	- : 9 : 9: 9 : 9 : 9 : 9 :	7.05 : "
94.0 "	6.0"	- : 6 : 9: 9 : 9 : 10 : 10 :	6.50 : Minder
93.5 "	6.5"	- : 7 : 10: 10 : 10 : 10 : 10 :	7.10 : Goed

Tabel 11.

		Aantal sade ontkiem								
:Gewig : uit- : 72 : 96 : 120 : 138 : 162 : 186 :									pH	Wortels
:Sand. : rui- : uur : uur : uur : uur : uur : uur :										
:ler :										
100.0g:	0.0g:	9	10	10	10	10	10	4.42:	Goed	
99.5"	0.5"	7	8	8	8	8	9	5.10:	Swak	
99.0"	1.0"	8	9	10	10	10	10	6.05:	"	
98.5"	1.5"	7	8	8	10	10	10	5.55:	"	
98.0"	2.0"	9	9	9	9	9	10	6.00:	Geen	
97.5"	2.5"	8	10	10	10	10	10	6.20:	"	
97.0"	3.0"	7	10	10	10	10	10	6.90:	"	
96.5"	3.5"	5	10	10	10	10	10	6.20:	"	
96.0"	4.0"	4	8	10	10	10	10	6.30:	"	
95.5"	4.5"	5	9	9	9	9	9	6.56:	"	
95.0"	5.0"	7	9	9	9	9	10	6.42:	"	
94.0"	6.0"	6	8	8	8	8	8	6.70:	"	
93.0"	7.0"	6	10	10	10	10	10	6.60:	"	

Tabel 12.

K-uitruiler + Sand.

:Ge- :		Aantal sade ontkiem :						:	:
:wig :		:	:	:	:	:	:	:	:
Gewig :	uit- :	44 :	68 :	92 :	116 :	140 :	164 :	pH :	Wortels
Sand. :	rui- :	uur :	uur :	uur :	uur :	uur :	uur :	:	:
:ler :		:	:	:	:	:	:	:	:
100.0g:	0.0g:	1 :	10 :	10 :	10 :	10 :	10 :	4.90:	Goed
99.5"	0.5"	- :	10 :	10 :	10 :	10 :	10 :	6.20:	Redelik
99.0"	1.0"	- :	10 :	10 :	10 :	10 :	10 :	6.38:	Swak
98.5"	1.5"	2 :	10 :	10 :	10 :	10 :	10 :	6.61:	"
98.0"	2.0"	- :	8 :	9 :	9 :	9 :	10 :	6.80:	"
97.5"	2.5"	- :	9 :	10 :	10 :	10 :	10 :	6.92:	"
97.0"	3.0"	- :	9 :	10 :	10 :	10 :	10 :	6.41:	Baie swak
96.5"	3.5"	- :	5 :	8 :	9 :	9 :	9 :	7.20:	"
96.0"	4.0"	- :	6 :	8 :	9 :	9 :	10 :	6.80:	"
95.5"	4.5"	- :	6 :	9 :	10 :	10 :	10 :	7.52:	"
95.0"	5.0"	- :	6 :	9 :	10 :	10 :	10 :	7.51:	Geen
94.5"	5.5"	1 :	4 :	9 :	10 :	10 :	10 :	7.52:	"
94.0"	6.0"	- :	5 :	7 :	10 :	10 :	10 :	7.55:	"
93.5"	6.5"	- :	7 :	10 :	10 :	10 :	10 :	7.52:	"
93.0"	7.0"	- :	5 :	8 :	9 :	9 :	9 :	7.22:	"
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

to be highly toxic to barley. Commenting on this experiment Kelley stated: The roots, that were formed never became more than a few millimeters in length and they were coarse and stubby. The appearance of the roots suggested a highly toxic condition. Investigation showed that the soil solution was entirely nontoxic. The toxic factor was therefore not present in the liquid phase".

Dit blyk dus dat die uitruil^{ings}kapasiteit as sulks nie die ontkiemings-snelheid beïnvloed nie. Die katioon, wat in die uitruiler teenwoordig is, het blykbaar ook geen invloed op die snelheid van ontkieming nie.

In al die gevalle is die wortelontwikkeling egter merkbaar beïnvloed deur die katione waarmee die uitruilingskompleks versadig is. Vir al die katione behalwe Ca^{2+} is die wortelontwikkeling bykans geheel en al verhoed. In die geval van Ca^{2+} het wortelontwikkeling wel plaasgevind maar dit was/...

was nie normaal wat betref die haarwortels nie. Sien fotos a - e in bylaag 1.

Om na te gaan wat die stremmende invloed op die wortelontwikkeling veroorsaak, is ontkiemings van mielies in sand, sand + Na-, K-, Mg-, H- en Ca-uitruiler onderskeidelik gedoen en die pH van die medium daagliks bepaal. Die waardes word in tabel 13 aangegee.

Tabel 13.

Verandering van pH met Tyd in Sand + 5 g. Uitrailer.

Tyd in uur	MEDIUM						Kontrolle
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺		
0	6.70	6.70	6.45	6.25	1.70		4.00
24	6.80	7.50	6.60	6.80	2.10		
48	7.05	7.30	6.35	6.50	2.20		3.90
72	7.10	7.50	6.30	6.35	1.80		4.70
96	7.15	7.40	6.35	6.35	2.60		4.60
120	7.05	7.40	6.30	6.55	2.40		4.70
144		7.30			2.60		4.50

Dit blyk hieruit dat die pH van die medium op geen tydstep ongunstig was vir die plantjies nie. By die Na- en K-uitruilers kom daar 'n styging van pH voor, wat die maksimum ongeveer 48 uur en 24 uur resp. na ontkieming begin het, bereik. Dit dui op 'n hidrolitiese ewewig wat tussen die water en die uitruiler ontstaan, naamlik, $\text{NaR} + \text{HOH} \rightleftharpoons \text{HR} + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$. Dit mag ook wees dat H⁺ van biologiese oorsprong uitruil met die katione in die uitruiler en dat die katione nie direk deur die ontkiemende saailing opgeneem word nie sodat die oplossing alkalies word.

Vir die Ca-uitruiler is daar 'n styging in pH na 24 uur waarna dit daal en konstant bly. 'n Soortgelyke styging kom by die Mg-uitruiler voor waarna dit ook daal en tot 'n konstante waarde neig.

Die/...

Die aanwesigheid van waterstof-ione van biologiese oorsprong word aangedui deur die verskil in pH waarde van suspensies in water, van die sand-uitruiler en die van die plantmateriaal, wat sonder dat dit gewas of van sand en uitruiler skoongemaak is, in watersuspensie gebring is. Die verskille word in tabel 14 aangegee.

Tabel 14.

pH Waardes van Ca-uitruiler Media.

<u>Hoef. Uitrailer</u>	<u>Suiwer Medium</u>	<u>Medium + Plant</u>	<u>Verskil</u>
0.0 gram	4.75	4.80	.05
0.5 "	6.03	5.40	.63
1.0 "	6.21	5.28	.93
1.5 "	7.00	5.70	1.30
2.0 "	6.00	5.25	.75
2.5 "	6.80	5.71	1.09
3.0 "	7.05	5.75	1.30
3.5 "	6.89	6.10	.79
4.0 "	6.92	5.75	1.17
4.5 "	7.21	5.82	1.39
5.0 "	7.15	6.05	1.10
5.5 "	7.05	5.92	1.08
6.0 "	6.50	6.15	.35
6.5 "	7.10	6.12	.98

Die waterstofioonkonsentrasie is dus ongeveer tienmaal hoër in die oplossing met die plantmateriaal teenwoordig.

Dat die pH waardes ongeveer 'n konstante waarde bereik na 'n sekere tyd toon dat 'n ewewig tussen die uitruiler en die oplossingsfase na ongeveer 48 uur bereik word. Die oorsaak van die beperking op die wortelontwikkeling is egter onduidelik.

e) Beweging van Ione Gedurende Ontkieming.

Die beweging van ione van die stoorruimte in die saad na die ontwikkelende pluimpie, hipokotiel en kiemplantjie/...

plantjie is die beginstadium van ione verskuiwing in die ontogenie van die ontwikkelende plant. Samegaande met die hidrasie van die saad vind 'n oplossing van aanwesige minerale plaas. Meeste sade bevat genoeg minerale om die ontwikkelende saailing te onderhou tot die wortels, stamme en blare hulle funksies kan uitoefen.

Gedurende die ontkieming van nierbone in klam skotse handoekgoed het Biddulph (30) 'n netto verlies van yster, gelykstaande aan ongeveer vyftig persent van die hoeveelheid wat oorspronklik teenwoordig was, waargeneem. Hierdie hoeveelheid het die handoekgoed van die sade oorge- neem, en was derhalwe vir die saailinge verlore omdat hulle verwyder is voordat genoegsame ontwikkeling hulle in staat kon stel om dit weer van die doek terug te neem. Die grootste gedeelte van die oorblywende yster in die saadlobbe word geredelik na die ontwikkelende pluimpie, hipokotiel en kiem- wortel vervoer.

Bürstrom (31) het gevind dat kalsium noodsaaklik is vir die bou van die selwande van die wortels.

i) Beweging van Katione Gedurende Ontkieming in
Teenwoordigheid van Ca^{2+} - en K^{+} -uitruilers.

Die ontkiemingsproses is hoofsaaklik een van waterabsorpsie. Vir ione, wat in oplossing is, moet dit dus moontlik wees om die saad binne te dring. Waar die ioon eg- ter in die uitruilerfase is kan dit slegs deur ioonuitrui- ling in oplossing gaan.

Die waargenome uitwerking van die verskillende katione op die ontkiemende saadjies, en veral op die ont- wikkeling van wortels, is in hierdie proef kwantitatief on- derzoek. Indien die ione enige invloed op die metabolisme van die ontkiemende saailing het, moet dit óf deur uitruiling in oplossing gebring word waar dit 'n vergiftigende uit-

werking/...

werking mag uitoefen, óf dit moet deur 'n proses van ioon-uitruiling deur die wand van die worteltjie opgeneem word, sodat die vergiftiging binne die saad self voorkom. Laasgenoemde moontlikheid kan veral in die geval waar so te sê geen wortels gevorm word nie egter buite rekening gelaat word.

Om vas te stel of enige beweging van ione na en van die saailing plaasvind, is die volgende proef ontwerp. 2 g. Van die Zeokarb 215 katioonuitruiler, wat resp. met Ca^{2+} en K^+ versadig is, is op die bodem van 'n petribakkie geplaas en 10 ml. gekookte gedistilleerde water bygevoeg. 10 Sade, uitgesoek vir univormiteit, is met Cerasan behandel, met gekookte gedistilleerde water gewas, daarna met eter afgespoel en toe met die kiem na bo in die bakkie geplaas. 'n Reeks van vyf bakkies is vir Ca^{2+} en K^+ onderskeidelik gebruik asook 'n kontrole reeks waarvoor slegs gedistilleerde water toegedien is.

Die eerste bakkie van elke reeks is na 3 dae verder, die saad en die uitruiler geskei en die oplossing in die bakkie apart gehou. Nadat die saad en uitruiler veras is, is die as uitgeloog en verdun tot 100 ml. Die oplossing is ook tot 100 ml. verdun.

Na 6 en 9 dae is twee bakkies resp. van elke reeks op dieselfde manier behandel.

Vir al die oplossings so verkry, is kalsium, kalium en magnesium bepaal. Die resultate word in tabelle 15 - 18 gevind.

Die minerale inhoud van die saailing, as geheel, verminder met die tyd soos blyk uit die hoeveelheid as in tabel 15. Veral die as van die mielies na 9 dae is heelwat minder as die van 3 en 6 dae. Die invloed van die katioon, wat in die uitruiler teenwoordig is, is nie baie opvallend nie. Dit wil egter voorkom asof die saailing stadiger minerale verloor in teenwoordigheid van die Ca-uitruiler as

in/...

Tabel 15.

As in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

Medium	Ca-uitruiler		K-uitruiler		Water
	Mie- lies	Uit- rui- ler	Mie- lies	Uit- rui- ler	Mie- lies
0 dae	25.9	295.5	25.9	395.3	25.9
3 dae	26.5	284.2	23.2	390.9	24.2
6 dae	23.7	286.8	24.9	366.3	20.2
6 dae	31.5	292.9	21.2	365.8	25.3
9 dae	24.4	280.5	17.9	358.5	19.3
9 dae	21.4	271.5	17.7	397.0	19.7

Tabel 16.

^xKalium in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

^xBepaal volgens die Kobaltinitriet metode.

	Ca-uitruiler			K-uitruiler			Water	
	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Op- loss.
0 dae	6.80	2.19	-	6.80	160.8	-	6.80	-
3 dae	5.04	2.94	1.62	6.79	159.7	2.78	4.90	2.50
6 dae	4.31	2.46	2.08	3.73	152.7	3.38	4.10	1.68
6 dae	4.94	17.76 ^x	2.20	5.59	161.7	2.72	4.08	2.20
9 dae	6.03	2.46	3.52	6.31	140.1	13.53	5.44	2.50
9 dae	3.81	4.68	3.24	5.30	125.7	13.90	4.04	3.36.

Tabel 17.

Kalsium in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

	Ca-uitruiler			K-uitruiler			Water	
	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Op- loss.
0 dae	0.34	56.4	-	0.34	0.40	-	0.34	-
3 dae	0.10	60.0	0.94	0.99	0.39	0.73	1.15	0.56
6 dae	1.23	69.3	0.77	0.45	0.39	0.98	0.19	0.98
6 dae	1.00	74.4	0.86	0.34	0.26	0.77	0.32	0.64
9 dae	1.28	51.3	2.05	0.35	0.68	0.64	0.41	0.43
9 dae	1.61	69.3	2.40	3.01 ^x	0.64	1.67	0.17	0.81

Tabel/...

Tabel 18.

Magnesium in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

	Ca-uitruiler			K-uitruiler			Water	
	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Uit- rui- ler	Op- loss.	Mie- lies	Op- loss.
0 dae	2.80	3.40	-	2.80	2.60	-	2.80	-
3 dae	5.04	-	-	2.86	0.24	-	2.83	0.12
6 dae	2.21	-	0.24	5.17	0.36	-	2.73	-
6dae	2.21	2.40	0.24	2.41	0.48	0.77	2.42	0.60
9 dae	5.57	13.08 ^x	0.36	1.36	1.32	0.48	1.74	0.60
9 dae	1.99	0.24	0.36	0.36	1.80	-	2.47	0.24

x Syfers skynbaar onbetroubaar.

in die skoonwater medium. Die K-uitruiler toon ongeveer dieselfde neiging as die water medium.

Die minerale inhoud van die Ca-uitruiler bly ongeveer konstant oor die hele tyd terwyl die K-uitruiler 'n gewig afname toon met die tyd.

Die beweging van kalium uit die saad na die oplossing vind blykbaar vinnig plaas, want in die water- en Ca-uitruiler medium bly die hoeveelheid kalium, wat in die oplossing teenwoordig is, naastenby konstant oor die tydperk van 9 dae, hoewel dit by die Ca-uitruiler wil voorkom asof na 9 dae effens meer kalium in oplossing gegaan het. Waar K-uitruiler egter teenwoordig is, is beduidende hoeveelhede K na 9 dae in die oplossing gevind. Dit mag wees dat 'n hidrolitiese ewewig tussen die oplossing en die uitruilerfase intree, of dat H^+ van biologiese oorsprong die K^+ van die uitruiler verplaas, en dat die K^+ nie dadelik deur die plantjie opgeneem word nie. In alle gevalle sou dit beteken dat die pH van die medium met verloop van tyd moet styg. Dit word in 'n mate deur die gegewens van tabel 13 bevestig.

Uit tabelle 16 en 17 wil dit voorkom asof Ca^{2+} minder beweeglik is as K^+ , hoewel dit skyn asof na 9 dae ook van

die/...

die Ca^{2+} uit die Ca-uitruiler in oplossing gaan.

Die beweging van Mg^{2+} kan na twee fases geskied, naamlik, na die uitruiler en na die oplossing. Daar is aanduidings dat die K-uitruiler na 9 dae 'n wins aan Mg^{2+} toon.

Die oplossing van Ca^{2+} , K^+ en Mg^{2+} uit die saad vind blykbaar plaas binne die eerste drie dae. Die totale hoeveelheid minerale, wat in oplossing gaan, toon egter 'n toename vir 9 dae, wat nie duidelik is uit die gegewens vir kalsium, kalium en magnesium nie, sodat daar aangeneem kan word dat ander elemente ook in oplossing gaan. Gedurende die ontkieming van nierbone in klam Skotse handdoekgoed het Biddulph (30) 'n netto verlies van yster waargeneem gelykstaande aan ongeveer 50% van die hoeveelheid oorspronklike teenwoordig.

Die eksperimentele foute is egter so groot dat geen bepaalde gevolgtrekkings as afdoende bewys kan beskou word nie.

ii) Beweging van Katione en Fosfaat in Teenwoordigheid van H^+ en OH^- -uitruiler.

Die verskynsel is by die vorige proef bemerk dat Ca^{2+} in die teenwoordigheid van 'n Ca-uitruiler en K^+ in teenwoordigheid van 'n K-uitruiler in oplossing gaan, wat toegeskryf kan word aan 'n hidrolitiese ewewig tussen die uitruiler- en die waterfase. Dit toon egter nie of die voedingsione van die saailing na die uitruiler beweeg of nie. Daar is egter aanduidings dat die saailing van sy voedingsione verloor.

Die volgende proef is derhalwe ontwerp om te probeer vasstel of daar van die ione van die saad na die uitruiler gaan. Katioon en anioonuitruiler versadig met H^+ en OH^- ione respektiewelik is gebruik.

2 g. Van Zeokarb 215 (H^+) en De-acidite 1E (OH^-)

elk/...

elk is op die bodem van petribakkies geplaas en 10 ml. gedistilleerde water bygevoeg. Die sade is behandel net soos in die vorige proef en 'n reeks van 6 bakkies met 10 sade elk is vir elke uitruiler gebruik. 'n Reeks kontrole bakkies met slegs gedistilleerde water is ook opgestel.

Drie bakkies van elke reeks is na 6 dae verwyder, die saad en uitruiler geskei en die oplossing apart gehou. Nadat die saad en uitruiler veras en die as geweeg is, is beide as en oplossing na 100 ml. verdun. Na 9 dae is die oorblywende drie bakkies van elke reeks op dieselfde wyse behandel.

Die kalsium, kalium, magnesium en fosfor inhoud vir al die oplossings is bepaal om 'n aanduiding te probeer kry van die invloed van die uitruiler op die katione en anione, wat uit die saad in oplossing gaan. Die resultate word in tabelle 19 - 23 aangegee.

Tabel 19.

As in mg. per 2 gm. Droëmateriaal.

Medium	Water		H-uitruiler			OH-uitruiler		
Tyd	Mie- lies	Oplos- sing	Mie- lies	Oplos- sing	Uit- rui- ler	Mie- lies	Oplos- sing	Uit- rui- ler.
6 dae	23.9		21.6		109.5	21.0		14.3
6 dae	22.6		19.5		107.3	24.9		13.6
6 dae	22.2		21.6		106.3	23.4		13.2
Tot.	68.7		62.7		323.1	69.3		41.1
9 dae	20.6		18.3		106.4	21.0		10.5
9 dae	23.4		18.4		110.4	21.2		10.9
9 dae	22.9		16.9		107.7	22.8		12.9
Tot.	66.9		53.6		328.5	65.0		34.3

Dit blyk dat die as van die mielies wat in H-uitruiler ontkiem het minder is as dié van mielies in water alleen of die in OH⁻ uitruiler, vir beide 6 en 9 dae. Die

as/...

Die as van die mielies toon in die geval van water en OH-uitruiler slegs 'n effense vermindering, terwyl by die H-uitruiler 'n aansienlike daling voorkom van 6 na 9 dae. Dit skyn dus asof hoofsaaklik katione uit die saad in oplossing gaan en dat die teenwoordigheid van 'n onversadigde katioonuitruiler die oplossingseffek vergroot.

In teenstelling met die katioonuitruiler, wat 'n effense toename in minerale toon, daal die gewig as van die anioonuitruiler aansienlik van drie na nege dae.

Tabel 20.

Kalsium in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

Medium	Water		H-uitruiler			OH-uitruiler		
	Mie- lies	Op- los- sing	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- rui- ler	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- rui- ler
6 dae	0.00	0.13	0.00	0.66	0.79	0.18	0.53	0.31
6 dae	0.16	0.48	0.22	0.66	0.57	0.35	0.57	0.44
6 dae	0.07	0.31	0.27	0.57	0.53	0.26	0.66	0.44
Tot.	0.23	0.92	0.49	1.89	1.89	0.79	1.76	1.19
9 dae	0.32	0.22	0.38	0.62	0.66	0.32	0.31	0.66
9 dae	0.30	0.48	0.39	0.48	0.57	0.40	0.44	0.53
9 dae	0.41	0.40	0.46	0.57	0.66	0.33	0.53	0.31
Tot.	1.03	1.10	1.23	1.67	1.89	1.05	1.28	1.50

Die hoeveelhede kalsium in die mielies, wat in hierdie geval die enigste bron van katione is, is so minimaal dat geen verklaring moontlik is nie.

Volgens tabel 21 vind ons dat op die totaal die mielies in die katioonuitruiler ongeveer 2.53 mg. van hulle magnesium verloor, terwyl die katioonuitruiler 1.09 mg. magnesium gewen het. Daar is dus definitiewe aanduidings dat magnesium uit die saad na die uitruiler beweeg, veral as in aanmerking geneem word dat die magnesium inhoud van die mielies by die anioonuitruiler konstant bly.

Tabel 21.

Magnesium in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

Medium Tyd	Water		H-uitruiler			OH-uitruiler		
	Mie- lies	Op- los- sing	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- ruil- er	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- ruil- er.
6 dae	2.89	0.76	2.51	0.00	0.24	2.31	0.16	1.70
6 dae	2.73	0.67	2.09	0.44	0.85	2.61	0.01	8.10
6 dae	2.61	0.77	2.19	0.01	0.40	2.27	0.00	1.20
Tot.	8.23	2.20	6.79	0.45	1.49	7.19	0.17	11.00
9 dae	0.01	0.47	1.95	0.01	0.68	2.24	0.29	0.80
9 dae	2.61	0.07	1.76	0.19	1.10	2.56	0.34	0.40
9 dae	2.17	0.12	0.55	0.01	0.80	2.48	0.40	1.40
Tot.	4.79	0.66	4.26	0.21	2.58	7.28	1.03	2.60

Tabel 22.

Fosfor in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

Medium Tyd	Water		H-uitruiler			OH-uitruiler		
	Mie- lies	Op- los- sing	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- ruil- er	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- ruil- er
6 dae	4.56	0.25	5.39	0.00	0.00	6.31	0.00	0.00
6 dae	0.72	0.00	4.86	3.25	0.25	4.74	0.00	1.00
6 dae	5.23	1.00	5.29	4.25	0.50	5.48	1.00	0.00
Tot.	10.51	1.25	15.54	7.50	0.75	16.53	1.00	1.00
9 dae	4.94	0.00	6.09	0.00	0.00	3.80	0.25	0.00
9 dae	5.48	0.00	4.94	0.00	1.00	4.96	1.00	3.25
9 dae	4.85	0.00	4.08	0.00	1.00	4.13	0.00	0.00
Tot.	15.27	0.00	15.11	0.00	2.00	12.89	1.25	3.25

Daar vind 'n beweging van Fosfor uit die saadjie plaas van 6 na 9 dae gelykstaande aan 3.64 mg. per 6g. terwyl die anioonuitruiler 'n vermeerdering van 2.25 mg. fosfor van 6 na 9 dae toon.

Kalium beweeg skynbaar vinniger uit die saad na die uitruiler, want daar is reeds 7 mg. kalium per 6 g. uitruiler na 6 dae aanwesig. Van 6 na 9 dae verloor die mielies 1.82 mg kalium terwyl die uitruiler 2.0 mg. kalium wen. Kalium, net soos magnesium en fosfor, word dus ten koste van die ontkiemen- de saailing deur die uitruiler opgeneem.

Tabel/.....

Tabel 23.

Kalium, in mg. per 2 g. Droëmateriaal.

Medium Tyd	Water		H-uitruiler			OH-uitruiler		
	Mie- lies	Op- los- sing	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- rui- ler	Mie- lies	Op- los- sing	Uit- rui- ler
6 dae	0.98	0.38	3.50	0.26	2.70	4.76	0.23	0.16
6 dae	1.00	0.32	3.56	0.28	2.40	4.72	0.26	0.16
6 dae	1.01	0.38	3.56	0.26	1.94	4.76	0.60	0.14
Tot.	2.99	1.08	10.72	0.80	7.04	14.24	1.09	0.46
9 dae	4.72	0.29	3.00	0.16	2.84	5.46	0.17	0.10
9 dae	4.20	0.38	3.14	0.22	3.06	5.22	0.20	0.11
9 dae	4.60	0.19	2.76	0.20	3.14	5.88	0.19	0.13
Tot.	13.52	0.76	8.90	0.58	9.04	16.56	0.56	0.34

B. NAWERKING VAN UITRUILBARE IONE.

a) In Waterkultuur:

Die uitwerking van die verskillende uitruilbare katione was die sterkste waarneembaar in die stremming van die wortelontwikkeling, terwyl die hipokotiel, hoewel stadiger, tog skynbaar normaal ontwikkel het. Hierdie proef is ontwerp met die doel om die nawerking van die verskillende katione op die verdere ontwikkeling van die plant na te gaan.

15 Meliesade is vir vyf dae in verskillende media in die broeikas geplaas. Die media is as volg saamgestel:

Medium No. 1.	95 g. sand + 5 g. Mg-uitruiler
" " 2.	95 g. sand + 5 g. K-uitruiler
" " 3.	95 g. sand + 5 g. Ca-uitruiler
" " 4.	100 g. sand.

Na vyf dae is 8 van die saailinge van elke behandeling oorgebring in afsonderlike flesse met voedingoplossing. Die oplossings is met gereelde tussenposes hernu om die konsentrasie reg te hou en om goeie deurlugting te verseker. Die melies is toegelaat om vir een maand in die medium te groei, waarna die nat- en droëgewigte van die bogroeiisel van elke individuele plant bepaal is.

Tabel 24.

Nat- en droëgewig in gram per plant.

Medium No.	Nat-gewig				Droëgewig			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
1.	0.00	0.59	4.72	4.63	0.00	0.05	0.36	0.33
2.	1.56	4.05	1.76	5.08	0.13	0.31	0.15	0.34
3.	0.00	2.16	4.56	1.69	0.00	0.16	0.36	0.18
4.	0.00	4.54	2.05	3.02	0.00	0.33	0.18	0.23
5.	0.00	2.17	2.45	4.85	0.00	0.19	0.19	0.36
6.	0.00	3.64	2.76	5.46	0.00	0.26	0.21	0.40
7.	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
8.	0.00	0.00	1.26	2.60	0.00	0.00	0.12	0.44
Tot.	1.56	17.15	21.26	30.33	0.13	1.30	1.71	2.28
Gem.	0.20	2.14	2.66	3.79	0.016	0.16	0.21	0.29

Van die sade wat in Mg^{2+} ontkiem is, het slegs een 'n mate van groei oor die tydperk van 'n maand getoon, die ander het slegs vir 'n beperkte tyd 'n kwynende bestaan gevoer en daarna heeltemal verdwyn.

Vyf van die K^+ medium se sade het redelik goed herstel en dus nog 'n gemiddelde opbrengs van 2.14 g, nat materiaal per fles verseker. Die plantjies, afkomstig van die Ca-uitruiler, het almal gegroei maar was opvallend swakker as die van die sand plus gedistilleerde water alleen. Die opbrengste was 2.66 en 3.79 g. materiaal per plant resp.

Dit wil dus voorkom asof die enkele voedingsloos, wat in die eerste vyf dae in die medium aanwesig is, 'n skadelike uitwerking, op die groei van die plant, het, wat nie weer herstel in 'n volledige fisiologiese medium nie.

Die droëgewigte toon dieselfde tendens. In afb. II word die beste plante uit elke behandeling na 2 weke in die voedingsmedium vertoon.

Voeg in afbeelding II.

b) In Sandkultuur:

Die afwesigheid van enige uitruilbare voedingsione in die ontkiemingsmedium het nog altyd die beste ontkieming gegee veral wat betref die ontwikkeling van die wortels. Ook die nawerking was opvallend vir die verskillende katione.

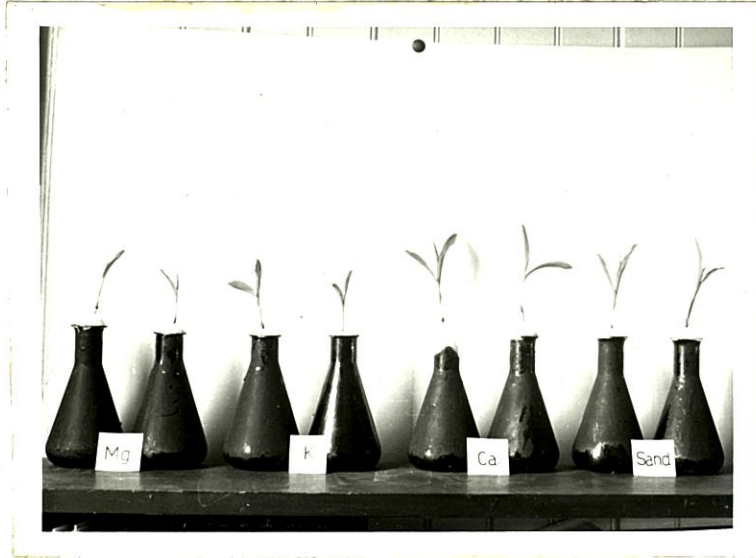
'n Soortgelyke proef as die vorige is derhalwe begin waarin, 'n mengsel van die vier vernaamste katione in die grond naamlik, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ en H^+ , as medium No.5, ook ingesluit is. Die saailinge is na 5 dae verwyder, in sand geplant en met 'n voedingsoplossing besproei. Na twee maande is die droëgewig en die gewig as, van elke plant, bepaal.

Voeg in afbeelding III.

Tabel/...

AFB. II

BESTE PLANTE VAN BEHANDELINGS.



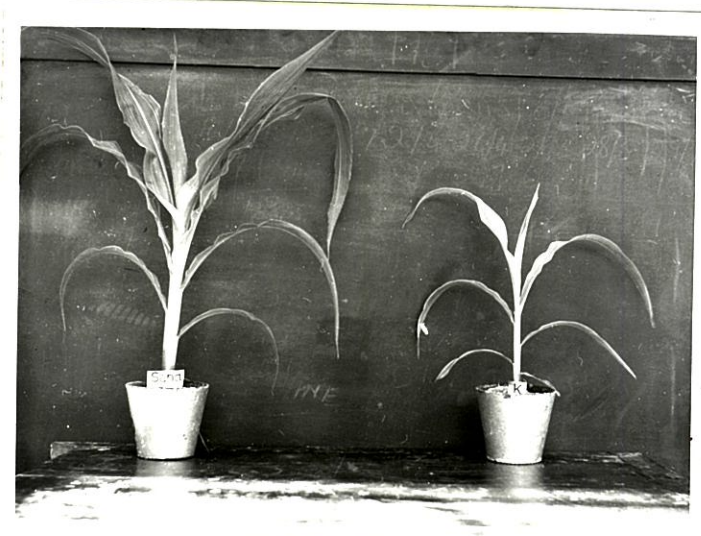
AFB. III

KATIOONONTKIEMINGSMEDIA IN VERGELYKING MET SAND.

(a) Mg^{2+}



(b) K^{+}



(c) Ca^{2+}



(d) $\text{H}^{+} + \text{Ca}^{2+}$
 $\text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$



Fig. 3.

% Samenstelling van Mielieplante.

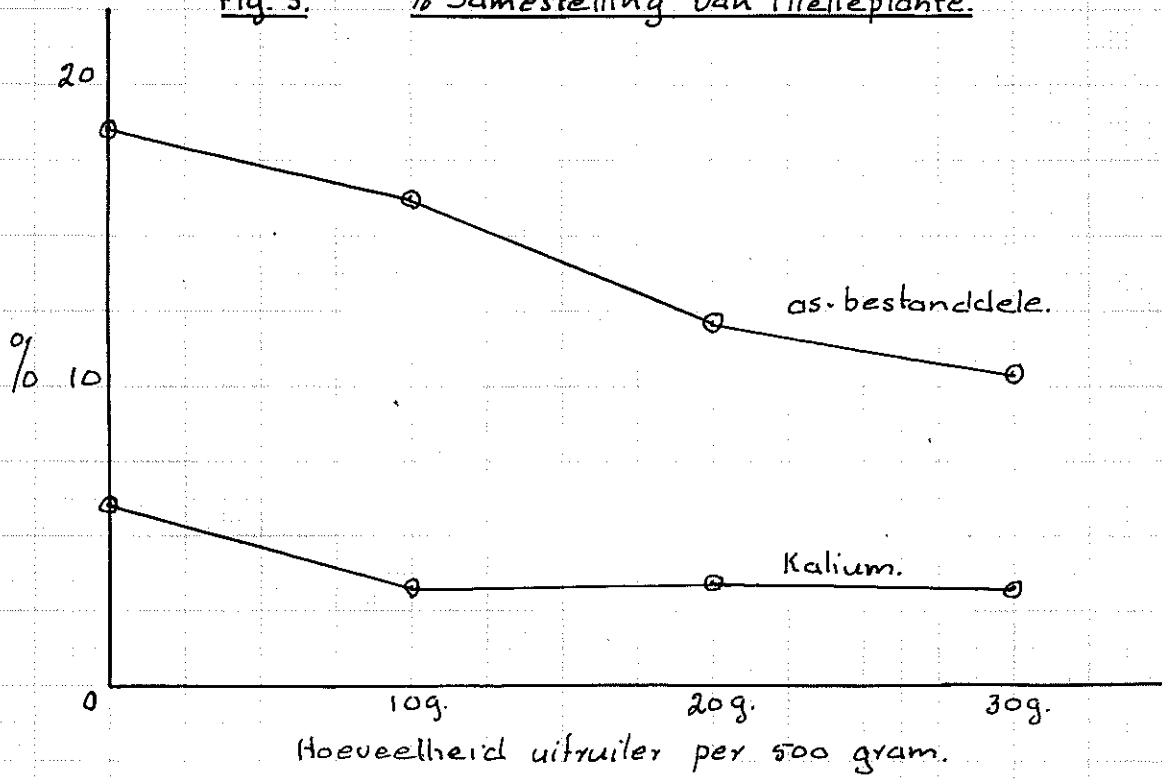
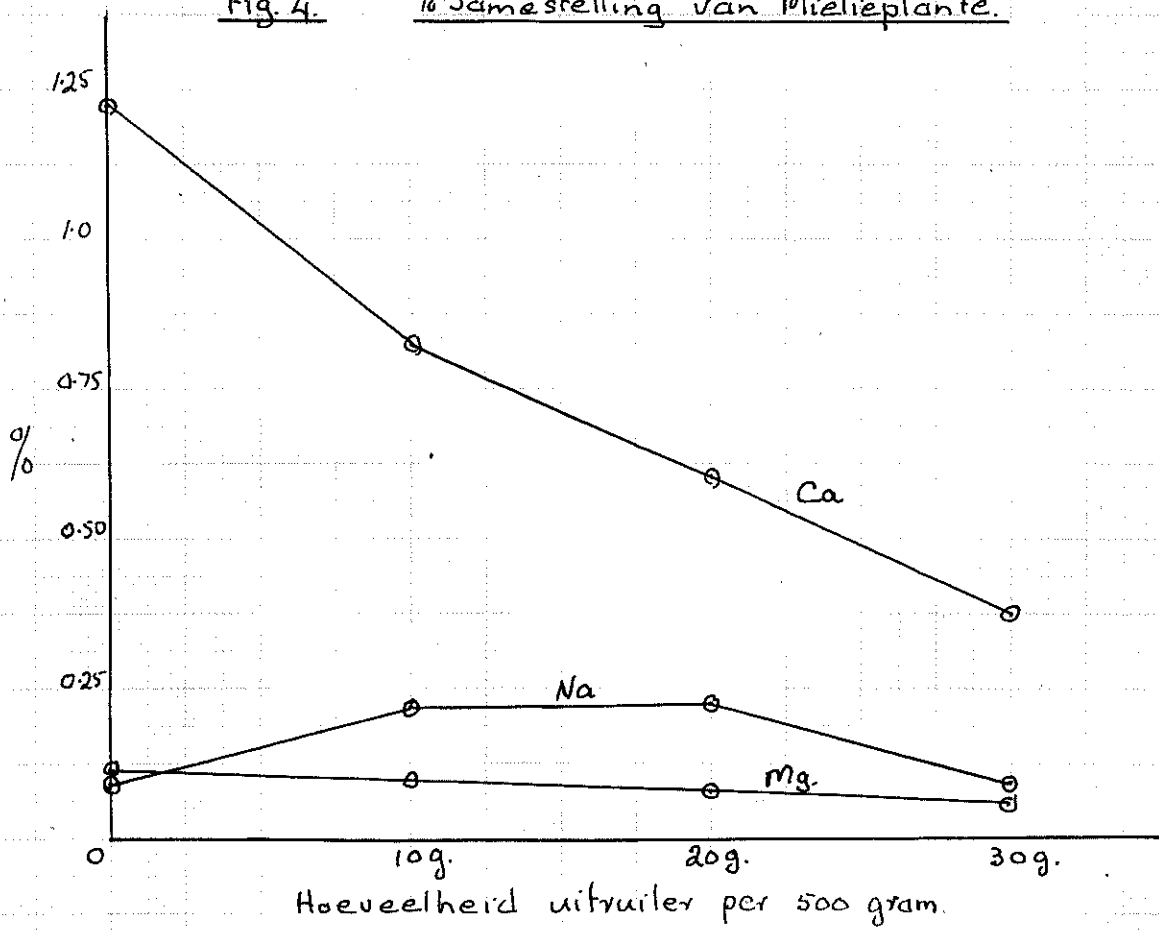


Fig. 4.

% Samenstelling van Mielieplante.



Tabel 25.

<u>Droëgewicht van plante, in gram.</u>					
Medium No.	1.	2.	3.	4.	5.
1	0.996	0.267	1.649	0.640	2.855
2	0.419	0.029	2.214	3.375	0.209
3	0.229	0.246	3.715	5.784	0.744
4	0.119	1.557	2.548	4.993	1.302
5	0.050	-	1.595	3.754	0.481
6	-	-	2.610	-	1.587
7	-	-	0.418	-	0.092
8	-	-	2.393	-	0.176
9	-	-	0.276	-	0.381
<u>Tot.</u>	<u>1.813</u>	<u>2.099</u>	<u>17.418</u>	<u>18.546</u>	<u>7.827</u>
<u>Gem.</u>	<u>0.201</u>	<u>0.233</u>	<u>1.935</u>	<u>2.061</u>	<u>0.870</u>

Tabel 26.

<u>Gewig As van plante in mg.</u>					
Medium No.	1.	2.	3.	4.	5.
1	179.2	49.4	300.0	121.0	436.0
2	99.6	8.8	343.8	523.0	60.5
3	59.0	48.3	556.8	731.4	133.2
4	32.2	280.1	377.6	760.9	220.0
5	12.0	-	268.5	528.6	89.6
6	-	-	385.7	-	282.6
7	-	-	82.2	-	40.0
8	-	-	354.8	-	34.2
9	-	-	52.1	-	103.7
<u>Totaal</u>	<u>382.1</u>	<u>386.6</u>	<u>2721.5</u>	<u>2664.9</u>	<u>1399.8</u>
<u>Gem.</u>	<u>42.4</u>	<u>42.9</u>	<u>302.4</u>	<u>296.1</u>	<u>155.5</u>

(-): Plante doodgegaan.

Uit Tabel 25 kolom 5 blyk, dat hoewel die mengsel van katione 'n stremming op die wortelontwikkeling gedurende die ontkiemingsproses uitgeoefen het, hierdie plante almal gegroei het. Hulle het gemiddeld ⁿ droëmateriaalopbrengs van 870 mg. per pot gegee. Die opbrengs is slegs ongeveer een-derde van die gemiddelde gewig van die plante wat in sand ontkiem is en ongeveer die helfte van dié van plante wat in Ca-uitruiler ontkiem is.

Die/...

Die plante, wat vooraf in Mg- en K-uitruilers ontkiem is, het uiters swak gegroei met gemiddelde gewigte van 201 mg. en 233 mg. per pot respektiewelik.

Die twee proewe ondersteun dus die vorige afleiding, naamlik dat die vergiftigende werking van die spesifieke katione gedurende die eerste vyf dae op die ontkieming van die saad van so 'n aard is dat die skade, selfs onder die gunstigste toestande, nie herstel gedurende die latere ontwikkelingsstadia nie.

C. GROEI VAN MIEELIES IN UITRUIJER MEDIA.

a) Inleiding:

Voedsel vervaardiging deur plante is afhanklik van die ingewikkelde wisselwerking tussen die kolloidale grondkompleks en die kolloiede in die wortels.

Die gedrag van geadsorbeerde ione verskil van die van ione in verdunde oplossings. Die aard van die verskillende ione, asook die hoeveelhede daarvan in die kleideeltjies, beïnvloed die aktiwiteit van elke afsonderlike ion. Hierdie onderlinge wisselwerking tussen die ione in en om die kleideeltjies speel 'n belangrike rol in die groei van die plant. Dit is veral van belang, as in aanmerking geneem word, dat dit die gewoonte is om slegs die totale hoeveelheid van elke voedingsioon in die grond te bepaal, en dat aangeneem word dat die totale hoeveelheid daarvan vir die plant beskikbaar is.

Albrecht (34) kom derhalwe tot die gevolgtrekking dat daar fundamentele chemiese wette is wat die plantfisiologie beheer en die chemiese samestelling van die produk wat ontstaan, word deur die wette beheer.

Die invloed van die uitruilingskapasiteit as 'n enkele faktor op die groei van 'n gewas, is moeilik bepaalbaar aangesien dit altyd uitruilbare ione bevat. Gewasse word egter op gronde, wat uiteenlopende verhoudings van katione en anione bevat, verbou en goeie oeste word nogtans verkry.

Die sintetiese harpuisuitruilers bied 'n moontlikheid om die uitruilingskapasiteit van 'n medium te beheer op 'n wyse soortgelyk aan die vir die ontkieming van die saad om sodoende vas te stel hoedanig die groei van 'n gewas beïnvloed sal word.

b) Sand-uitruiler mengsels:

Om die invloed van geadsorbeerde voedingsstowwe op die groei van 'n plant te bepaal, is dit nodig dat 'n vergelyking/...

vergelyking getref moet word tussen die beskikbaarheid van voedingsione in oplossing en voedingsione in 'n geadsorbeerde toestand.

'n Mengsel van 'n kation- en anioonuitruiler Zeokarb 215 en De-acidite-E is toe geloog met 'n fisiologiese oplossing (29), sodat die uitruiler nie volkome versadig was nie. Verskillende hoeveelhede van die uitruiler is met sand gemeng en mielies daarin geplant. Drie potte van elk met die volgende behandeling is in die proef ingesluit.

1. 500 g. Suiwer sand + voedingsoplossing
2. 490 g. Suiwer sand+ uitruilermengsel +gedist. water.
3. 480 g. Suiwer sand + 20 g. uitruilermengsel + gedist. water
4. 470 g. Suiwer sand + 30 g. uitruilermengsel + gedist. water.

Die plante het vir 8 weke in die media gegroei waarna elke plant afsonderlik verwyder, sy nat- en droëgewig bepaal en chemies vir kalsium, magnesium, natrium en kalium ontleed is.

Voeg in afbeelding IV

4. Die chemiese samestelling van die plante word in die volgende tabelle aangegee.

Tabel 27.

<u>Gewig nat materiaal per pot in gramme.</u>				
<u>med.No.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	12.3291	9.3486	12.2562	23.6350
2	9.8503	2.2324	10.3150	23.5754
3	10.9584	5.9188	8.8882	24.5440
Tot.	33.1378	17.4998	31.4594	71.7544
Gem.	11.0459	5.8333	10.4865	23.9181

Tabel/...

AFB. IV.

PLANTEGROEI NA SES WEKE.



Tabel 28.

<u>Gewig droë materiaal per pot in gramme.</u>				
<u>Med. No.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	1.1352	0.9250	1.3871	2.7759
2	0.3955	0.1961 ⁺	1.3297	2.7126
3	1.2496	0.7036	1.0967	3.1445
Tot.	3.1203	1.8247	3.8135	8.6330
Gem.	1.0401	0.8143	1.2712	2.8777

Tabel 29.

<u>% As op droë basis.</u>				
<u>Med. No.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	18.35	15.87	10.69	10.81
2	17.90	16.17	12.49	10.78
3	19.73	17.24	13.21	9.68
Tot.	55.98	49.28	36.39	31.27
Gem.	18.66	16.43	12.13	10.42

Tabel 30.

<u>% Mg. op droë basis.</u>				
<u>Med. No.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	0.13	0.07	0.06	0.07
2	0.11	0.15 ⁺	0.07	0.06
3	0.10	0.09	0.08	0.05
Tot.	0.34	0.31	0.21	0.18
Gem.	0.11	0.08	0.07	0.06

Tabel 31.

<u>% Ca op droë basis.</u>				
<u>Med. No.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	1.43	0.98	0.48	1.13 ⁺
2	1.16	2.35 ⁺	0.74	0.36
3	1.09	0.71	1.16 ⁺	0.38
Tot.	3.68	4.04	2.38	1.87
Gem.	1.23	0.83	0.61	0.37

Tabel/...

Tabel 32.

<u>% K op droë basis.</u>				
<u>Med. no.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	5.76	3.44	3.18	3.41
2	6.74	4.90 ⁺	3.57	3.74
3	6.40	3.45	8.80 ⁺	2.89
Tot.	18.90	11.79	15.55	10.04
Gem.	6.30	3.45 ⁺	3.58 ⁺	3.35

Tabel 33.

<u>% Na op droë basis.</u>				
<u>Med. no.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
1	0.10	0.18	0.29	0.09
2	0.06	0.15	0.16	0.03
3	0.12	0.32	0.44 ⁺	0.06
Tot.	0.28	0.65	0.79	0.18
Gem.	0.09	0.22	0.23	0.06

Tabel 34.

Gramekwivalente van katione per 100 g. droë materiaal.

<u>Med. no.</u>	<u>1.</u>	<u>2.</u>	<u>3.</u>	<u>4.</u>
Mg. ²⁺	.009	.008	.006	.005
Ca ²⁺	.061	.041	.031	.019
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	.070	.049	.037	.024
K ⁺	.158	.086	.089	.084
Na ⁺	.004	.010	.010	.033
K ⁺ + Na ⁺	.162	.096	.099	.087
K ⁺ + Na ⁺ / Ca ²⁺ + Mg ²⁺	2.31	1.96	2.69	3.62

+Syfers nie in berekening gebring vir gemiddeldes nie.

c) AFLEIDINGS:

In vergelyking met die voedingsoplossing het die uitruilers byna driekeer soveel droë materiaal gelewer. Die geadsorbeerde ione is dus vir die plant beskikbaar en het derhalwe 'n voordelige uitwerking op die hoeveelheid droë materiaal.

Wat die opname van minerale betref, het 'n geleidelike daling voorgekom met stygende uitruilerinhoud van die medium
soos/.....

soos blyk uit tabel 29. Dit is ook duidelik uit die verminderde opname van kalsium, deur die mielieplante. Sien tabelle 30 en 31 - fig. 3 en 4. Hoewel daar meer kalium uit die oplossing geneem is, is die opname van kalium nie deur die teenwoordigheid van groter hoeveelhede uitruiler beïnvloed nie.

Die verhouding van die katione in die plant word wesenlik beïnvloed deur die uitruilingskapasiteit van die medium, soos blyk uit tabel 34. Nieteenstaande die feit dat die verhouding van die katione in die voedingsmedium konstant gebly het, word die verhouding van eenwaardige tot tweewaardige katione in die plant hoër met verhoogde uitruilingskapasiteit van die medium. Hoër produksie gaan dus met 'n swakker kwaliteit gewas gepaard.

Dat beter opbrengste met geadsorbeerde voedingstowwe verkry is, stem ooreen met die resultate van Nostitz (35) en Breazeale (36) wat kalsium, magnesium, natrium, kalium en ammonium aan gars en hawer in die uitruilbare vorm voorsien het. Hewitt (29) beweer dat ten volle geadsorbeerde en half geadsorbeerde voedingstowwe die beste resultate gelewer het. Jenny en Cowan (37) het gevind dat geadsorbeerde kalsiumione deur die plant opgeneem word en waterstofione deur die kleideeltjies.

Converse, Gammon en Sayre (38) het die invloed van verskillende hoeveelhede fosfor en kalium in die uitruilbare vorm op die produksie van mielies nagegaan. Hulle het gevind dat die produksie van droëmateriaal progressief vermeerder met vermeerderde voedselvoorsiening.

Graham en Albrecht (39) het gevind dat geadsorbeerde nitraatone beskikbaar is vir plantvoedingsdoeleindes en dat mielies net so goed met die stikstof in die geadsorbeerde as met die stikstof in die oplosbare vorm groei.

HOOFSTUK IV

INVLOED VAN Ca^{2+} EN Na^+ IN 'N NATRIUMSILIKAATUITRUILER

Die invloed van ione in swakker natuurlike uitruilers kon nie nagegaan word nie, omdat die materiaal nie betyds beskikbaar was nie. Decalso-Y, 'n natriumsilikaatuitruiler die naaste aan 'n natuurlike, is egter gebruik om die invloed van geadsorbeerde kalsium- en natriumione op die ontkieming van mieliesade na te gaan. Die uitruiler is met kalsiumione versadig deur uitloging met 'n kalsiumchloriedoplossing, terwyl die oorspronklike uitruiler, wat deeglik met gedistilleerde water gewas is, as die Na-uitruiler gebruik is. Die uitwerking word in afbeelding IV(a) en IV(b) geïllustreer.

Voeg in afbeelding IV

Hieruit blyk dat die effek van 5 gram Ca-uitruiler in 95 gram sand nie onderskei kan word van die in 'n siuwersand medium nie, en dat die uitwerking van die Na-uitruiler nie so stremmend as die Zeokarb is nie.

Die pH waardes van die media, nadat die saadjies vir 6 dae daarin ontkiem is, was soos volg:-

Ca-uitruiler 8.30

Na-uitruiler 8.22

Dit wil dus voorkom asof die ewewig vir

$\text{CaR} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{HR}$ in hierdie geval verder regs lê as by die sterker sintetiese uitruiler Zeokarb 215 met 'n pH van 7.15 in 'n medium wat 5 gram uitruiler in 95 gram sand bevat. (Sien Tabel 10).

HOOFSTUK V.

BESPREKING VAN RESULTATE.

A. STREMMING VAN WORTELONTWIKKELING.

In die werk van Elgabaly(32) word resultate in verband met die spesifieke uitwerking van bepaalde katione, wat ooreenstem met die van skrywer, verkry. Die invloed van Na^+ - en Mg^{2+} -versadigde harpui-sui-truilers word deur die volgende metings van wortels en kiemplantjies geïllustreer.

Katioon.	Lengte van wortels.	Lengte van kiem.
Na^+	1.0 sm.	7.7 sm.
Ca^{2+}	5.6 sm.	10.5 sm.
Mg^{2+}	4.4 sm.	9.9 sm.
Sand	6.9 sm.	11.2 sm.

Hy het ook gevind dat gars toenemende groot hoeveelhede geadsorbeerde Na^+ opneem en toenemende groot hoeveelhede verloor K^+ met groter versadiging van Na^+ in die uitruiler. Plante begin om Ca^{2+} en Mg^{2+} te verloor by relatief hoë versadiging van die twee ione in die uitruilingskompleks.

As verklaring vir die stremmende uitwerking op die groei by hoë Na^+ -versadiging word die volgende genoem:-

- (a) Natrium-vergiftiging a.g.v. hoë natrium konsentrasie in die plant.
 - of (b) Geïnduseerde kalium tekort a.g.v. verhoogde natrium opname.
 - of (c) Onvoldoende kalsium en magnesium voorsiening.
 - of (d) Ongebalanseerde verhoudings van plantvoedingsione.
- Laasgenoemde word as die mees waarskynlike aanvaar.

Skrywer is egter van mening dat (b) en (c) meer aanvaarbaar is, op grond van die feit dat gevind is, dat mieliesailinge magnesium, kalium en fosfor afgee aan die onversadigde uitruiler wat in die medium aanwesig is. Indien dit met H^+ -versadigde uitruiler gebeur, dan volg dit dat dit ook met Na^+ -versadigde uitruilers moontlik is.

Reichenberg/...

Reichenberg en Sutcliffe (33) neem aan dat die membraanselle van die plant beide kation- en anioonuitruilers bevat. Om ionuitruiling te laat plaasvind moet die plant oor 'n gedurige toevoer van 'n elektroliet beskik. Die katione sal dan vir H^+ en die anione vir HCO_3^- uitruil. H^+ en HCO_3^- beweeg afsonderlik na buite. Eene van die medium beweeg in die teenoorgestelde rigting.

Na aanleiding van die Kontakuitruikingsteorie van Jenny en Overstreet (26), stel Kelley (16) die volgende verklaring vir die stremmende uitwerking van natriumione op die wortels van ontkiemende gars voor: "...calcium ions derived from the seed by the barley seedlings, were exchanged for sodium ions of the soil, the result of which was the seedlings lost some at least of their calcium. Thus the seedlings were able neither to obtain calcium from the soil nor to retain that inherited from the seed. The consequence was the young plants died within a few weeks. In the light of the work of Jenny and Overstreet, it is likely that potassium ions also passed out of the roots in exchange for sodium ions. Thus by exchange with the soil the seedlings became severely deficient in both calcium and potassium."

Biddulph (30) het gevind dat nierbone gedurende ontkieming ongeveer vyftig persent van die yster wat oorspronklik in die saad was, aan die omgewing afgee.

Dit stem ooreen met die resultate dat die onversadigde uitruiler kalium en magnesium opneem ten koste van ekwivalente hoeveelhede wat die saailing in die periode van ses tot nege dae verloor. Fosfor word weer deur die anioonuitruiler, ten koste van die reserwe in die saad, opgeneem.

Vir 'n verklaring van die waargenome verskynsels word die volgende teorie voorgestel:-

Die opberging van reserwe voedingsione in 'n saad is 'n algemeen aanvaarde feit, en die algemene mening word gehuldig, dat 'n genoegsame reserwe teenwoordig is om die saai-

ling/...

ling vir die eerste twee weke van voedsel te voorsien, sonder dat dit nodig is om bykomstige voedsel te verskaf. Aan die wyse waarvolgens die ione deur die saailing opgeneem word, word egter nie genoeg aandag gegee nie.

Indien aangeneem word dat plantvoedsel deur 'n proses van ioonuitruiling verskuif en dat sodanige opname deur die wortels geskied, moet een of ander voorstelling gemaak word van die prosesse waaraan die voedingsione onderworpe is vandat die saadjies begin ontkiem tot die wortels sodanig ontwikkel het dat dit voedingsione uit die medium kan opneem.

Uit die resultate van voorgaande proewe met ontkiemende mielies word die volgende voorstelling gemaak van die proses waarvolgens die reserwe voedsel uit die saad aan die saailing beskikbaar gestel word:-

1. Opname van water en begin van ensiematiese werking.
2. Hidrolise van organiese stowwe (proteïene, ens.) wat ionisasie van katione soos H^+ , K^+ , Ca^{2+} , ens., tot gevolg het.
- 3(a). Ewewig word bereik tussen die oplossingsfase rondom die saad en die ione binne die saad. (Skynbare oplossing van voedingsstowwe).
- of(b) Die organiese stowwe gaan gedeeltelik in oplossing.
4. Indien 'n uitruiler in die medium teenwoordig is, word die ione deur die uitruiler geabsorbeer. Die ewewig sal afhang van die faktore wat uitruilings-ewewigte beheer.
5. Sodra die wortels ontwikkel en begin funksioneer, word H^+ van biologiese oorsprong afgeskei en ruil uit vir katione in die oplossing, wat noodsaaklik is vir die metabolisme van die saailing.

Die Rol van Voedingsstowwe Gedurende Ontkieming.

Die proses van ontwikkeling van die hipokotiel is

klaarblyklik/...

klaarblyklik een van selverlenging deur water-opname.

Die wateropname word veral beïnvloed deur, katione wat gehidra-
tiseer is. Die voedingstowwe self is egter nie direk nodig
vir die ontwikkeling van die hipokotiel nie, want alhoewel die
lengte van die hipokotiel in teenwoordigheid van verskillende
katione verskil het, het dit nogtans normaal ontwikkel.

Die kiemwortel aan die anderkant is meer sensitief
teenoor die katione en anione wat in die uitruiler aanwesig is,
sodat 'n tekort aan een of meer van die ione die ontwikkeling
van die wortel mag strem.

Omdat die verskynsels, wat ontkiemde saailinge in teen-
woordigheid van 'n uitruiler medium toon, te verklaar, gaan ons
uit van die standpunt dat die reserwe voedsel ensiematies gehidro-
litiseer word en gedeeltelik in oplossing gaan vanwaar dit deur
'n proses van ioonuitruiling weer deur die wortels opgeneem
word. Die beste ontkieming, veral wat betref die ontwikkeling
van die wortels, is verkry deur ontkieming in suiwer sand met
geen voedingstowwe teenwoordig nie. Redelik goeie ontkieming
is ook verkry waar die uitruilermedium met kalsium, magnesium,
kalium, fosfaat en nitraat versadig is. Swak ontkieming is in
alle gevalle verkry waar slegs een kation in die uitruiler
aanwesig is behalwe in die geval van kalsium. Waar so 'n uit-
ruiler in die ontkiemingsmedium aanwesig is, word die hidrolitiese
produkte deur die uitruiler geabsorbeer in ruil vir ander ione
in die uitruiler. Waar die uitruiler bv. met kalium versadig
is, sal die uitruiler geen K^+ uit die oplossing kan absorbeer
nie, maar die oplossing sal nog K^+ wen omdat dit uitruil met
katione van die reserwe in die sand. 'n Toestand ontstaan
dus waar die saadjie sy soute aan die uitruiler afstaan ten
koste van 'n verhoogde konsentrasie kalium in die oplossings-
fase.

Die/...

Die saailing, wat nog nie die stadium waar H^+ van biologiese oorsprong beskikbaar is, bereik het nie, ly dus aan 'n tekort aan voedingstowwe met 'n gevoglike stremming van die wortelontwikkeling. Dieselfde geld vir die katione Mg^{2+} , H^+ , en die anione HPO_4^{2-} en NO_3^- . Waar Ca^{2+} egter in die uitruilerfase teenwoordig is, is by hierdie ondersoek nog 'n goeie ontkieming verkry.

Selfs waar geen anioonuitruiler in die medium teenwoordig is nie, en die kationuitruiler met Mg^{2+} , K^+ en Ca^{2+} voorsien is, word die voedingsione tot so 'n mate geabsorbeer dat die saailing baie daaronder ly.

Hierdie postulaat sal egter deur verdere ondersoek bewys moet word alvorens dit aangeneem kan word. Die teenwoordigheid en rol van "growth factors" en die invloed van sterk uitruilers daarop sal ook in aanmerking geneem moet word.

B. NAWERKING VAN UITRUILBARE IONE.

Uit die resultate wat in hierdie verband verkry is blyk dat die saailing gedurende die ontkiemingstadium uiters sensiteif vir skadelike invloede op die wortels is. Deur die beskadigde wortels mikroskopies te ondersoek is gevind dat die wortelwande baie gebreke selwande vertoon. Die teenwoordigheid van voedingsione, of die afwesigheid daarvan, beïnvloed dus die bou van die selwande in die wortels. Die feit dat al die plantjies van die ontkiemingsmedium waar Ca^{2+} teenwoordig was, herstel het (tabel 24 en 25) dui daarop dat kalsium die belangrikste kation in hierdie verband is. Selfs waar die medium Ca^{2+} , $Mg^{2+}+K^+$ en H^+ bevat, was die invloed van kalsium nog sodanig dat al die plantjies herstel het.

Die feit dat slegs ongeveer vyftig persent van die plante, wat vooraf in Mg^{2+} , K^+ en water media ontkiem is, herstel

bewys/...

het, bewys die belangrikheid van Ca^{2+} in die ontkiemingsstadium.

Die swak gemiddelde droëgewigte per plant in die gevalle van Mg^{2+} en K^+ toon egter dat hierdie katione 'n vergiftigende uitwerking op die wortels het, wat die latere ontwikkeling van die plant strem. Dit is nie te vergesog om in die lig van die vorige bevindings die uitwerking toe te skryf aan 'n kalسيوم gebrek nie, wat ontstaan deurdat K^+ en Mg^{2+} geredelik uitruil met die Ca^{2+} van die saad.

C. OPNAME VAN IONE DEUR GROEIENDE PLANTE.

Die opname van ione word deur die wette van ioonuitruilings beheer. Die ewewig tussen ione van verskillende valensies in die oplossing- en kolloïedfase word gewoonlik gegee as:-

$$\frac{M_i}{M_o} = \sqrt{\frac{M_i^{2+}}{M_o^{2+}}} \quad \begin{array}{l} M = \text{konsentrasie} \\ i = \text{kolloïedfase} \\ o = \text{oplossingsfase} \end{array}$$

Uit die vierkantswortelverband word afgelei dat die hoërwaardige ione tot 'n groter mate versamel in die fase met die groter aktiwiteit. Gevolglik kan afgelei word dat, hoe hoër die uitruilkapasiteit van die materiaal, hoe hoër sal die verhouding tweewaardige tot eenwaardige ione wees, as alle ander faktore gelyk is. omgekeerd, sal die stof met die hoër uitruilingskapasiteit makliker monovalente ione vrystel aan die buiteoplossing as die met die laer uitruilingskapasiteit.

As 'n plant-grondstelsel beskou word as 'n Donnan sisteem, betsaande uit twee kolloïdale fases, dan sal die relatiewe verspreiding van katione van verskillende valensies afhang van die uitruil^{ings}kapasiteite van beide die plant en die klei. Gevolglik kan verwag word dat, as ander faktore gelyk is, dieselfde plant groter hoeveelhede monovalente as divalente ione sal opneem, as die uitruilingskapasiteit van die medium groter is. Die Donnan verspreiding van ione van verskillende valensies sal weerspieël word in die sametelling van/...

van die plant. Bostaande teoretiese afleiding is deur Elgabaly en Wiklander (40) en (41) in bentoniet-kaoliniet suspensies, met ertjie- en garswortels, bevestig.

Die verminderde opname van tweewaardige katione by hoër uitruilingskapasiteit word ook deur hierdie ondersoek duidelik aan die lig gebring, hoewel dit nie met 'n verhoogde kalium opname gepaard gegaan het nie. Daar is egter aanduidings van 'n verhoogde opname van natrium. Die feit dat die kaliumopname nie toeneem nie mag toegeskryf word aan die feit dat die graad van versadiging vir kalium te laag was. Jenny en Ayers (42) het gevind dat 'n verlaging in die graad van versadiging van kalium 'n verminderde opname van die element tot gevolg het.

Arnon en Grossenbacher (43) het ook gevind dat, waar voedingsstowwe in die geadsorbeerde vorm toegedien word, die beskikbaarheid van kalsium en magnesium grootliks verminder.

Hoewel dit wil voorkom asof die afleidings oor opname van ione, soos beïnvloed deur die uitruilingskapasiteit, ooreenkom met die bevindings van andere, bly daar egter 'n belangrike verskil waarvan die verklaring nie so voor die hand liggend is nie. Waar met die Donnan verspreiding van ione gewerk word, word met die aktiwiteit van die ioon in die oplossing en die kolloïedfase rekening gehou. Dit is dus die konsentrasie van die ioon in die kolloïed wat van belang is en nie die hoeveelheid van die kolloïed self nie. In die proef wat deur die skrywer onderneem is, het die konsentrasie kalsium, magnesium, kalium en natrium in die uitruiler dwarsdeur konstant gebly, terwyl slegs die hoeveelheid uitruiler gevarieer het. Waar Elgabaly en Wiklander (40) dus hulle bevindings gestaaf het deur te werk met bentoniet-kaoliniet mengsels om die uitruilingskapasiteit te verander, is dit hier nie die geval nie. 'n Ander verklaring sal dus gesoek moet word.

Gegron d op die teorie van kontakuitruiling van Jenny en Overstreet(26) blyk die volgende die enigste aanneemlike verklaring te wees. Hulle het gevind dat verdunde klei-suspensies, wat geadsorbeerde natrium, ammonium en waterstof bevat, kalium verwyder uit normale lae-soutbevattende wortels. Indien daar dus groter hoeveelhede uitruiler in die sand-uitruilermengsel teenwoordig is, is daar 'n groter moontlikheid van kontak tussen die wortel en die uitruiler, waar die Donnan ewewig opgestel moet word, met die gevolg dat die sintetiese uitruiler met 'n hoër absorpsievermoë die plant beroof van veral die tweewaardige katione. Dit verklaar waarom die mielieplante kleiner hoeveelhede kalsium en magnesium bevat in die media met groter hoeveelhede uitruiler.

Die gevolgtrekking dat hoër produksie verkry word met 'n laer absorpsie van minerale, betekem dat die kritiese hoeveelheid van 'n plantvoedingstof bestudeer sal moet word uit die oogpunt van die medium waarin die plant groei.

HOOFSTUK VI

O P S O M M I N G.

1. Sintetiese harpuitruilers is gebruik om die invloed van die ses vername voedingione, kalsium, magnesium, kalium, waterstof, fosfaat en nitraat, op die ontkieming van mielies na te gaan. Die invloed van die ionen alfen en alle moontlike kombinasies daarvan word deur middel van fotos geïllustreer. Hieruit blyk dat die teenwoordigheid van uitruilbare katione veral die wortelontwikkeling nadelig beïnvloed in vergelyking met die van mielies in 'n suiwersand medium.

Daar is 'n merkbare wisselwerking tussen die verskillende ionen, bv. beide magnesium en nitraat alleen gee baie swak ontkieming. Waar hulle egter gekombineer word, is 'n opvallende verbetering van die wortelontwikkeling. Dieselfde geld ook vir kombinasies soos, $\text{NO}_3^- + \text{HPO}_4^{2-}$ en $\text{K}^+ + \text{NO}_3^-$.

Die teenwoordigheid van onversadigde kationuitruiler (H-uitruiler) gee in alle gevalle baie swak ontkieming, terwyl die wortelontwikkeling feitlik verhoed word.

2. Bepalings van die pH van die media van kationuitruilers versadig met natrium, kalium, magnesium en kalsium toon dat die media goed gebuffer is en dat die toestande gunstig vir ontkieming is.

3. Klein hoeveelhede uitruilbare kalium en magnesium het 'n nadelige invloed op die wortelontwikkeling. 'n Swakker wortelontwikkeling word verkry selfs met klein hoeveelhede soos 0.2 gram K- of Mg-uitruiler per 100 gram sand. Die wortelontwikkeling is nie so sensitief vir klein hoeveelhede kalsium nie.

4. Die byvoeging van 'n spoorelementoplossing by 'n

medium/...

medium, wat kalsium en nitraat bevat, het geen verbetering van die wortelontwikkeling gegee nie. In suiwer sand het spoorelemente egter die ontkieming merkbaar gestimuleer.

5. Kalium en magnesium word deur 'n onversadigde uitruiler opgeneem ten koste van ekwivalente hoeveelhede wat die saailing in die periode van ses tot nege dae verloor. Fosfor word deur die anioonuitruiler opgeneem ten koste van die reserwe in die saad. Dit blyk dus dat die invloed, wat die uitruiler op die ontkieming het toegeskryf kan word aan die feit dat die reserwe voedsel van die saad deur die uitruiler gebind word.

6. Deur mielieplante in voedingsmedia te laat groei, nadat hulle in media van kalsium, kalium en magnesium ontkiem het, is aangetoon dat die plante, wat in kalium-en magnesium-uitruilers ontkiem het, baie swak herstel. Die beste groei is verkry van plantjies wat vooraf slegs in suiwer sand ontkiem het.

7. Beter groei is verkry in 'n sandsubstraat, deur die plantvoedingsstowwe almal in die geadsorbeerde vorm toe te dien, as deur die voedingsstowwe in oplossing by te voeg. Groter hoeveelhede van die geadsorbeerde voedingsstowwe het die produksie van droëmateriaal progressief vermeerder. Die hoeveelheid minerale voedingsstowwe per 100 gram droëgewig het egter afgeneem soos die uitruilingskapasiteit verhoog is. Die vermindering van ione word veral weerspieël in 'n verminderde opname van kalsium. Die verklaring word gebaseer op die teorie van kontakuitruiling. By groter hoeveelhede uitruiler is groter moontlikhede vir kontak tussen die wortels en die uitruiler, sodat die tweewaardige katione na die sterker uitruiler beweeg.

B E K A N K I N G S .

In die eerste plek my hartlike dank aan Prof. D.J. du Plessis, hoof van die Departement Chemie aan die P. U. vir C. H. O., van wie die gedagte uitgegaan het om die sintetiese uitruilers vir die studie van plantvoeding te gebruik. Ook vir sy leiding en waardevolle wenke gedurende die ondersoek my hartlike dank.

My dank ook aan die Departement van Landbou wat goedgunstiglik toegestem het dat die resultate vir die verhandeling gebruik kon word en aan Mnr. H. K. G. Klintworth hoof van die Skeikundeafdeling van die Landboukollege Potchefstroom vir die deurlees van die manuskrip en sy gewaardeerde kritiek.

Ook wil ek my dank betuig aan die volgende van my kollegas wat almal in een of ander stadium van die ondersoek met die chemiese ontledings behulpsaam was:-

Mejj. A. S. van Wyk en H. M. S. Strydom en Mnr. M. J. le Roux.

VERWYSINGS.

- (1). Saunders A.R.(1942): ,,Akkerproewe te Potchefstroom.
'n Opsomming van Naversingswerk wat Gedurende die Tydperk 1903-1940 gedoen is". Departement van Landbou en Bosbou Wetenskaplike Pamflet No.14.
- (2). Saunders A.R. en Laubscher F.X. (1946):,,Veldproewe op Potchefstroom. 'n Opsomming van Navorsingswerk Gedurende die Tydperk 1940-1945". Departement van Landbou, Wetenskaplike Pamflet No. 246.
- (3). van der Berg D.J., van Garderen J. and Cutler J.V.(1938): ,,Kroonstad Summer Cereal Experiment Station. First Progress Report (1927-1936). Department of Agriculture and Forestry, (For department use only).
- (4). Walters M.M. and Havenga C.M.(1953): ,,Irrigation and Fertilization of Winter Cereals in the Karoo". Department of Agriculture. Bulletin No. 326.
- (5). van Garderen e.a.(1950): ,, 'n Mielie N-P-K-kunsmisproef 1931-1937" en ,, 'n Duik in die Fosfaat-opbrengskurwe". Departement van Landbou. Wetenskaplike Pamflet No. 317.
- (6). van Garderen J. en Smuts I.J.)1951): ,,Kunsmisproewe (1927-1946) op die Kroonstadse Landbounavorsingstasie". Departement van Landbou. Wetenskaplike Pamflet No. 319.
- (7). van Garderen J. , Brevis J.G. en Taylor A.J. (1952): ,, Kunsmisproewe in Natal, 1933-1950". Departement van Landbou. Wetenskaplike Pamflet No. 336.
- (8). Brevis J.G. e.a. (1953): ,,Grondtipes van die Hoëveld-streek". Boerdery in Suid-Afrika Feb.1953.
- (9). Landegård H.(1955): ,,Ion Absorption". Ann. Rev. Plant Phys. 1955.
- (10). Bray R.H. (1954): ,,A Nutrient Mobility Concept of Soil Plant/...

- Plant Relationships". Soil Sci., 78: 9-23.
- (11).du Toit A.A. (1952): „A Study of Cation Exchange in South African Soils". M.Sc. Thesis, Rhodes Univ. S.A.
- (12).Boyd G.E. (1951): „Ion Exchange". Ann. Rev. Phys. Chem., 2: 309.
- (13).Aristotle: „Works of Aristotle", 7: 933b.
- (14).Way J.T. (1850): „On the Power of Soils to Absorb Manure". J. Royal Agric. Soc., II: 313-379.
- (15).Thompson H.S. (1850): „On the Absorbent Power of Soils". J. Royal Agric. Soc., II: 68-74.
- (16).Kelley W.P. (1948): „Cation Exchange in Soils". A.C.S. Monograph No. 109, Reinholdt Publ. Corp., New York.
- (17).Gedroiz K.K. (1922): „On the Absorptive Power of the Soil". Translated from Russian by S.A. Waksman and distributed by the U.S. Department of Agriculture. Published originally by Peoples Commissariat of Agr., Petrograd,
- (18).Mattson S. (1932): „The Laws of Soil Colloidal Behavior: IX. Amphoteric Reactions and Isoelectric Weathering". Soil Sci., 34: 209-240.
- (19).Hendricks S.B. and Fry W.H. (1930): „The Results of X-ray and Microscopical Examinations of Soil Colloids". Soil Sci., 29: 457-476.
- (20).Kelley W.P., Dore W.H. and Brown S.M. (1931): „The Nature of the Base-Exchange Material of Bentonite, Soils and Zeolites as Revealed by Chemical Investigations and X-ray Analysis". Soil Sci., 31: 25-55.
- (21).Adams B.A. and Holmes E.L. (1935): J. Soc. Chem. Ind. (London), 59.
- (22).Kunin R. and Myer R.J. (1950): „Ion Exchange Resins". John Wiley and Sons, Inc., New York.
- (23).Nachod F.C. Ed. (1949): „Ion Exchange Theory and Applications". Academic Press, Inc., N.Y.
- (24).Scheffer F. und Schachtschabel P. (1952): „Bodenkunde". Ferdinand Enke, Verlag, Stuttgart.

- (25).Kurschner (1941): „Über die Huminsäure eines Kasselerbrauns". Cellulose Chemie, 19: 59-67.
- (26).Jenny H. and Overstreet R. (1939): „Cation Exchange Between Plants Roots and Soil Colloids". Soil Sci., 47: 257-272.
- (27).Jenny H., Overstreet R. and Ayers A.D. (1939): „Contact Depletion of Barley Roots as Revealed by Radio-active Indicators". Soil Sci., 48: 9-24.
- (28).Albrecht W.A. and McCalla T.M. (1938): „The Colloidal Clay Fraction of the Soil as a Culture Medium". Am. J. Bot., 25: 403-407.
- (29).Hewitt E.J. (1952): „Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition". Tech. Comm. No. 22 of the Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Mardstone, Kent. Published by the Commonwealth Agr. Bureau.
- (30).Biddulph O. (1951): „The Translocation of Minerals in Plants". In „Mineral Nutrition of Plants". Ed. Truog E., Univ. of Wisconsin, Press.
- (31).Bürstrom H. (1954): „Studies on Growth and Metabolism of Roots: X. Investigations of the Calcium Effect". Physiol. Plantarum, 7: 332-342. (Abstract in Biol. Abstracts.)
- (32).Elgabaly M.M. (1955): „Specific Effects of Adsorbed Ions on Plant Growth. I. Effects of Different Combinations of Calcium, Magnesium and Sodium on Barley Seedlings". Soil Sci., 80: 235-248.
- (33).Reichenberg D. and Sutcliffe J.F. (1954): „Absorption of Ions by Plants". Nature, 174: 1047.
- (34).Albrecht W.A. (1950): „Quality of Food Crops According to Soil Fertility". The Technology Review, 211: 8
- (35).Nostitz A. (1925): „Zur Bedeutung der Basisch austauschbaren Bodennährstoffe für die Pflanzen und über Einwirkung des Kalkes auf die absorbierenden Bodenkörper". Landw. Verssta., 105: 159.

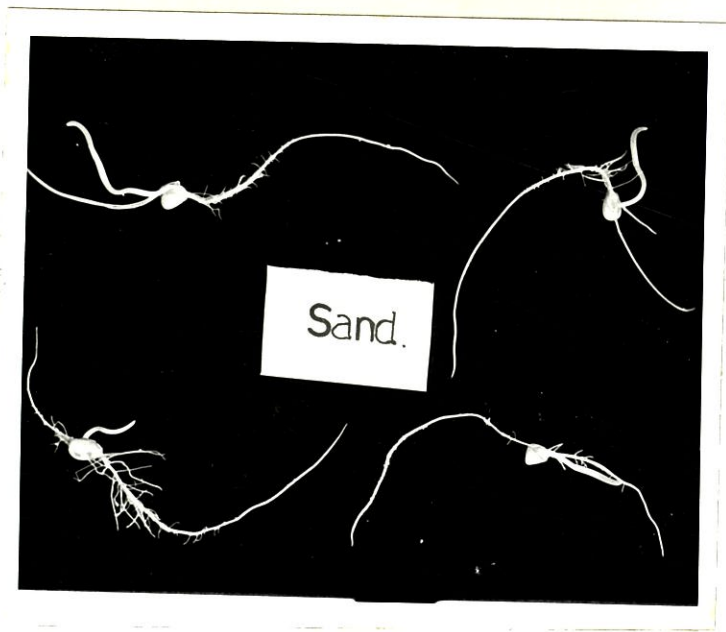
(36)./...

- (36).Breazeale J.F. (1928): „ Soil Zeolites and Plant Growth".
Tech. Bull. Ariz. Agric. Exp. Sta., 21.
- (37).Jenny H. and Cowan E.W. (1933): „The Utilization of Adsorbed Ions by Plants". Science, 77: 394-396.
- (38).Converse C.D., Gammon N. and Sayre J.D. (1943): „ Use of Ion-exchange Materials in Studies of Maize Nutrition".
Plant Physiol., 18: 114.
- (39).Graham E.R. and Albrecht W.A. (1943): „ Nitrate Absorption by Plants as an Anion Exchange Phenomenon". Amer. J. Bot., 30: 195-199.
- 40).Elgabaly M.M. and Wiklander L. (1949): „ Effect of Exchange Capacity of Clay Minerals and Acidoid Content of Plant on the Uptake of Sodium and Calcium by Excised Barley and Pea Roots". Soil Sci., 69: 419-424.
- (41).Wiklander L. and Elgabaly M.M. (1955): „ Relative Uptake of Adsorbed Monovalent and Divalent Cations by Excised Barley Roots as Influenced by Exchange Capacity". Soil Sci., 80: 91-95.
- (42).Jenny H. and Ayers A.D. (1934): „ The Influence of the Degree of Saturation of Soil Colloids on the Nutrient Intake by Roots". Soil Sci., 48: 443-459.
- (43).Arnon D.I. and Grossenbacher K.A. (1947): „ Nutrient Culture of Crops with Use of Synthetic Ion-exchange Materials". Soil Sci., 63: 159.

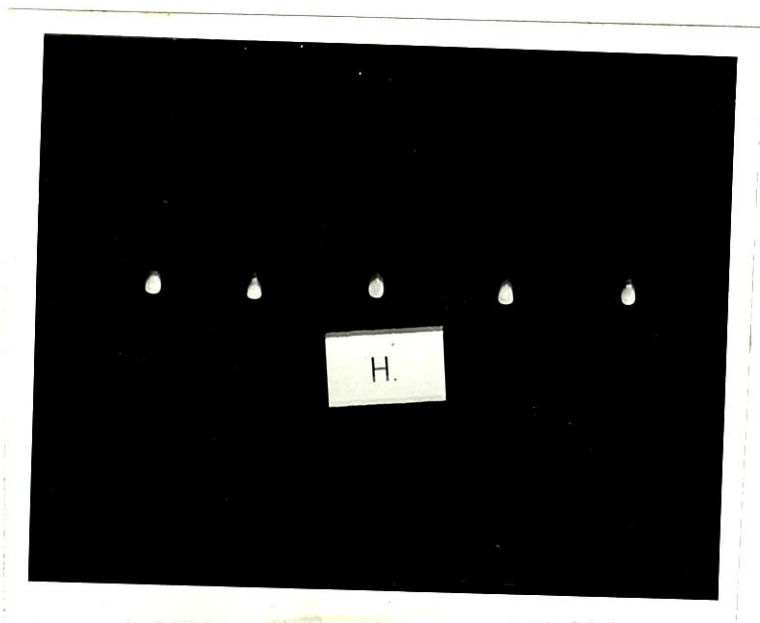
B Y L A A G

I

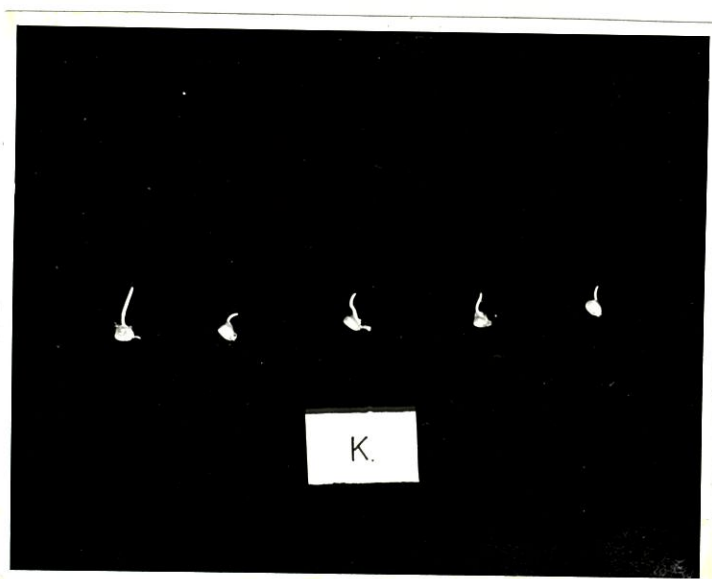
(i)



(a)

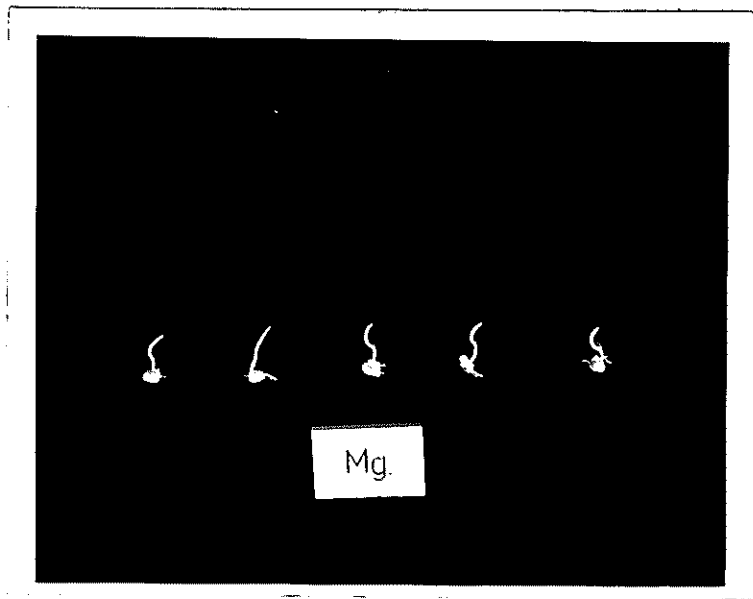


(b)

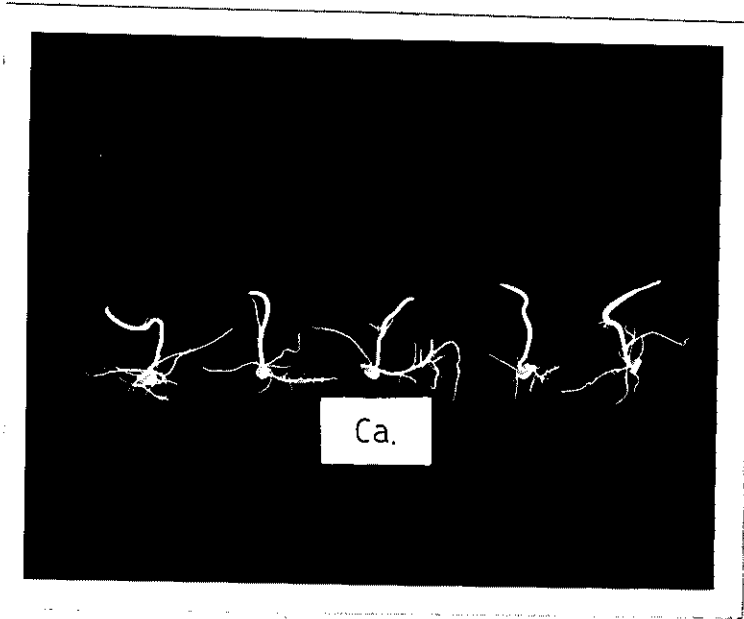


(c)

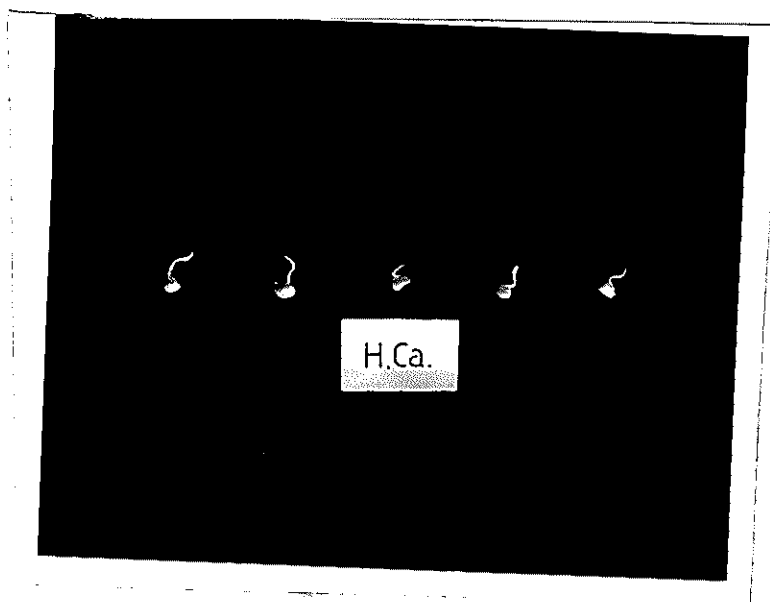
(ii)



(d)

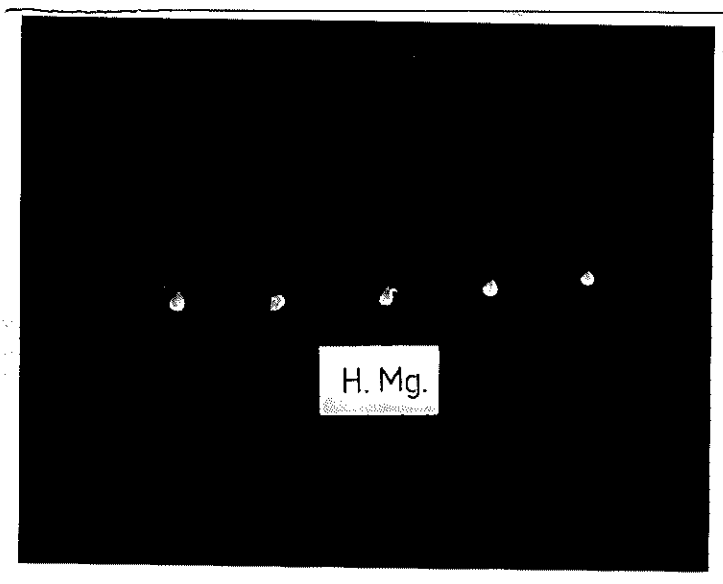


(e)

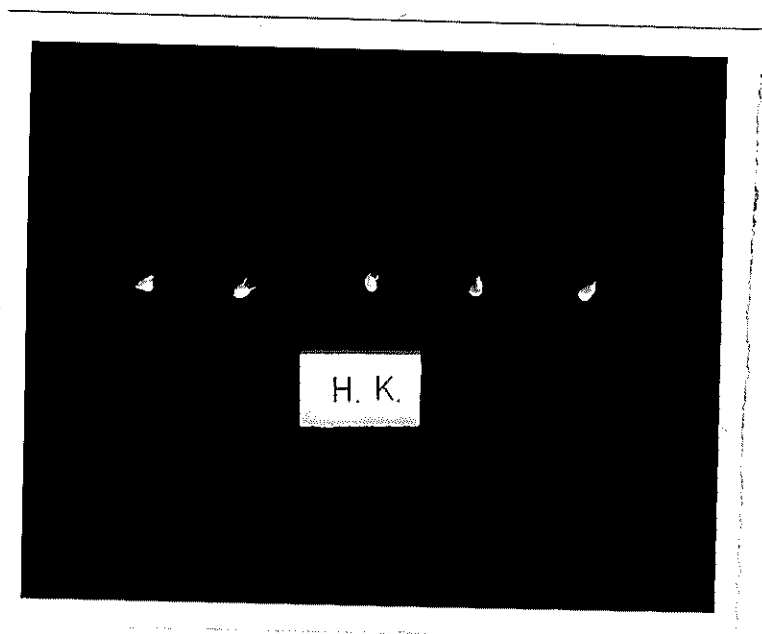


(f)

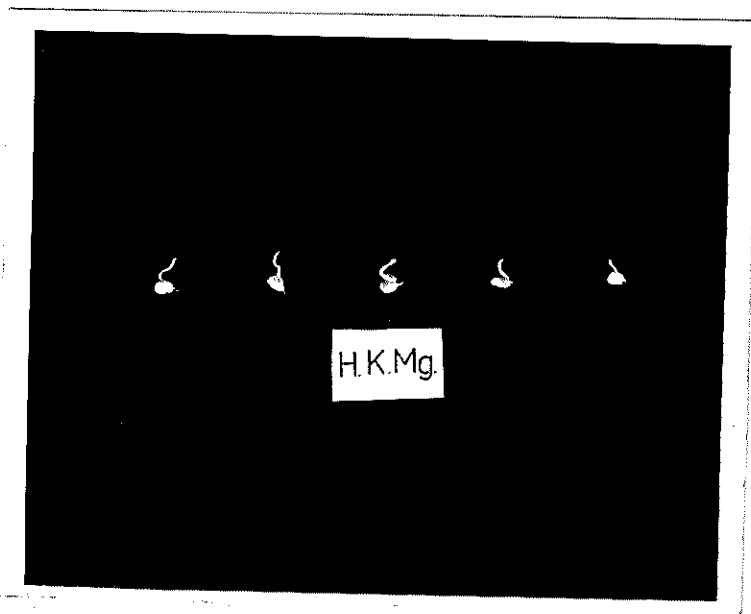
(iii)



(g)

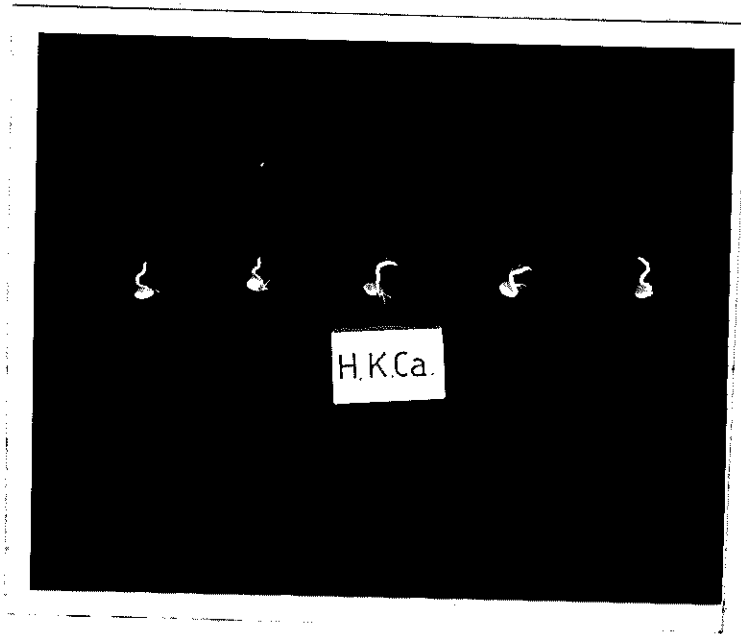


(h)

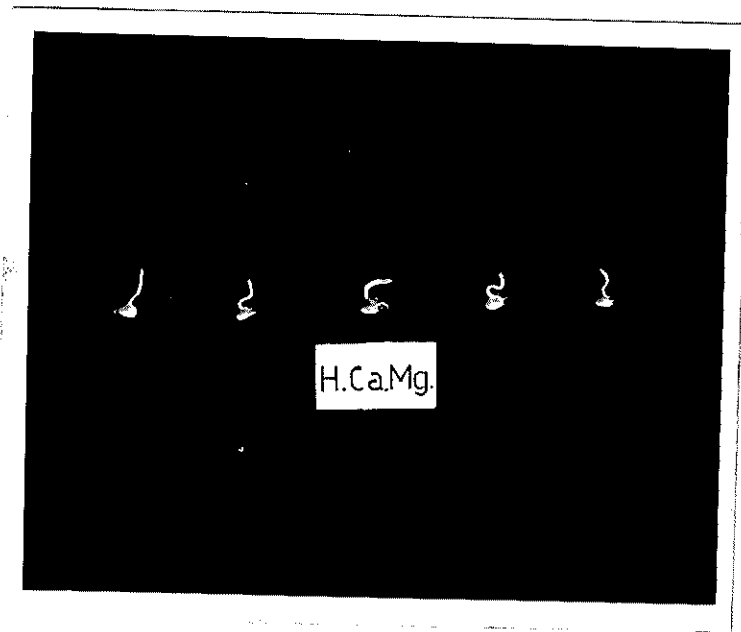


(i)

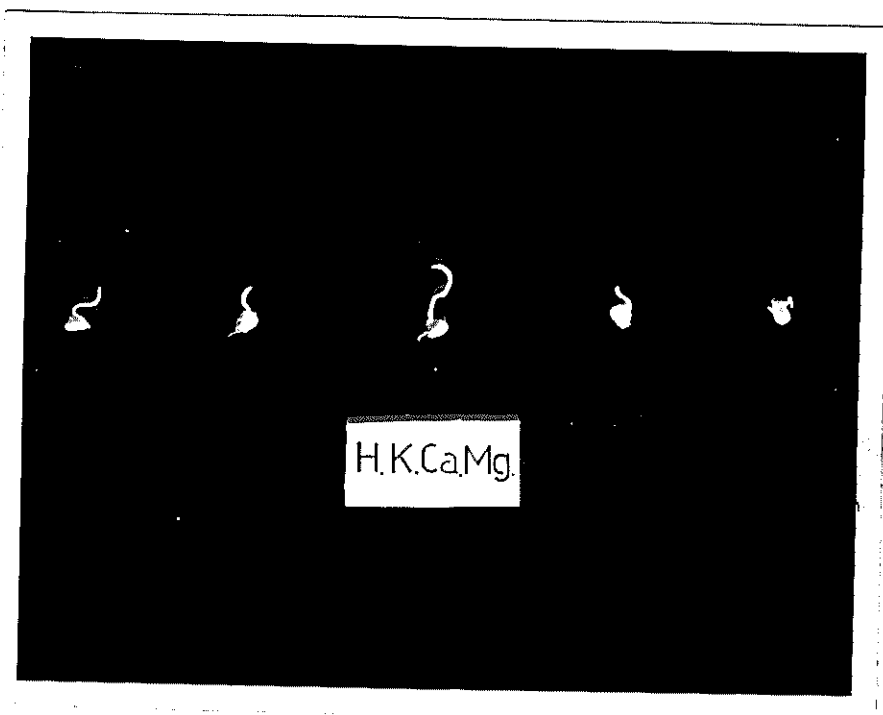
(iv)



(j)

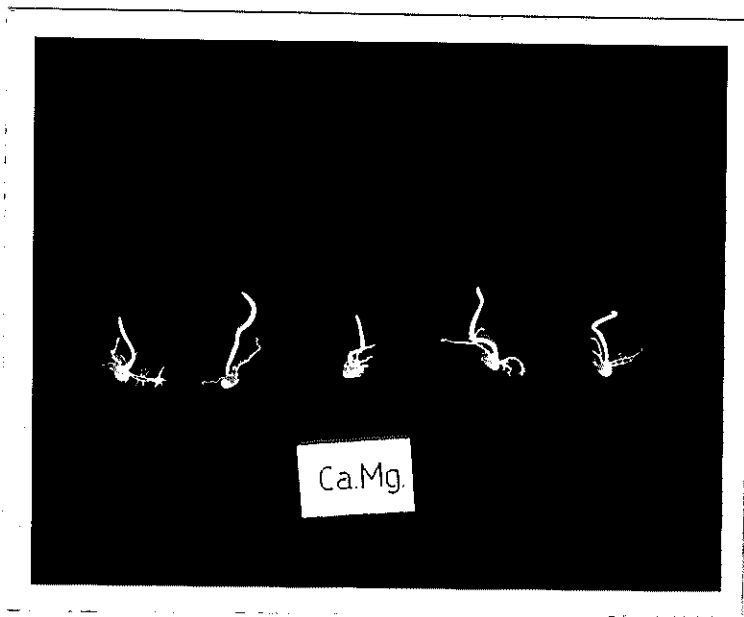


(k)

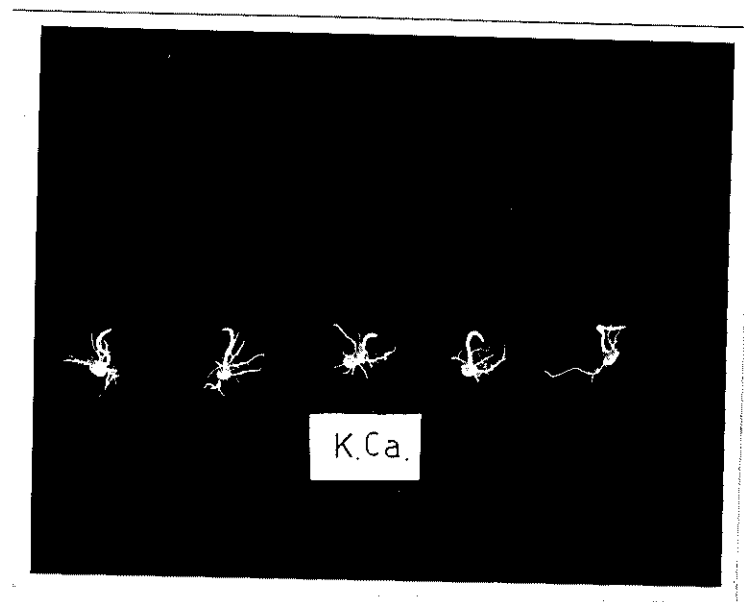


(l)

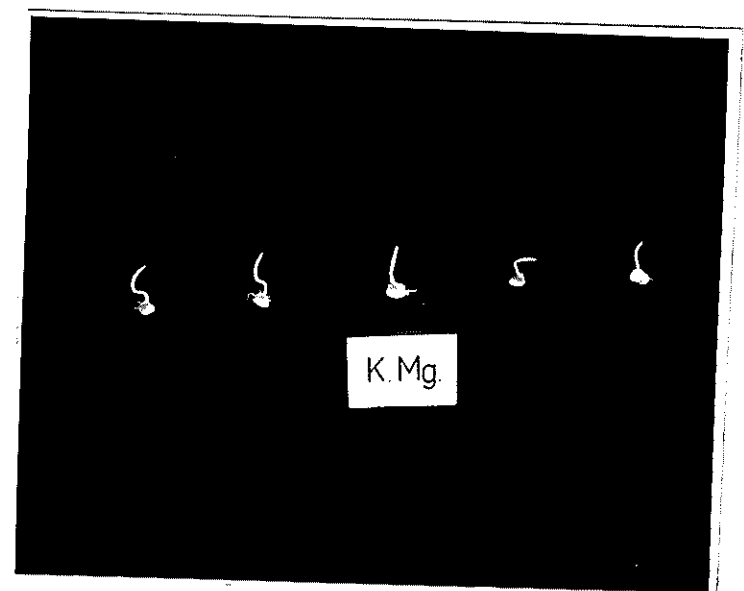
(v)



(m)

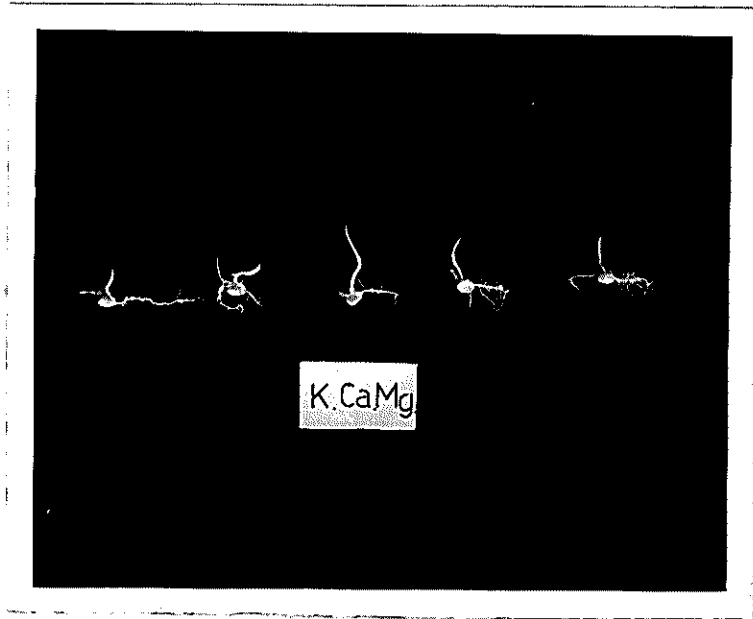


(n)



(o)

(vi)

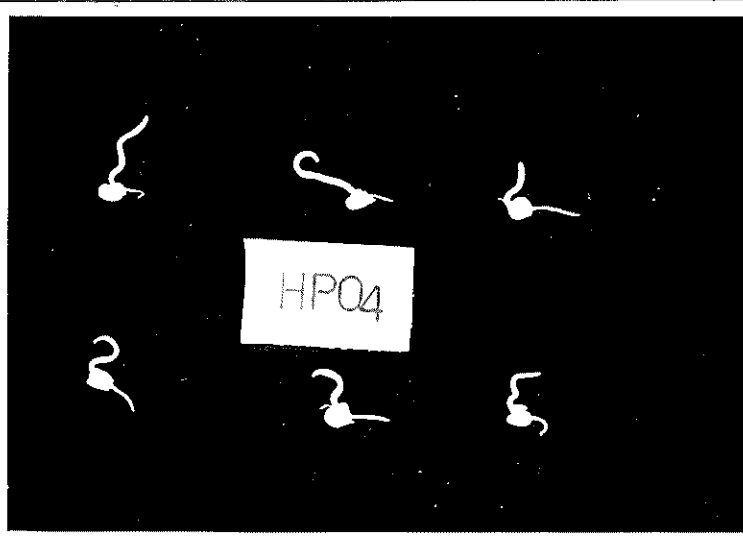


(P)

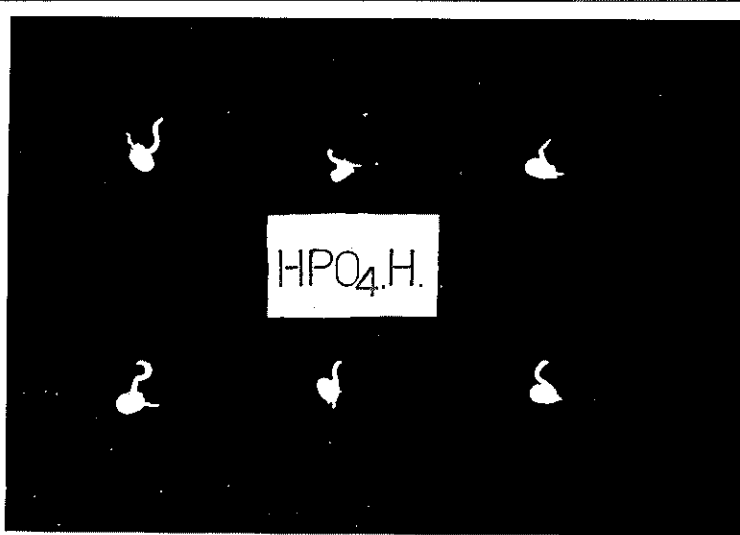
BYLAAG

II

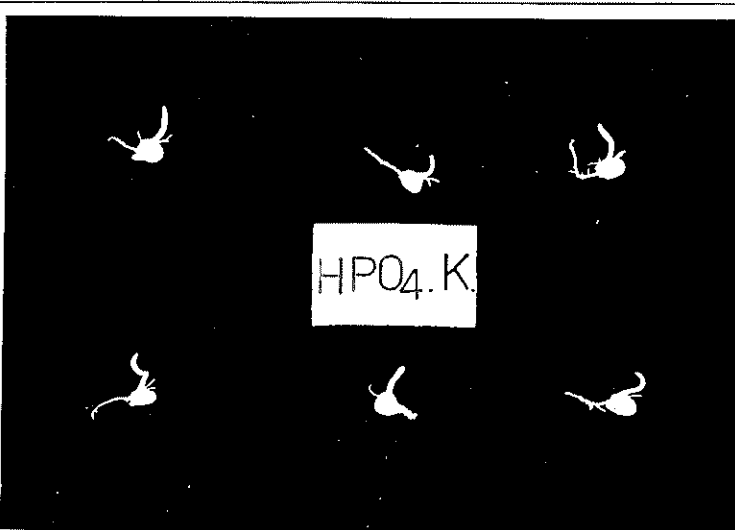
(i)



(a)

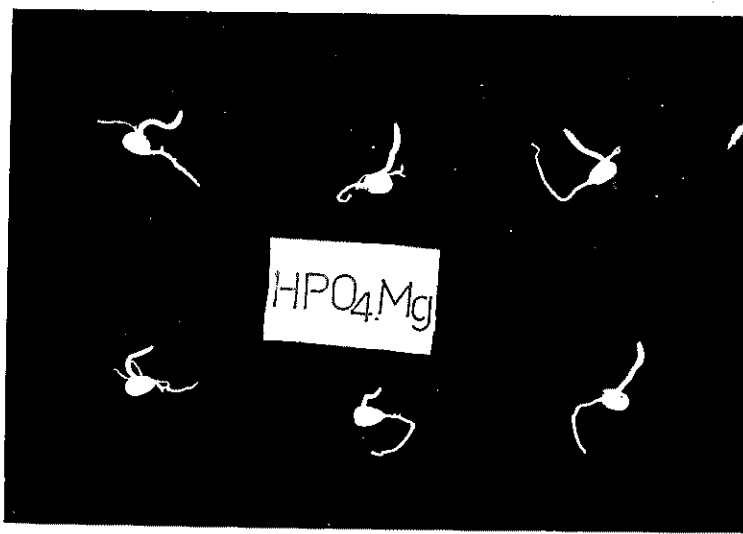


(b)

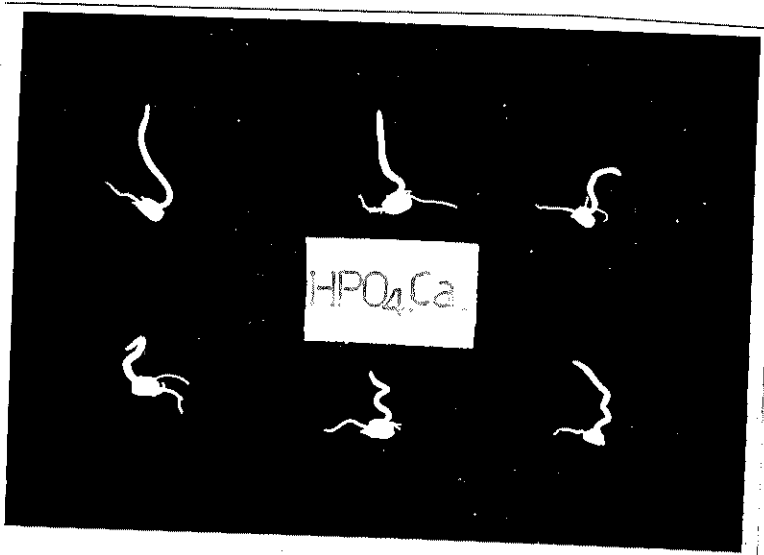


(c)

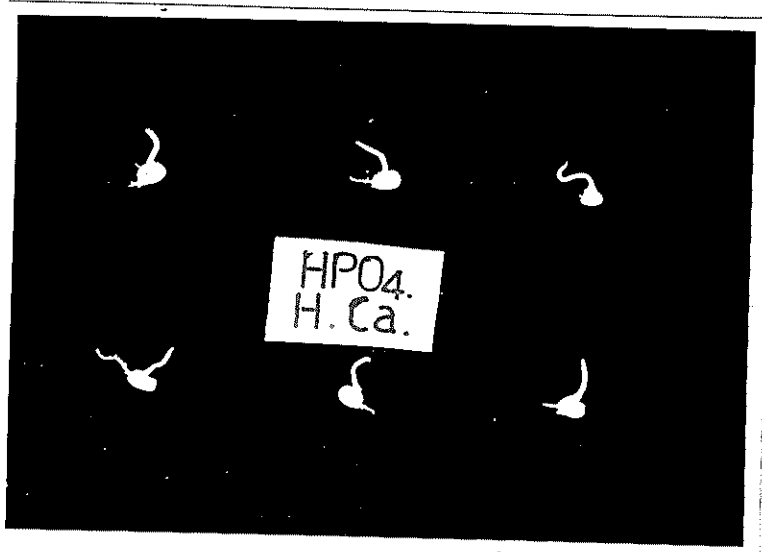
(ii)



(d)

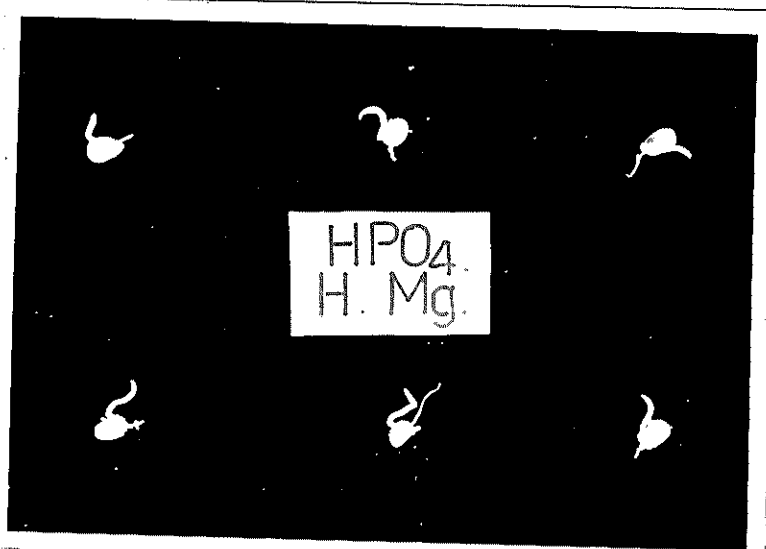


(e)

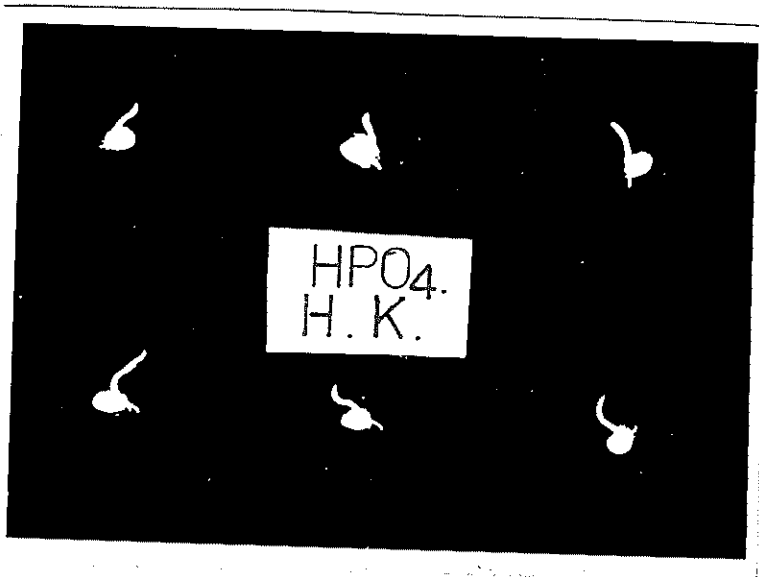


(f)

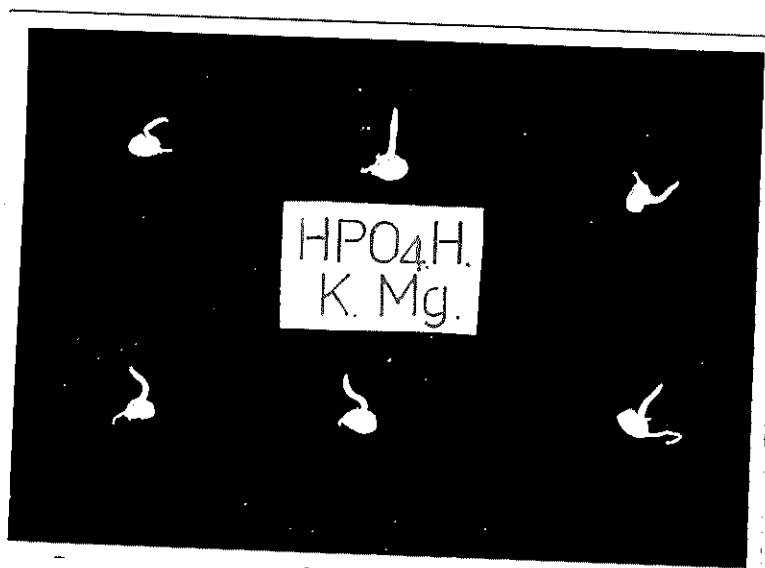
(iii)



(g)

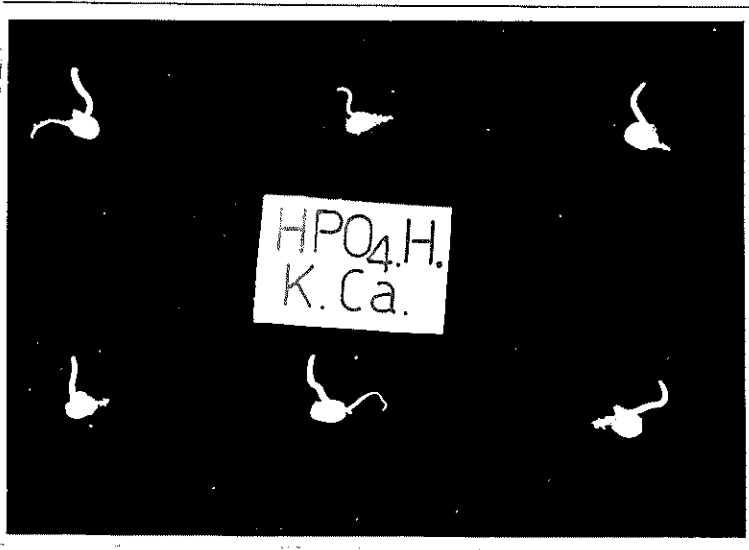


(h)



(i)

(iv)



(j)

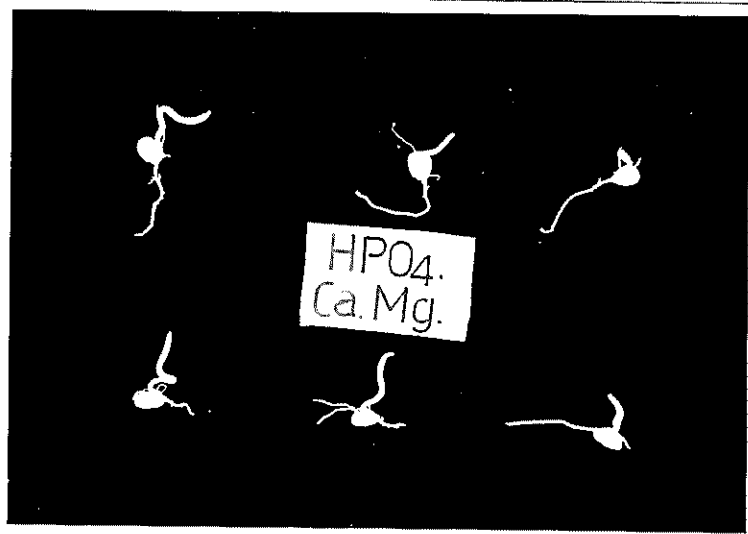


(k)

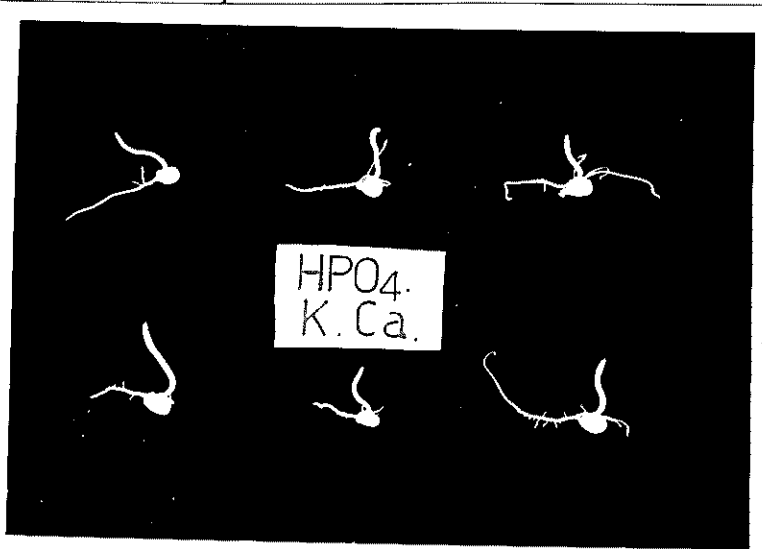


(l)

(v)



(m)

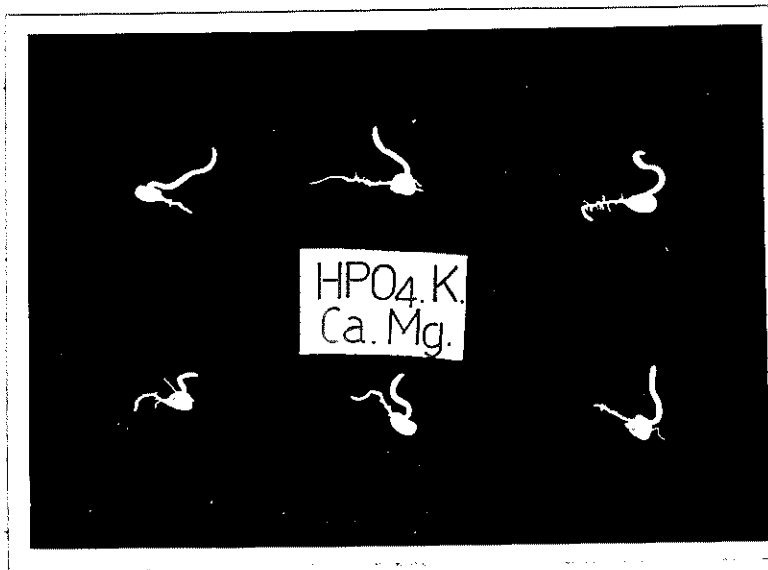


(n)



(o)

(vi)

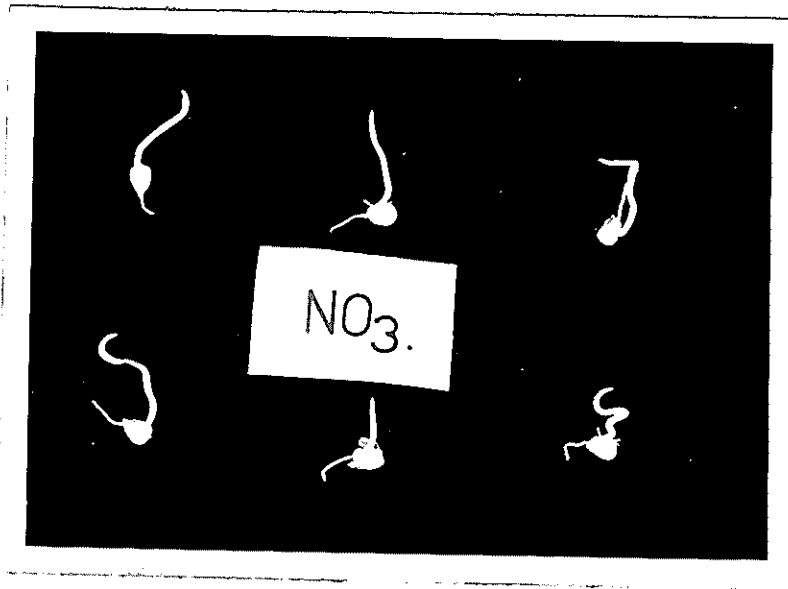


(P)

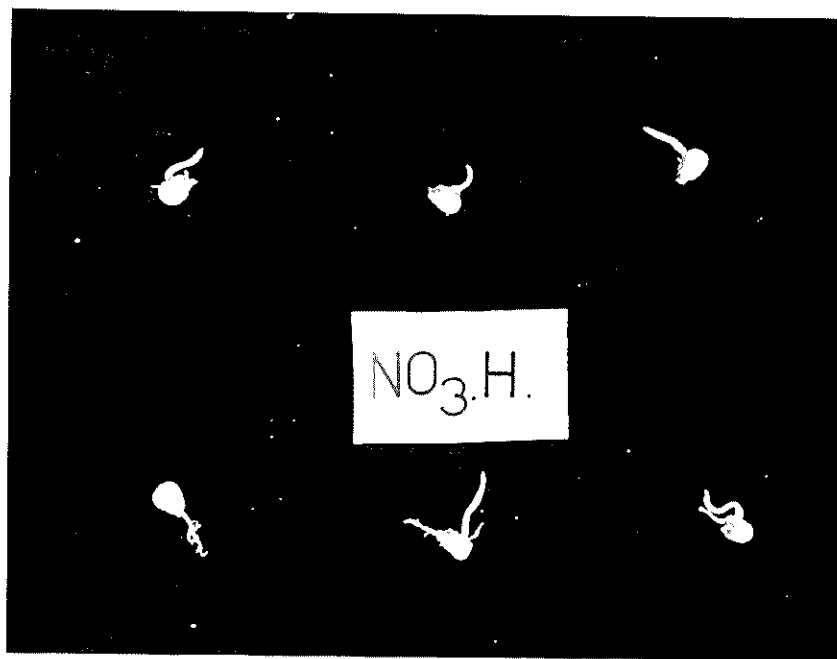
B Y L A A G

III

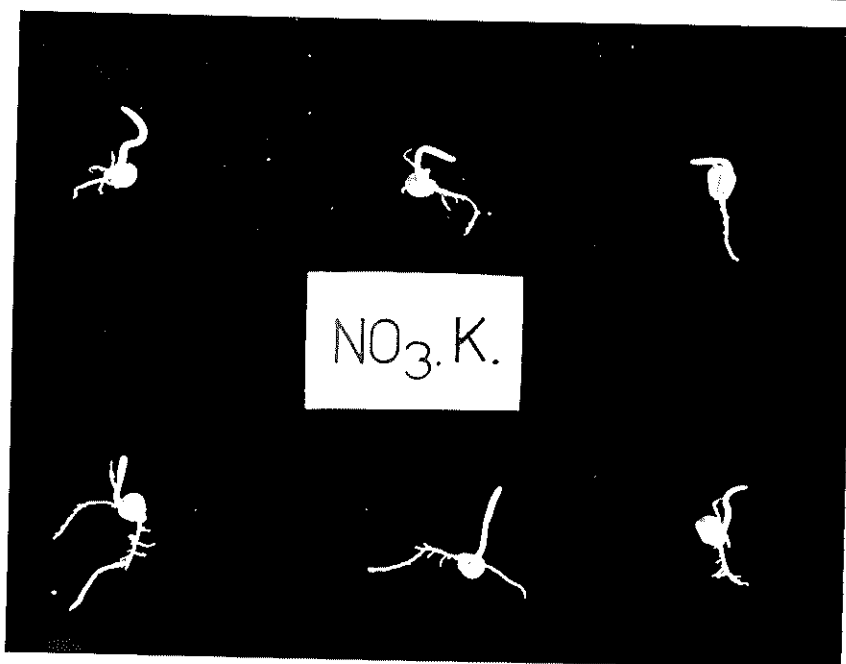
(i)



(a)

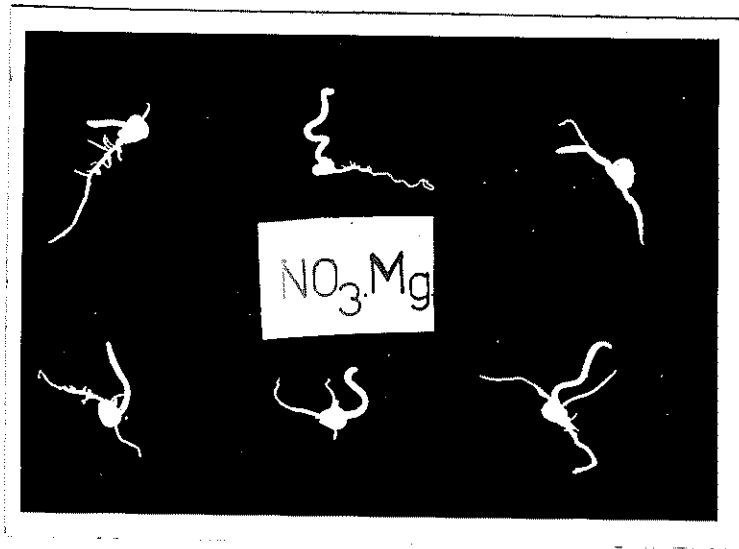


(b)

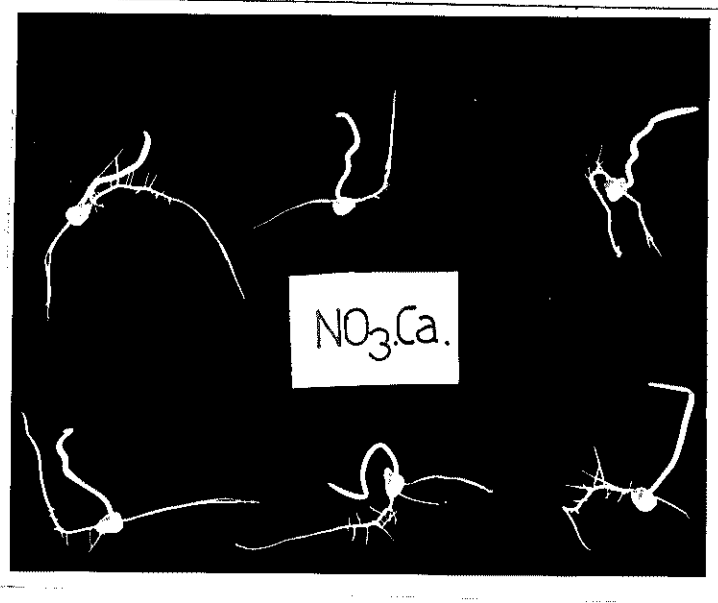


(c)

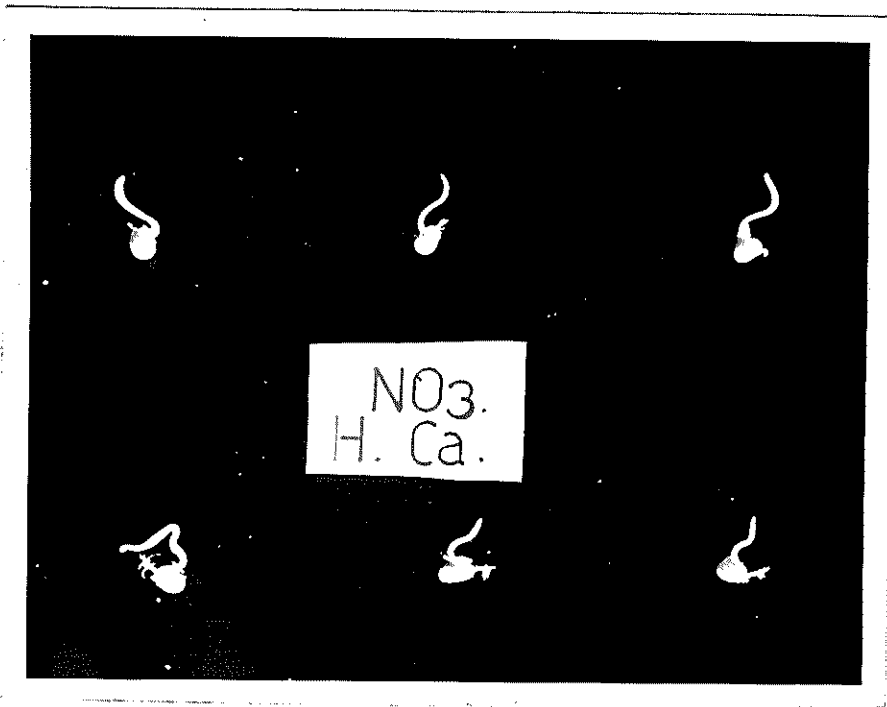
(ii)



(d)

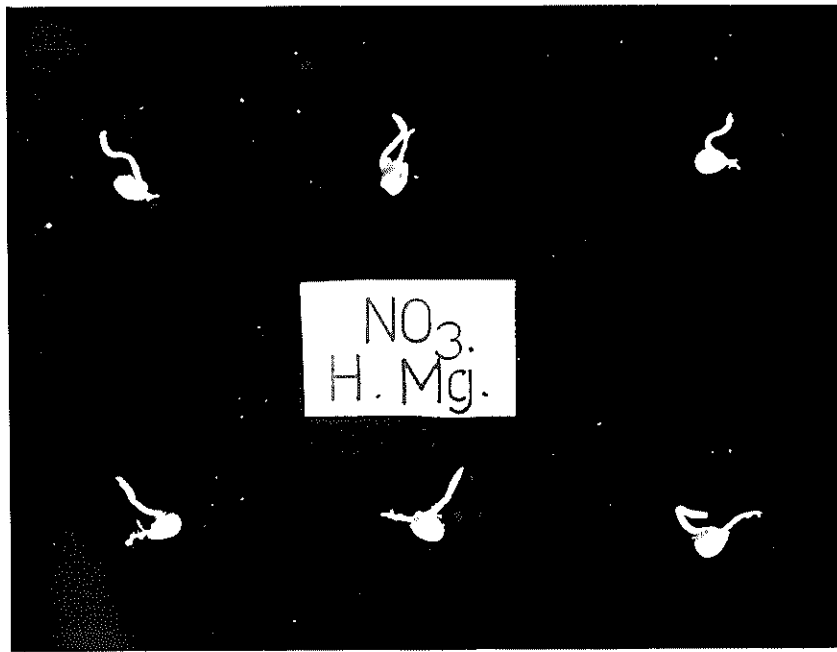


(e)

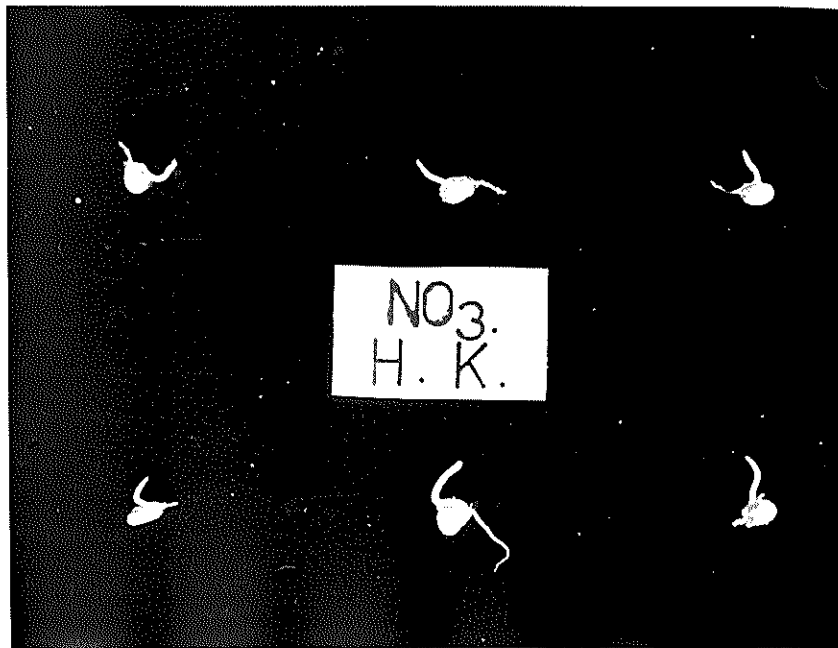


(f)

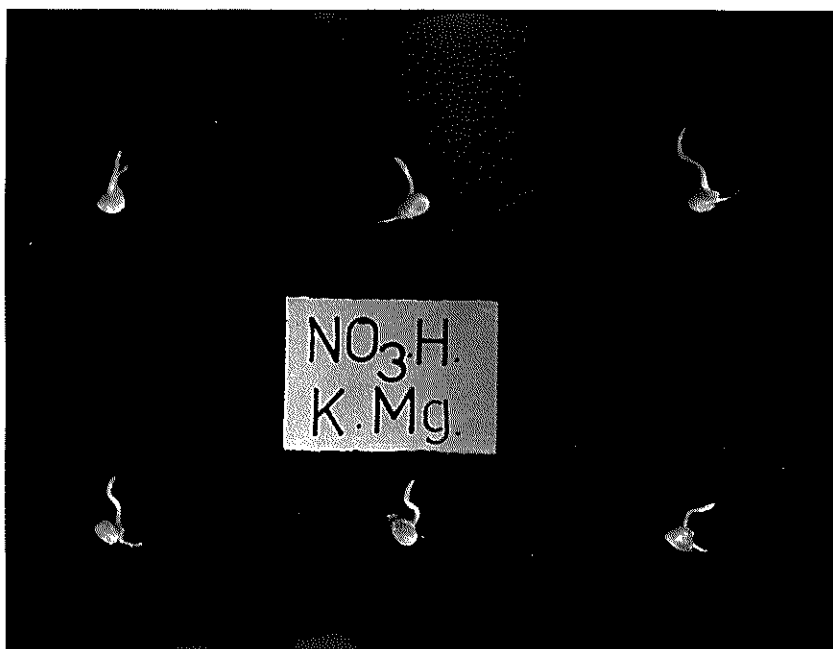
(iii)



(g)

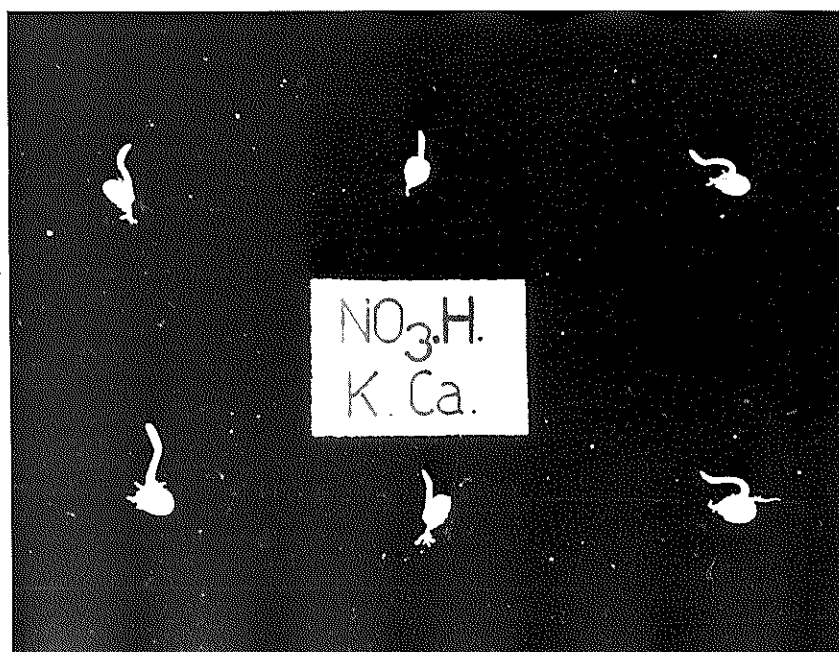


(h)

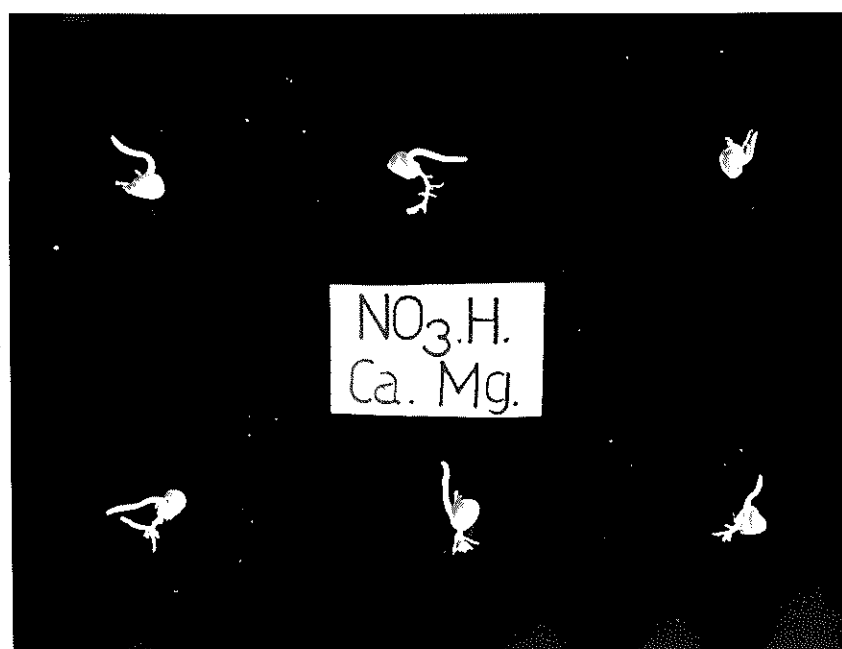


(i)

(iv)



(j)

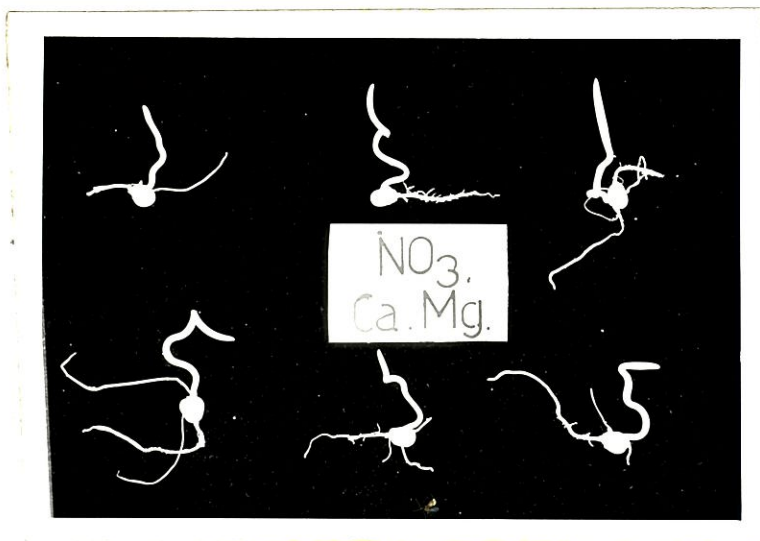


(k)

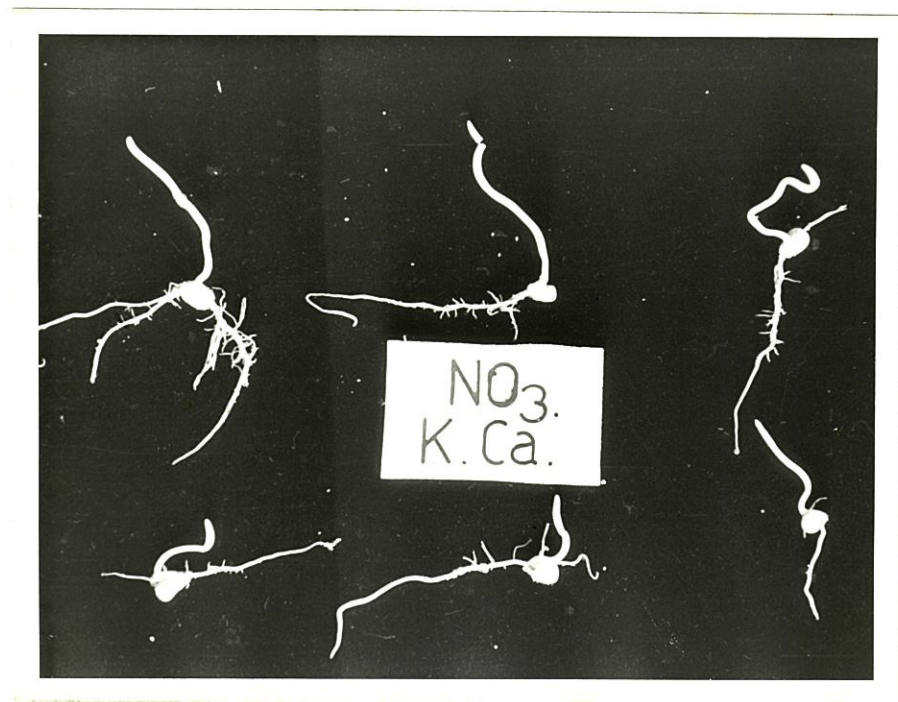


(l)

(v)



(m)

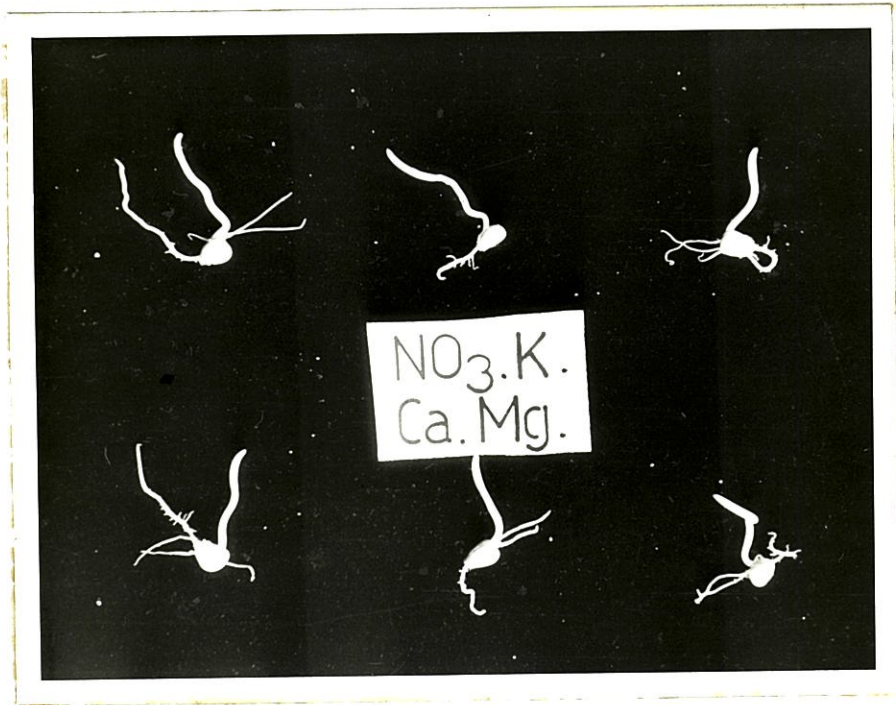


(n)



(o)

(vi)

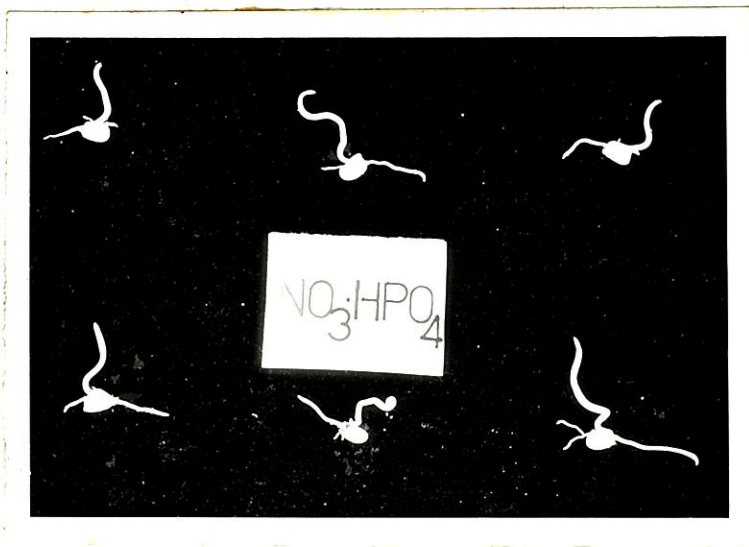


(p)

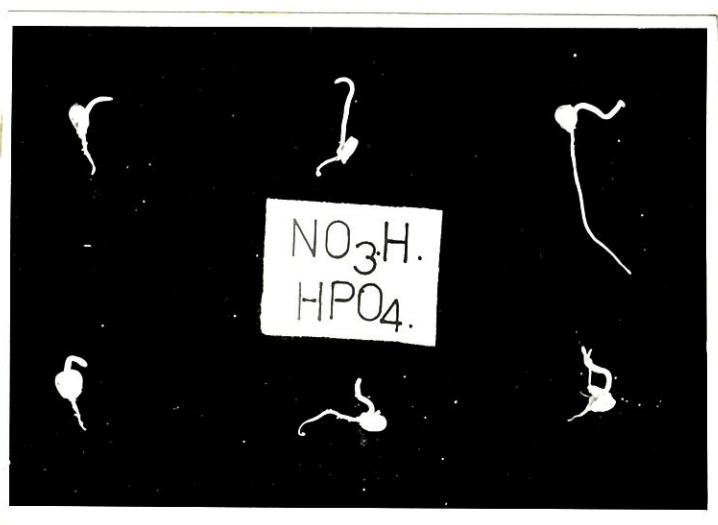
B Y L A A G

IV

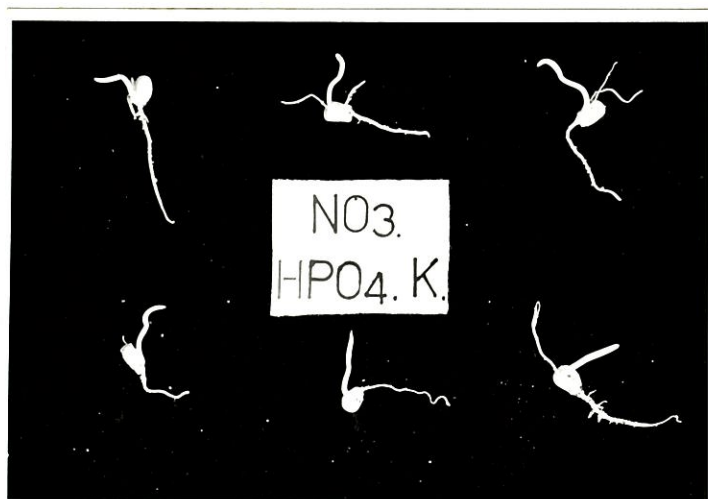
(i)



(a)

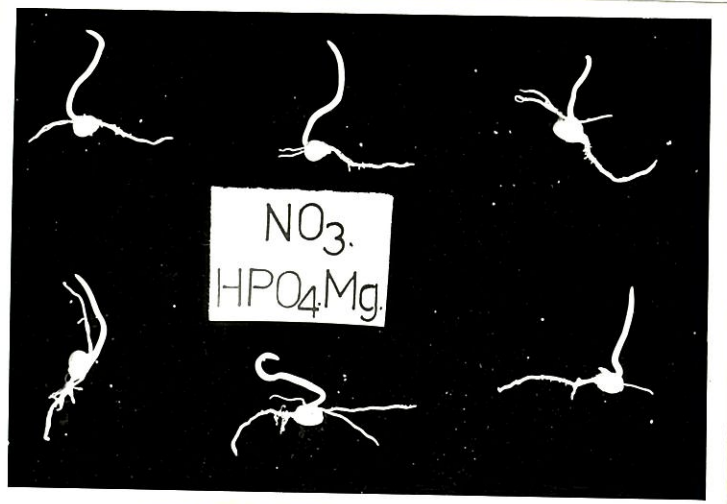


(b)

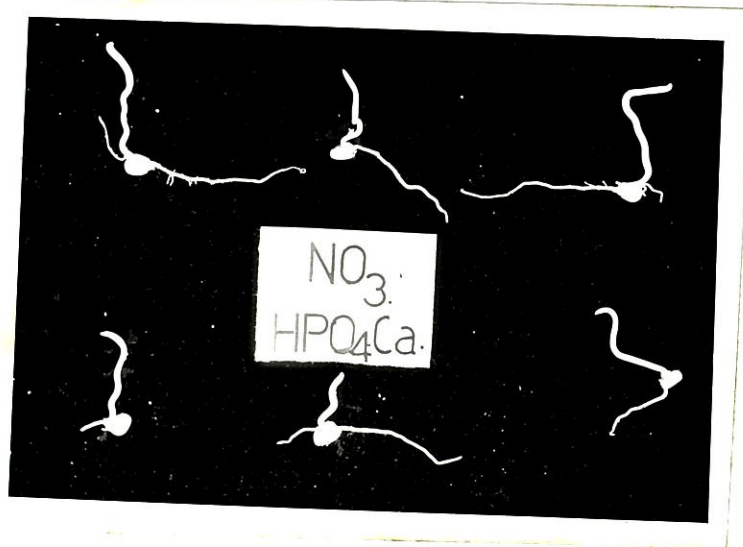


(c)

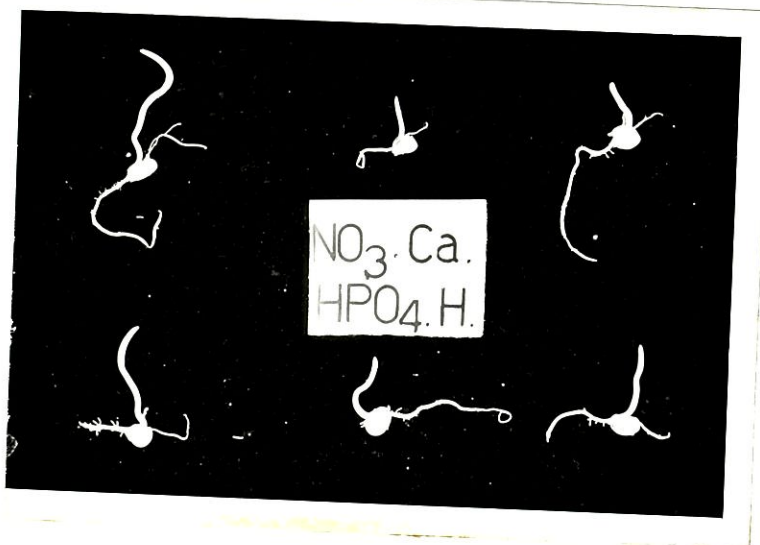
(ii)



(d)

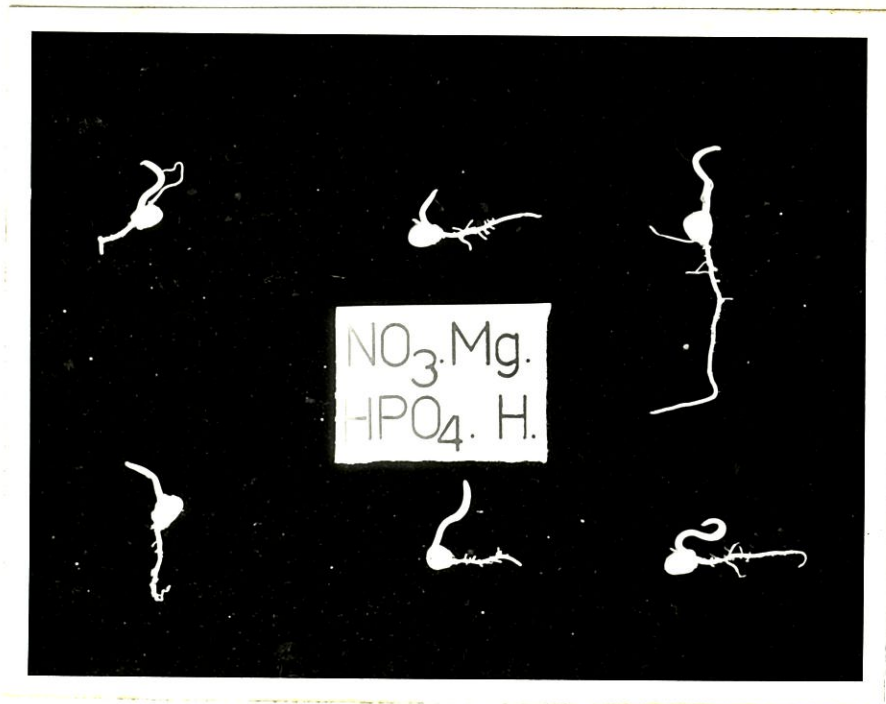


(e)

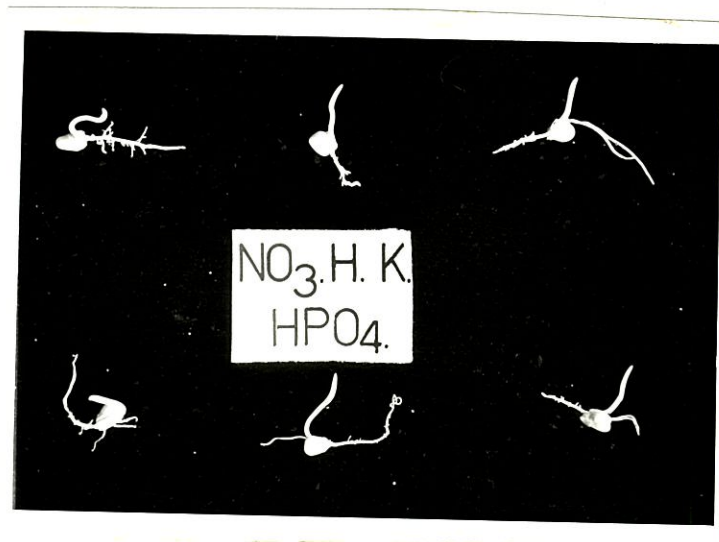


(f)

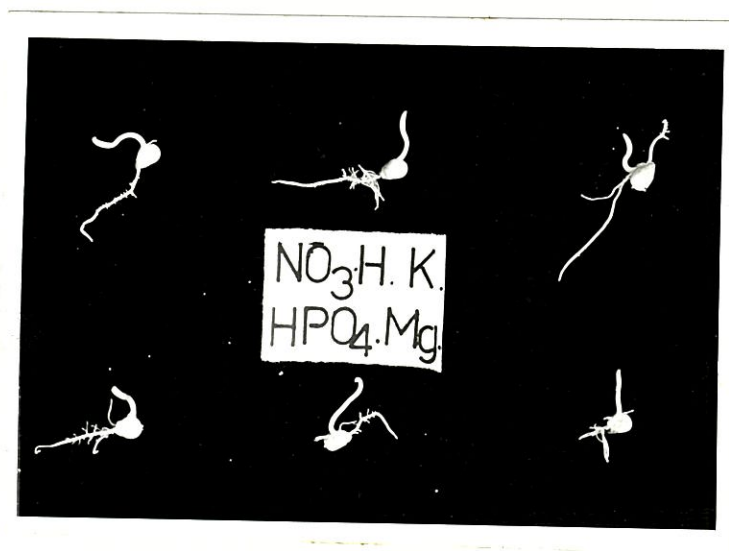
(iii)



(g)

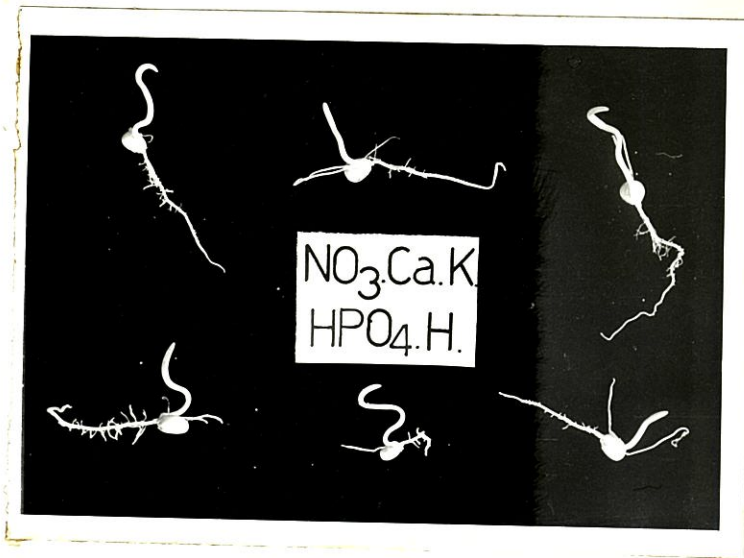


(h)

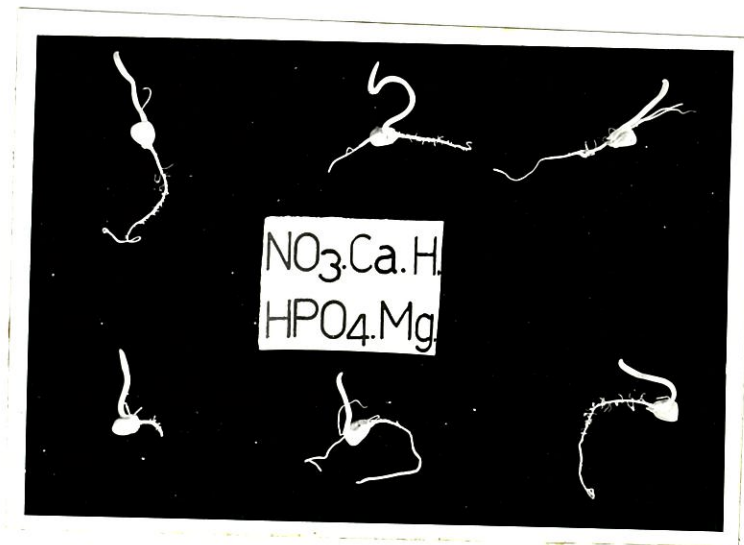


(i)

(iv)



(j)



(k)

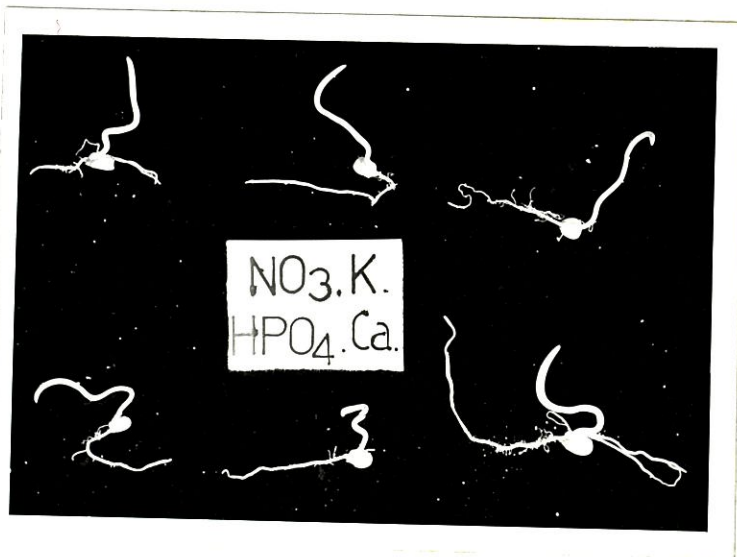


(l)

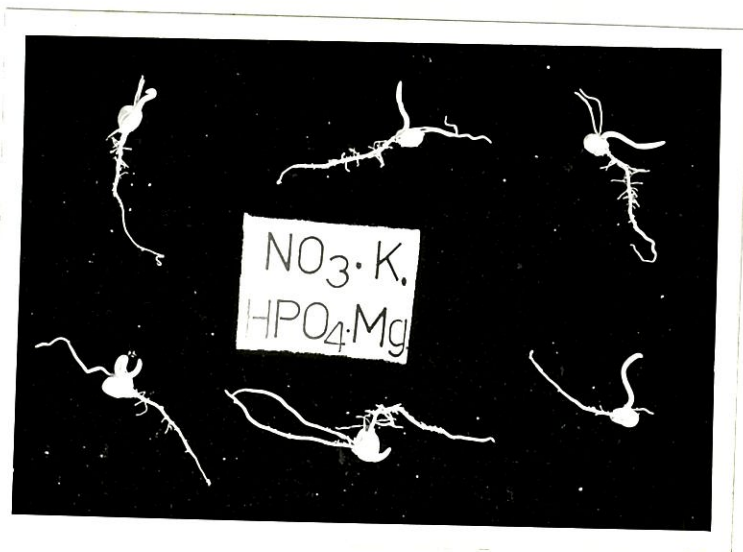
(v)



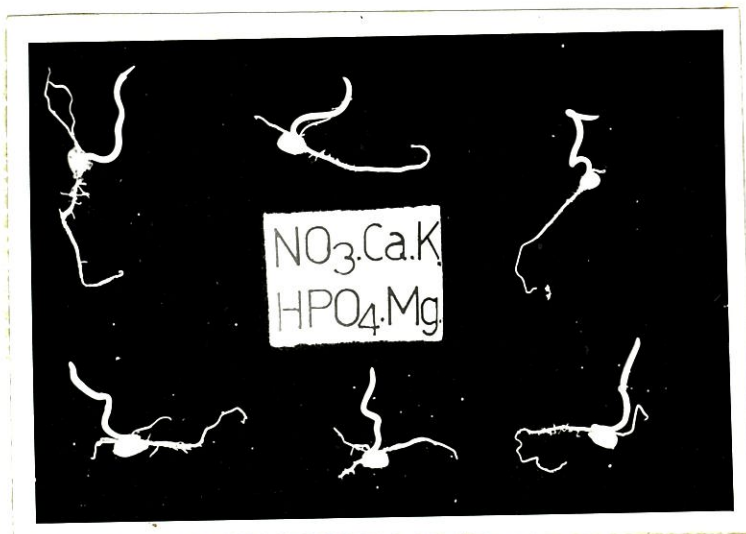
(m)



(n)

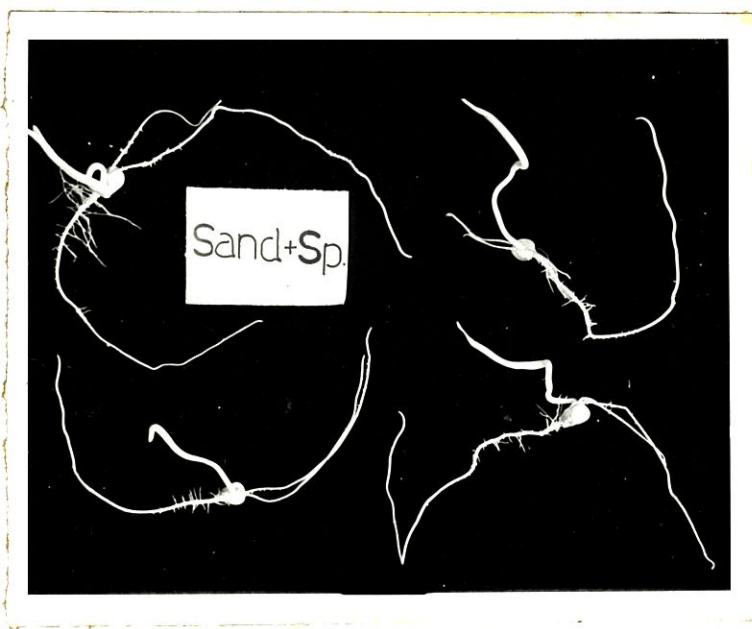


(o)

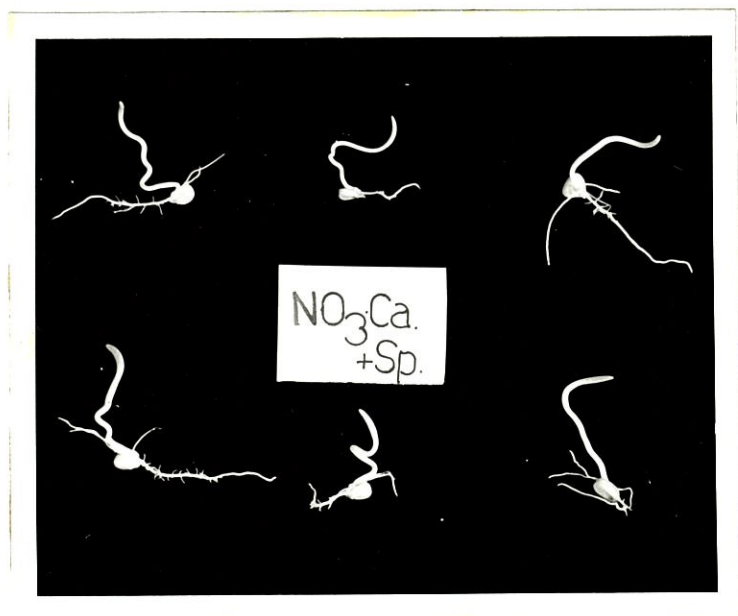


(p)

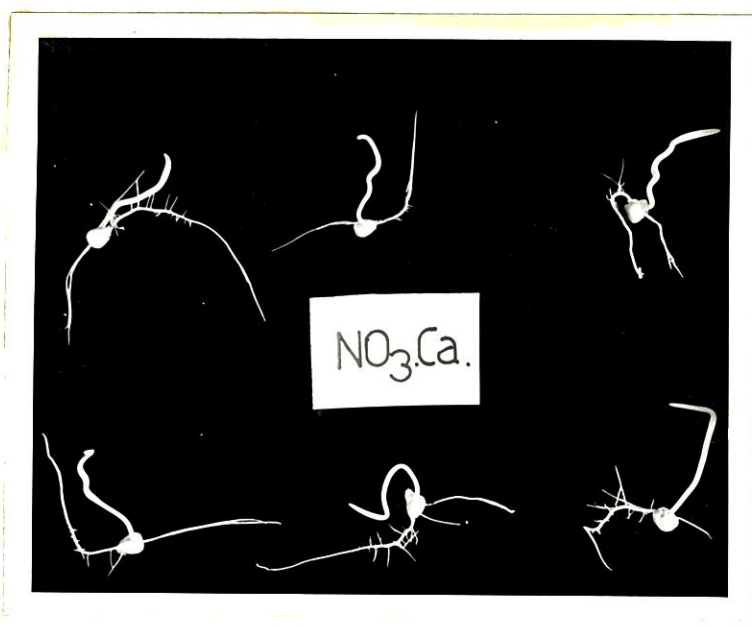
BYLAAG V



(a)



(b)



(c)