

SW
ij
r. 61

1SN: 372659

057551 + 1012 + 13541: 0/6

Rapport 61, oktober 1972

Stamboek no. 5325

LITERATUURSTUDIE OVER DE
ONTKIEMING EN OPKOMST VAN VELDGEWASSEN
DOOR BEHANDELING MET REGULATOREN

Literature study on germination
and emergence of vegetable crops by
treatment with growth regulators

projectnr.: 0-3-3

J.E. Karsten

PROEFSTATION VOOR DE GROENTETEELT IN DE VOLLEGROND IN NEDERLAND
ALKMAAR - HOEVERWEG 106 - POSTBUS 266 - TELEFOON 02200-11944

I N H O U D

1	INLEIDING	5
2	ALGEMEEN	5
3	ANDIJVIE	6
4	BLOEMKOOL	6
5	SLA	7
	5.1 Algemeen	7
	5.2 Temperatuur	8
	5.3 Licht	8
	5.4 Gibberelline	9
	5.5 Cytokininen	12
	5.6 Diverse stoffen	14
6	PEEN	18
7	PREI	19
8	WITLOF	20
9	SAMENVATTING	21
	SUMMARY	22
10	GERAADPLEEGDE LITERATUUR	24

1 I N L E I D I N G

De produktiviteit van land- en tuinbouwgewassen hangt voor een groot deel af van de kwaliteit van het zaaizaad (67). Bovendien zijn de zaden, in het bijzonder die van groentegewassen, gevoelig voor de toestand van het zaaibed. Te hoge of te lage temperaturen in de kiemzone, uitdroging van deze zone en korstvorming verminderen en belemmeren de opkomst (48). In de praktijk komt het meermalen voor, dat de opkomst in de vollegrond en vooral de gelijkmatigheid van opkomst, te wensen over laat. Dit kan zo'n omvang aannemen, dat de teelt er door mislukt.

In het kader van de werkgroep "Verbetering van de veldopkomst van zaaigewassen", is het onderzoek over de fysiologische aspecten van dit onderwerp gestart met deze literatuurstudie. De nadruk valt daarbij op de behandeling van het zaad met regulatoren of andere chemische middelen, anders dan voor ziektebestrijding. Voor dit onderzoek komen in de eerste plaats in aanmerking de gewassen: andijvie, bloemkool, kropsla, peen, prei en witlof.

2 A L G E M E E N

De vorming of activering van de stuurstof RNA (ribonucleïnezuur) gedurende het weken van zaden in water schijnt zeer belangrijk voor de kieming te zijn (42). Dit werd ondermeer aangetoond in proeven met aardnoten en tarwe. De biochemische processen, met name de mate van ademhaling en de zetmeel-synthese gedurende de eerste uren van de kieming, verschaffen waardevolle inzichten in de kwaliteit van het zaaizaad (67).

De temperatuur tijdens het kiemen is, evenals de duur van blootstelling daaraan, van duidelijke invloed op de mate van ontkieming (63). De meeste gewassen hebben een temperatuurtraject dat optimaal is voor de kieming. Voor het kiemen van vele zaadsoorten is slechts vereist, dat ze water kunnen opnemen bij een gunstige kiemtemperatuur (42). Voor sommige soorten, zoals sla en tabak, kan de inwerking van licht van belang zijn voor het al of niet ontkiemen van het zaad. Door variaties in gebruikte rassen, leeftijd en kiemkracht van zaden kunnen verschillen optreden tussen de door de auteurs gevonden resultaten.

3 A N D I J V I E

In de geraadpleegde literatuur zijn geen gegevens aangetroffen, die speciaal over de kieming van dit gewas handelen. Misschien kan op sommige punten een aanknopng worden gevonden bij sla en/of witlof (zie hfdst. 5 en 8).

4 B L O E M K O O L

Gibberellazuur (GA) blijkt de ontkieming van vele gewassen te bevorderen. Twee jaar oud sluitkoolzaad (*Brassica oleracea* var. *capitata*) dat was geweekt in gibberellazuur-oplossingen van 50, 100 of 250 dpm kiemde duidelijk beter dan alleen in water geweekt zaad (27). De gebruikte concentraties veroorzaakten geen sprekende verschillen. Bij kiemtemperaturen van 15, 20 of 28°C was er geen duidelijke interactie tussen temperatuur en GA. Bij alle gebruikte temperaturen was het kiempercentage toegenomen door toevoeging van GA.

Zaad van enkele *Brassica*-soorten was gevoelig voor het weken in oplossingen van 8000 dpm CCC (2-chloorethyl-trimethylammoniumchloride). Bij de bloemkool cv. Erfurter Dwerg trad reeds door 160 dpm CC een aanmerkelijke kiemvertraging op. Bij deze soort bleken rasverschillen aanwezig te zijn (40).

De ontkieming van bloemkoolzaad werd duidelijk vertraagd door cumarine in een concentratie van 75 dpm. Dit remmend effect van cumarine werd door kinetine in hoeveelheden van 2 en 20 dpm ongedaan gemaakt. Alhoewel een concentratie van 800 dpm CCC weinig effect had op de kieming, werd daardoor de remmende werking van cumarine verstrekt.

In de eerste 24 uur had Fosfon D (2,4-dichloorbenzyltributylphosphoniumchloride) in een concentratie van 200 dpm weinig invloed op de kieming, maar daarna werkte het remmend.

De groei van zaailingen werd door 20 dpm kinetine geremd. Bovendien versterkte deze concentratie de vertragende werking van cumarine en de remmende werking van CCC (39).

Bij boerenkool werd gevonden, dat 800 dpm CCC de ontkieming vertraagt. Deze remmende invloed van CCC kan door 20 dpm kinetine of door GA worden verminderd of zelfs opgeheven. De remming door 100 dpm cumarine wordt wel door kinetine verminderd, maar niet door GA. De kieming werd door een behandeling met cumarine in combinatie met CCC geheel geblokkeerd. Deze sterke remming werd zowel door kinetine als door GA verminderd (38).

Twee dagen na behandeling met cumarine was ten opzichte van onbehandeld zaad 50 % minder zaden ontkiemd. Na vijf dagen was het verschil verminderd tot on-

geveer 25 %. Alhoewel de remming door cumarine, evenals door CCC, van relatief korte duur is, kon deze invloed ook later nog aan de planten worden waargenomen. Door CCC wordt het gehalte aan GA in de zaden verminderd (38).

5 S L A

5.1 A l g e m e e n

De kieming van slazaad is sterk afhankelijk van de zaadgrootte. Met grotere zaden worden hogere kiempercentages verkregen (48). Voor de kieming van deze zaadsoort is het voldoende als er celvergroting optreedt, terwijl celdeling er geen invloed op heeft (23). De kieming van slazaad kan o.a. worden bevorderd door gibberellazuur (GA), kinetine of rood licht (23, 47, 48). Bij hoge temperatuur ($> 25^{\circ}\text{C}$) kan de kieming worden bevorderd door koeling, vochtig maken, kalk, licht, CO_2 , gibberelline, kinetine en thioureum (32).

Bij hoge temperatuur kan de kieming op het veld worden verbeterd door beregning, doordat de temperatuur in de kiemzone omlaag wordt gebracht door de benodigde verdampingswarmte. Bij deze methodiek moet wel op structuurbederf worden gelet (32).

Naast middelen en methoden die de kieming bevorderen, zijn er ook middelen die deze tegenwerken. Zo treedt er remming op door het gebruik van: maleïne hydrazide (MH), cumarine, 2,4-dinitrophenol, mannitol, nicotine (26) en door infrarood (7, 15, 24, 33, 34). Door MH wordt de celdeling van in rustverkerend zaad geremd.

Bij gebruik-making van chemicaliën, was aanvankelijk de moeilijkheid dat het zaad in een waterige oplossing van de stof moest worden geweekt. Het zaad moest het middel opnemen en daarna worden teruggedroogd. Dit was een lastig en zelfs onzeker proces (32). Door MAYER (32) en MEYER (44) werden de chemicaliën opgelost in dichloormethaan in plaats van in water en de zaden in deze oplossing geweekt. Na 15 minuten weken werd het grootste deel van de vloeistof afgegoten. Het resterende deel van het dichloormethaan verdampt snel wanneer de zaden worden uitgespreid. Bij deze behandeling moet men wel oppassen voor de giftigheid van het verdampende middel. Door deze methodiek worden de zaden nooit nat in de ware zin van het woord, omdat dit organische oplosmiddel geen water bevat. Hierdoor bestaat er geen gevaar dat de zaden kiemen, voordat ze worden gezaaid (32, 44).

5.2 T e m p e r a t u u r

De mate van ontkieming van slazaad is sterk afhankelijk van de temperatuur tijdens het kiemen en van de ouderdom van het zaad. Vers (nieuw) zaad is gunstiger voor hoge temperaturen dan ouder zaad (32). Temperaturen van 12-18°C blijken de kieming duidelijk te bevorderen. Tevens neemt de kiemsnelheid, uitgedrukt in tijd die nodig is voor 50 % ontkieming, bij deze temperaturen toe (21). De ontkieming onder laboratoriumomstandigheden bij 15 of 20°C was beter dan bij 28°C. Bij deze temperaturen werd een ontkieming verkregen van respectievelijk 60,0; 63,8 en 22,5 % (27). Naarmate de temperatuur stijgt van 20 - 30°C wordt de kieming van slazaad geremd en neemt het vers gewicht van de jonge zaailingen af (47). Bij 30 - 32°C heeft geen kieming meer plaats (33).

Van veel rassen mislukt de kieming reeds volkomen bij 30°C. Bij een dergelijk hoge temperatuur kan beter zaad dat meer dan 1½ jaar oud is, worden gebruikt (9). Ook neemt de kieming aanzienlijk af wanneer het zaad gedurende één uur vooraf is blootgesteld geweest aan 75°C (49).

Een voorbehandeling van het zaad met lage temperatuur ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) gedurende 0-96 uur heeft een positief effect op de ontkieming. Deze gunstige werking neemt toe, naarmate die behandeling langer duurt. Na een voorbehandeling van 96 uur bij 5°C en daarna geplaatst bij 21°C werd een kieming van ongeveer 90 % bereikt (33). Bij het gebruik van regulatoren blijkt tevens, dat de kiembevorderende werking van middelen als gibberelline en kinetine sterk gebonden is aan een bepaald temperatuurstraject (25, 26).

5.3 L i c h t

Van veel slarassen heeft het zaad licht nodig voor de kieming. Deze behoefte is alleen gevonden binnen een bepaald temperatuurstraject. Bij relatief lage temperaturen kiemt het zaad zowel in het donker als in het licht, maar bij relatief hoge temperaturen werd noch in het donker, noch met licht, kieming verkregen (17).

Er wordt verondersteld dat de kieming van slazaad, waarvoor licht nodig is, onder invloed staat van twee systemen: één dat de kieming bevordert en dat bestuurd wordt door phytochroom en het andere dat remmend werkt. Die laatste werking begint na het weken van het zaad in water en daarvoor is omzetting van zetmeel nodig (7).

Factoren die de ontkieming in het donker kunnen remmen zijn: kiemtemperaturen boven het optimum en voorbehandeling van geweekt zaad bij hoge temperatuur. Zaad dat door bovengenoemde factoren wordt beïnvloed, zal pas kiemen, wanneer het korte tijd aan rood licht wordt blootgesteld. Wordt echter zo'n behandeling gevolgd door belichting met infrarood, dan wordt de werking van het

rode licht teniet gedaan (34). De remming, die bij kiemend zaad wordt veroorzaakt door infrarood, kon noch door gibberelline noch door kinetine worden opgeheven. Rood licht blijkt daartoe wel in staat te zijn (24).

Zaad dat gedurende 20 uur in het donker werd gekiemd bij 24°C gaf slechts 10 % ontkieming. Bestraling met rood licht gedurende één minuut, anderhalf uur na het begin van weken, gaf daarentegen 95 - 98 % ontkieming (7). Het dompelen van zaad in water van 25°C met een verlichting van 650 lux gedurende 10 - 100 minuten gaf een stijging van het kiempercentage, die groter was naarmate de zaden een lagere dompeltijd kregen. Met 10, 50 en 100 minuten dompelen werden kiempercentages bereikt van resp. 20,3; 62,1 en 90,5 (13). Het blootstellen van vochtig slazaad gedurende enkele seconden aan rood licht kan het welslagen van de kieming bepalen (13, 16, 35, 65). Bij door WOODSTOCK (67) onderzochte Italiaanse rassen bleek rood licht de kiemrust te verbreken. Onder natuurlijke lichtomstandigheden werd een kieming van 82 % verkregen, maar in het donker van slechts 36 % (18).

De grotere golflengten in het zichtbare spectrum (rood, oranje en geel) bevorderen de kieming. De kleinere (violet, blauw en groen) blijken zelfs de kieming duidelijk te remmen (13). Groen licht schijnt evenwel weinig invloed op de kieming te hebben (33).

Slazaad werd gedurende enkele uren gedompeld in water en voldoende tijd blootgesteld aan licht om verzekerd te zijn van een goede kieming. Daarna werd het teruggedroogd. Op deze manier behandeld, kiemde het verscheidene weken daarna zeer vlot zonder licht. Door zo'n lichtbehandeling kan de kiemrust worden verbroken en komt de ontkieming overeen met die van niet in rust verkerend zaad. Het lijkt een praktisch uitvoerbare methode om partijen zaad op deze wijze te behandelen (13).

De kieming van slazaad in het donker wordt ook geremd door: natrium, fosfaat, calciumchloride, natriumsulfaat, sucrose en mannitol. Deze remming kan weer worden opgeheven, als het vijf uur na het begin van het weken gedurende drie minuten aan rood licht wordt blootgesteld. Het opheffen van deze kiemremming door rood licht wordt door een infrarood-behandeling onmiddellijk teniet gedaan (33).

5.4 G i b b e r e l l i n e

De meest sprekende werking van gibberelline (GA) is de lengtegroei, die het gevolg is van het strekken van de cellen. Door GA wordt het chlorophylgehalte in de plant evenwel lager (lichter groen), maar door toevoeging van meststoffen is het optreden van chlorose te voorkomen. In slazaad komt van nature GA₃ voor (45, 61).

Door verschillende onderzoekers (26, 30, 34, 35, 48, 61) is waargenomen dat

de kiemduur korter wordt en/of de ontkieming beter is, wanneer het zaad wordt behandeld met GA. KAHN en LONA (34) vonden, dat GA het vereiste rode licht ter bevordering van de kieming van slazaad kan vervangen. Deze werking van GA wordt niet, zoals bij rood licht (zie hoofdstuk 5.3) teniet gedaan door infrarood (21, 61), maar wordt er wel negatief door beïnvloed (30). De gevoeligheid van het zaad voor GA schijnt niet te worden verhoogd, wanneer er DNA(deoxy ribonucleïne zuur)-synthese plaats vindt (22).

Het weken van zaad in een GA-oplossing werkt sterk bevorderend op de kieming. Zo werd met 50 dpm reeds een kiempercentage van meer dan 95 verkregen. Een iets grotere hoeveelheid GA deed de ontkieming nog toenemen. Met 60 à 70 dpm bedroeg dit tegen de 100 %. Beneden 60 dpm was de mate van ontkieming bijna lineair afhankelijk van de gebruikte concentratie.

EVENARI et al (30) concludeerden dat het weken van zaad gedurende 10 uur in een 10 dpm oplossing, gevolgd door overbrengen in water, een vollediger ontkieming gaf dan het weken in de GA-oplossing gedurende de gehele ontkiemingsperiode. De grootste gevoeligheid voor kieminductie door GA_3 ligt ongeveer 1 1/4 uur na voorweken in water. Door schudden van het zaad in een GA-oplossing of in water wordt een uniformer resultaat verkregen dan met de gewone manier op vochtig filtreerpapier. Wanneer de GA-oplossing direct in het zaad wordt geïnjecteerd, is een concentratie van 1 dpm voldoende (30). In een oplossing van 100 dpm werd een ontkieming van 70 % verkregen tegen die in water van 24 %. Deze behandeling met gibberelline ($GA_1 + GA_3$) kwam overeen met het resultaat, dat met drie minuten rood licht werd verkregen (35).

Zaad van Meikoningin werd bij 18°C gedurende 20 uur geweekt in 10, 50 of 100 dpm GA-oplossing en vertoonde hierdoor een betere en vlottere kieming. De concentratie van 10 dpm (0,001 %) was het meest werkzaam en stimuleerde de groei van de bovengrondse delen. Door de hogere concentraties werd de wortelgroei geremd, maar nam de lengtegroei van het hypocotyl toe.

Wanneer zaad gedurende 15 minuten in een 10 dpm GA-oplossing wordt gedompeld, heeft dat een positief effect op de kieming, zonder dat zich nadelige invloeden zoals te grote stengelstrekking voordoen (32).

Gibberelline kan ook worden opgelost in dichloormethaan naar 10 dpm (zie hoofdstuk 5.1), waarin dan de zaden worden geweekt. Gezaaid op 1,4 cm diepte bij 29°C werd na 7 dagen een gemiddeld (3 rassen) kiempercentage van 23 bereikt. Eenzelfde concentratie in water gaf daarentegen na dezelfde behandeling 30 % kieming, naast onbehandeld slechts 8 % (32).

In het donker wordt de ontkieming bevorderd door GA in concentraties van 1 tot 100 dpm, zoals is te zien in tabel 1.

Tabel 1. Effect van verschillende concentraties GA_3 op de ontkieming van sla-zaad in het donker (15)

Dpm GA	0	0,01	0,1	1	10	100
Kiempercentage (Percentage of germination)	28,3	29,3	29,3	40,8	78,0	93,0

Table 1. Effect of GA_3 concentrations (ppm) on the germination of lettuce seed in the dark (15)

Deze behandelingen hadden geen invloed op de wortel- of hypocotylgroei (15, 30). Reeds door $3\frac{1}{2}$ uur weken in de GA-oplossing was de werking op de kieming te zien. Door 10 uur weken in het donker werd een maximaal effect van GA verkregen (15).

Voor de bevordering van de ontkieming van zaad van cv. Grand Rapids in het donker vonden enkele onderzoekers verschillende optimale concentraties voor GA. Volgens EVENARI zou 10-100 dpm het meest werkzaam zijn, maar volgens HABER en TOLBERT alleen 105 dpm. Bij TOOLE et al. bleek dit 350 dpm te zijn. De ontkieming is afhankelijk van de fysiologische toestand van het zaad en tevens van de zuiverheid en stabiliteit van het GA (62). Zo werd door GA een veel hoger kiempercentage bereikt, wanneer het werd toegevoegd aan een gebufferde fosforcitraat-oplossing tot pH 3,2, dan in een ongebufferde oplossing (11).

Niet alle soorten gibberelline vertonen eenzelfde reactie (11). Zo zijn GA_1 en GA_3 duidelijk meer werkzaam op de kieming dan GA_2 (58). Door SKINNER e.a. (59) werd gevonden dat GA_3 beter werkt dan GA_1 .

De werking van GA op de ontkieming van slazaad is afhankelijk van de kiemtemperatuur (26). Zo heeft GA bij $35^{\circ}C$ na 48 uur geen invloed op de kieming. Een grote mate van kiembevordering werd gevonden na 24 uur bij $22^{\circ}C$. Deze werking nam af bij een temperatuur van $17^{\circ}C$ gedurende 21 uur. De kieming bedroeg toen 55 % tegenover 40 % bij onbehandeld zaad. Bij een temperatuur van $7^{\circ}C$ gedurende 88 uur gaf onbehandeld zaad slechts 25 % kieming. Toevoeging van GA resulteerde in een ontkieming van 50 % (25).

TOOLE en CATHEY (62) vonden echter dat de rust die door hoge temperatuur wordt geïnduceerd door GA kan worden opgeheven.

De kieming van zaad bij $28^{\circ}C$ werd duidelijk verbeterd door het gedurende 24 uur te weken in GA-oplossingen van 50, 100 of 250 dpm. GA kan de rol van lagere temperatuur, waardoor de kieming van slazaad wordt verbeterd, vervangen. Bij lagere temperaturen neemt de werking van GA sterk af (27).

De werking van GA op de ontkieming van slazaad wordt in vele gevallen tegen-
gewerkt door maleïne hydrazide (MH). Daarbij blijkt er geen interactie te
bestaan tussen MH en GA.

Gibberelline is in staat de kiemremming door cumarine geheel op te heffen (21)
en die door morphactine gedeeltelijk (54). De afwijking in groei door morphac-
tine (de wortels groeien omhoog), wordt evenwel niet door GA beïnvloed.

In aanwezigheid van abscisine II werkt GA niet op de kieming, maar beïnvloedt
wel de groei van de zaailingen. De remming van de ontkieming, veroorzaakt door
abscisine, kon niet door GA worden opgeheven. De strekking van het hypocotyl
werd er wel door gestimuleerd (56).

De werking van GA kan in drie verschillende invloeden worden samengevat (62):

1. Voor lichtkiemers zoals sla wordt door GA de kieming in totale duisternis
mogelijk. Dit is ook waargenomen voor slarassen die in het wild voorkomen (33).
2. De remming van de kieming door de temperatuur wordt door GA opgeheven en
de door hoge temperatuur opgelegde rust verbroken.
3. Bij sub-optimale licht- en gibberelline-niveaus geeft GA, bij een gegeven
energie aan rood licht, een hoger kiempercentage.

5.5 C y t o k i n i n e n

5.5.1 K i n e t i n e (6-furfurylaminopurine)

Kinetine is een cytokinine die de ontkieming van cv. Grand Rapids in het don-
ker stimuleert (10, 12, 48), wanneer het wordt toegediend in concentraties
van 2-20 dpm (15). Eenzelfde werking vertonen een aantal afgeleide purines
(10). Door kinetine wordt de grootte van de kiemlobben in sterke mate bevorderd
(31, 47). Kinetine oefent geen invloed uit op de hypocotylgroei, maar remt wel
de wortelgroei, tot zelfs doodgaan van de hoofdwortel door overdosering. Deze
remming kan worden voorkomen door de zaden slechts 15 minuten te dompelen in
een 10 dpm kinetine oplossing (32).

Door IKUMA (1963) werd geconcludeerd, dat het effect van kinetine op de ont-
kieming is gelegen in de kiemlobben. De vergroting daarvan helpt de zaadhuid
te breken, wanneer licht of GA hebben bijgedragen aan een voorafgaande sti-
mulans. Met kinetine werd door concentraties van 2, 5, 10 en 20 dpm respec-
tiefelijk 94, 85, 86 en 95 % ontkieming verkregen, terwijl het onbehandelde zaad
slechts voor 37 % kiemde. De kieming wordt nog extra bevorderd wanneer gelijk-
tijdig met kinetine rood licht wordt toegediend. De kiembevordering door kine-
tine wordt door infrarood teniet gedaan (15). De kieming van zaad, behandeld
met ultraviolet licht, wordt bevorderd door kinetine in een concentratie van

ongeveer 10 dpm (24). De werking van GA en rood licht op de ontkieming wordt versneld door kinetine, maar in het donker wordt de ontkieming er weinig door bevorderd. In het donker is dat alleen bij zaden met een zachte zaadhuid het geval (31). Kinetine kan een volledige ontkieming geven, hetgeen met GA niet mogelijk is (32).

Zaad dat in een oplossing van kinetine en dichloormethaan (10 dpm) was geweekt en daarna gezaaid op 1,4 cm diepte in potgrond (JIP₂) bij 29°C, was na 7 dagen gemiddeld (3 rassen) voor 70 % gekiemd. Weken in eenzelfde concentratie van kinetine in water gaf na zo'n behandeling een ontkieming van 53 %. Onbehandeld zaad kiemde in dezelfde tijd slechts voor 8 % (32).

De werking van kinetine is afhankelijk van de kiemtemperatuur (25, 47). Bij 26°C is kinetine in het donker onwerkzaam (62), maar het schijnt de kieming van door hitte beschadigd, of door hoge temperatuur in rust gebracht zaad, te bevorderen (47, 48). In het licht was met kinetine de ontkieming na 48 uren bij 35°C beter dan van onbehandeld (25). In combinatie met GA was dit effect nog groter. Bij 22°C was er na 24 uur een sterk kiembetovorderend effect, dat vrijwel gelijk was aan dat van GA. De werking nam toe, wanneer de concentratie van 3 dpm werd verhoogd tot 35 dpm. Bij 17°C was met kinetine de ontkieming na 21 uur ruim 40 %. Dit was gelijk aan onbehandeld. Toevoeging van GA had bij deze temperatuur geen invloed. Ook bij 7°C was met kinetine de ontkieming na 88 uur gelijk aan onbehandeld (ongeveer 25 %). Toevoeging van GA gaf 47 % ontkieming, maar met GA alleen was er 50 % gekiemd. Hieruit blijkt, dat GA en kinetine een verschillend temperatuursgebied hebben voor hun optimale werking (zie ook hoofdstuk 5.4).

Kinetine is nog werkzaam bij hoge temperatuur, waar GA inactief is. Door behandeling met kinetine kiemt het zaad over een breder temperatuurstraject (48). De remming door infrarood licht bij zaad, dat reeds 12 uur is gekiemd bij kamertemperatuur met rood licht, kan noch door GA noch door kinetine worden opgeheven (25).

Kinetine blijkt in staat te zijn de remming door hoge temperatuur (20-30°C) en door hoge zoutconcentraties (NaCl) grotendeels op te heffen. Het effect van kinetine op de ontwikkeling van jonge zaailingen is afhankelijk van de temperatuur. Bij 15°C wordt geen duidelijke werking waargenomen, maar bij 25°C en 23°C neemt het vers gewicht toe bij hogere zoutconcentraties. Bij lagere zoutconcentraties is daarvan geen sprake (47). Met kinetine behandeld zaad ontkiemde voor 90 % bij een vochtspanning van pF 3,65 (4,5 atmosfeer). Voor onbehandeld zaad mocht deze spanning slechts pF 3,40 (2,5 atmosfeer) bedragen om eenzelfde ontkieming te verkrijgen (48). Zaad dat met kinetine (25 dpm) is behandeld, kan worden teruggedroogd en daarna bewaard als onbe-

handeld zaad. Bij 10°C is dan de bewaarduur ongeveer 6 maanden (48).

Kinetine kan de remming van de ontkieming en van de groei van zaailingen, veroorzaakt door abscisine II, zowel in donker als in licht geheel opheffen (56).

5.5.2 A d e n i n e

Dit is een cytokinine die in een concentratie van 7 dpm de kieming van cv. Big Boston White stimuleerde, maar niet van Grands Rapids. De kieming van beide rassen werd geremd door een concentratie van 675 dpm (24).

5.5.3 P u r i n e n

De kiembevorderende werking van in de 6 positie gesubstitueerde purinen bij sla is vergelijkbaar met het effect van rood licht op nat gemaakt zaad. Zaad dat gedurende 1 minuut was geweekt in water of in 3000 dpm 6-BAP (6-benzylamino-purine) gaf na 5 en 25 dagen eenzelfde kiempercentage voor water en voor 6-BAP, te weten respectievelijk 2 en 93 %. Toevoeging van gibberelline-(100 dpm) gaf geen enkele verhoging van het kiempercentage. Met onbehandeld zaad werd in het geheel geen ontkieming verkregen (60).

Verschillende 6-(gesubstitueerde)thio- en aminopurinen bevorderen duidelijk de kieming van slazaad. Van deze groep van middelen werkt het 6-(n-alkyl)-aminopurine het gunstigst. Behandeling met propyl-, butyl-, pentyl-, hexyl- of heptylaminopurine gaf na 60 uur in donker een ontkieming van resp. 72, 90, 89, 83 en 82 %, terwijl het onbehandelde slechts voor 5 % was gekiemd. Binnen de 6-(n-alkyl)thiopurine groep zijn pentyl- en hexyl- het meest werkzaam. Na 60 uur was het behandelde zaad voor 77 en 79 % gekiemd, tegenover slechts 11 % bij onbehandeld zaad (60). Binnen de 6-(phenylalkyl)thiopurinen bleek de phenylmethyl vorm de zaden voor 72 % te kunnen laten kiemen, tegenover 6 % bij onbehandeld (60).

5.6 D i v e r s e s t o f f e n

5.6.1 Thioureum

Proeven van o.a. THOMPSON toonden aan, dat thioureum in concentraties van 0,2 of 0,5 % de kieming van slazaad belangrijk kan bevorderen (21, 34).

THOMPSON en KOSAR (50) vonden dat 2 ml van 0,5 % thioureum in water de kieming van slazaad bij 24 - 26°C in donker duidelijk bevorderde. Na 72 uren was in diffuus licht 98 % gekiemd, terwijl van de controle in donker minder dan 1 % ontkiemde. De kieming van *Lactuca sativa* was beter dan van *Lactuca serriola*. Thioureum vertraagt echter de groei van de zaailingen. Dit kan worden voorkomen zonder verlies van de kiembevorderende werking, door het zaad na

een behandeling van 24 uren te wassen in water (50).

De behoefte aan licht voor de kieming van sla kan soms worden vervangen door thiochromeum (62). De werking is minder dan van kinetine, omdat het middel kleine onregelmatigheden kan geven bij het begin van de kieming en bovendien geen volledige ontkieming geeft.

In donker bedroeg de ontkieming in een 0,5 % oplossing bij 29°C na 2 en 7 dagen respectievelijk 32 en 93 %, terwijl het in water geweekte zaad resp. voor 14 en 44 % ontkiemde (32).

5.6.2 Chlooramphenicol

De mate van ontkieming in donker neemt lineair toe met een stijging van de concentratie van 500 tot 3000 dpm chlooramphenicol. Door 3000 dpm D-chlooramphenicol werd de kieming maximaal bevorderd. Geen van de concentraties werkte groei-versnellend, bij de hogere concentraties werd zelfs een vertraging van de groei waargenomen. De werking van chlooramphenicol werd duidelijk verminderd door infrarood. Werde de behandeling met dit middel voorafgegaan door 24 uur weken in water, dan werkte deze stof niet op de mate van ontkieming in het donker (7). De werking van D-threo-chlooramphenicol (1000 - 3000 dpm) is duidelijk afhankelijk van de temperatuur, d.w.z. ze neemt toe bij lagere temperatuur. Bij 28°C en hoger nam de werking af, behalve wanneer zaad van cv. Attractie was behandeld met licht (7).

Chlooramphenicol behoort tot de stoffen die de eiwitsynthese remmen. Andere stoffen welke eveneens die synthese remmen, zoals cycloheximide, pyromycine en p-fluorophenylalanine, stimuleren de kieming niet. Cycloheximide in concentraties van 10 dpm en hoger remt zelfs de ontkieming, terwijl pyromycine en p-fluorophenylalanine relatief onwerkzaam zijn (8, 17).

5.6.3 Graphi'one

Deze stof die vrij recent is gevonden in het cultuurfiltraat van de schimmelsoort Graphium, bevordert de kieming van slazaad in het donker. Reeds bij concentraties lager dan 1 dpm werd er werking van gezien, doch het maximale effect ligt tussen 10 en 50 dpm. Bij hogere concentraties neemt de werking af. In het donker bij 26°C kiemde onbehandeld zaad voor 36 %, maar met 10 en 25 dpm graphi'one bedroeg de ontkieming resp. 74 en 78 %. De groei van de zaailingen werd geremd door concentraties hoger dan 25 dpm. De werking van graphi'one toont veel overeenkomst met die van GA en kinetine, doch wijkt daar in zoverre van af dat het bijvoorbeeld niet werkzaam is op zaailingen van rijst (18).

5.6.4 Ethefon (Ethrel)

Door ethefon (2-chloorethylfosfonzuur) kan de rust van zaden worden verbroken. Aardbeienzaad dat gedurende 20 uur met 1000, 2500 of 5000 dpm was behandeld, gaf binnen 4 weken daarna een ontkieming van respectievelijk 30, 50 en 90 %. Het onbehandelde zaad ontkiemde slechts voor 20 %. Aardnotenzaad dat gedurende 16 uur was geweekt in concentraties van 72 - 145 dpm ontkiemde voor 100 %. Onbehandelde apicale en basale zaden ontkiemden voor resp. 13 en 60 % (3).

5.6.5 Vitaminen

Door de meeste B-vitaminen en verschillende anti-vitaminen wordt de rust van Italiaanse slarassen verbroken. Vitamine C bleek daar niet toe in staat te zijn. Andere rustverbrekende stoffen zijn: zuurstofrijk water, boorzuur, glutathion, cytochroom C, uracil, ureum, hexamethyleentetramine, pepsine, trypsine en pancreatine. Stoffen die de kieming niet beïnvloeden zijn: histamine, nicotinezuur, anthranilzuur en chinoline (64, 65).

5.6.6 Actinomycine

Actinomycine in concentraties van minder dan 500 dpm remt de kieming van sla-zaad niet. De daarop volgende groei van de zaailingen wordt echter sterk geremd door remming van de synthese van eiwit, RNA en DNA. De remming van de wortelgroei en met name van de haarwortels, was gedurende de eerste 72 uur na de behandeling groter dan die van de bovengrondse delen van de zaailingen. De lengte van de bovengrondse delen was 70% onbehandeld met 56 % geremd (6 mm tegenover 14,8 mm) bij beëindiging van de proef (46).

5.6.7 Auxinen

Enkele auxinen en onverzadigde lactonen in concentraties van 0,002 M of lager, remmen de ontkieming in het donker bij optimale kiemtemperaturen (33). Met NAA (naphthylazijnzuur) naar 10 dpm werd een lager kiempercentage behaald dan bij onbehandeld. Met 100 dpm werd in het geheel geen kieming verkregen (21). IAA (indolylazijnzuur) naar 10 dpm en KNO_3 in concentraties van 10 en 100 dpm bevorderen in hoge mate de ontkieming, maar het percentage was in geen der gevallen hoger dan hetgeen door de behandeling met temperaturen van 12 tot 18°C werd verkregen (21). In proeven met 2,4-dinitrophenol in concentraties van 0,02 dpm werd een duidelijke mate van kiembestanding waargenomen (7).

5.6.7 Abscisine

Abscisine (dormine) is een natuurlijk (kiem)remstof, die de groei van de zaailingen nadelig beïnvloedt. Bij toenemende concentraties wordt de wortelgroei van slazaailingen duidelijk belemmerd, terwijl ook de strekking van het hypocotyl wordt geremd. De remmende werking van het abscisine kan, zowel in donker als in licht, geheel door kinetine worden opgeheven. IAA bleek hier weinig invloed op uit te oefenen (56).

5.6.9 Morphactine

Morphactine remt de kieming van slazaad. Bovendien groeien de wortels van de zaailingen omhoog. De butylester van morphactine (n-butyl-9-hydroxy-fluorence-(9)-carboxylate) remt in grote mate de kieming en de groei van zaailingen. Met concentraties van 500 dpm mislukte de kieming. Het remmend effect op de kieming kan door GA worden opgeheven, doch niet de door morphactine veranderde wortelgroei (54). Hieruit zou blijken dat deze twee middelen onafhankelijk de groei van de zaailingen beïnvloeden (55).

5.6.10 Cumarine

Cumarine remt de kieming van slazaad in het donker (19). Deze remming kan worden opgeheven door gibberellazuur of 6-benzylaminopurine (21). De combinatie van beide middelen werkte daar nog beter op (10, 59). Een behandeling met 30 dpm cumarine gaf minder ontkieming dan onbehandeld nl. 1 tegenover 22 %. Gevolgd door een behandeling met gibberelline (30 dpm) of 6-benzylaminopurine (3 dpm) of een combinatie van beide middelen, werd de kieming aanmerkelijk verbeterd, namelijk tot resp. 25, 35 en 55 %. Het zaad werd daartoe 5 uur in de oplossing geweekt bij 25°C in donker. Daarna zijn de zaden afgedroogd en gekiemd op filtreerpapier met gedistilleerd water bij 30°C en 36 uur later geteld (10, 59).

Cumarine (100 dpm) en xanthatine (200 dpm) zijn twee natuurlijke kiemremstoffen. De remming kan worden opgeheven door een combinatie van rood licht en kinetine (50 dpm), doch niet door rood licht of kinetine alleen (36).

5.6.11 CCC (2-chloor-ethyl-trimethylammoniumchloride)

KAHN en TOLBERT (1966) toonden aan, dat CCC in een concentratie van 800 dpm de remmende werking van cumarine en IAA op de kieming van cv. Grands Rapids kan tegengaan (38).

5.6.12 CO₂ (kooldioxyde)

Kooldioxyde, in zeer hoge concentraties van 5 % en hoger, bevordert de ontkieming van slazaad (32).

5.6.13 NaCl (natriumchloride)

Door LERNER e.a. en MAYER en POLJAKOFF-MAYBER wordt melding gemaakt, dat de kieming van slazaad door NaCl wordt geremd. Met 7000 dpm NaCl werd na 144 uur geen kieming verkregen (47).

6 · P E E N

De temperatuur tijdens het kiemen van het zaad is, evenals de duur van een temperatuursbehandeling, duidelijk van invloed op de ontkieming. Volgens KOTOWSKI (63) ligt de optimale kiemtemperatuur voor peen bij 8 - 18°C. Door ons (63) werd het hoogste percentage kiemen gevonden bij 7,2° en 10°C.

Het weken van peenzaad gedurende drie uur in een 50 of 100 dpm gibberelline-oplossing heeft een zeer gunstig effect op het verbreken van de kiemrust en geeft een toename van het kiempercentage. Het effect van GA is het duidelijkst bij onrijp zaad en bij lage kiemtemperaturen. De gunstige werking neemt af na langere bewaring van het zaad. In diffuus licht is de werking van GA beter dan bij kieming in het donker. Bij veldproeven was het resultaat van GA niet zo sprekend (2). Zaad dat behandeld is met 0,1 % GA₃ (1000 dpm) geeft een gewas met fijnere, maar veel langere wortels, dan onbehandeld zaad (51).

Behandeling van het zaad met NAA (naphthylazijnzuur) geeft enige verbetering van het kiempercentage. Weken gedurende 12 uur in een 100 dpm oplossing NAA gaf 86 % ontkieming, tegenover 72,5 % bij zaad dat eenzelfde tijd in water was geweekt. Verhoging van de NAA-concentratie tot 1000 of 10.000 dpm gaf een vermindering van de ontkieming tot respectievelijk 47,1 en 4,2 % (6).

CCC (2-chloor-ethyl-trimethylammoniumchloride) in een concentratie van 1600 dpm werkt vertragend op de kieming van peenzaad (40).

Blootstelling van peenzaad aan geïoniseerde lucht gaf in het laboratorium een betere ontkieming, terwijl in een veldproef een opbrengstverhoging werd verkregen (52).

Door het gecontroleerd natmaken en drogen van peenzaad vóór het zaaien, de zgn. "hardening" methodiek van GENKEL, MARTYANOVA en ZUBOVA (1964), kan de groei van de kiemplantjes en de opbrengst van peen worden verbeterd (14, 43). Het relatieve effect van afgeharde zaden ten opzichte van onbehandeld zaad kwam tot uiting in een toename van de opkomstsnelheid met 21 % (2 - 3 dagen), in de

mate van opkomst met 12 % en in een verhoging van het vers gewicht van plantjes van ongeveer 35 dagen oud met 26 %. De spreiding in opkomsttijd wordt niet duidelijk door de "afhardingsbehandeling" beïnvloed. De grote zaden zijn gevoeliger voor deze methode dan de kleinere (53).

WAISTER (29, 57) vond bij zaad met een opkomst van 58 %, dat door afharderen gedurende 16 uur in water, in 5 dpm vitamine B6 of in 1500 dpm K_2HPO_4 , het opkomstpercentage kon worden verhoogd tot resp. 65,0; 69,8 en 72,5 %.

Peenzaad en water werden gemengd in een gewichtsverhouding van 10:7 en bewaard in afgedekte petrischalen gedurende 24 uur bij 20°C, waarna het zaad werd gedroogd door blootstelling aan lucht van 20°C. Drie van deze cycli gaven zaden, waarvan de kiemen 51 % langer waren dan van onbehandeld zaad (4, 5).

Deze toename in kiemlengte is hoofdzakelijk het gevolg van celdeling gedurende het afharderen, althans meer dan voor celvergroting. Voor verhoging van de mate van ontkieming was een behandeling van drie cycli het meest effectief, alhoewel de kiemlengte en het aantal cellen per kiem geleidelijk aan toenamen tot en met 6 cycli van afharderen (5).

Het afgeharde zaad neemt sneller water op, waardoor de opkomst op het veld 3 à 4 dagen vroeger was dan van onbehandeld zaad. De mate van groei in het begin was voor beide ongeveer gelijk. Bij de oogst (14 tot 21 weken na het zaaien) was de gemiddelde opbrengst aan wortels ongeveer 8 % hoger dan bij de onbehandelde zaden. Behandeling onmiddellijk voor het zaaien gaf gemiddeld een iets hogere opbrengst dan eerder behandeld, bv. in februari (5).

HEYDECKER (1961) vermeldt dat de groei van de wortels uit behandeld zaad minder hinder ondervindt van droogte dan uit onbehandeld zaad.

WAISTER (66) vond dat de variatie in wortelgrootte niet werd beïnvloed door het afharderen van het zaad. Deze behandeling had daarentegen wel invloed op de sorteringsverhouding voor de industrie. De opbrengst aan de voor de industrie gewenste sortering was voor 3 oogstdata bij onbehandeld zaad 49,7; 50,7 en 48,3 ton per ha en voor afgehard zaad resp. 57,3; 70,5 en 43,5 ton per ha. Op deze wijze kon een aanzienlijk voordeel worden behaald van het behandelde zaad, wanneer er na ongeveer 18 weken werd geoogst.

GENKEL, MARTYANOVA en ZUBOVA (1965) berichten over opbrengstverhogingen door deze behandeling van het zaad, nl. 10 % voor tarwe, 26 % voor maïs, 10 % voor suikerbiet, 7 % voor kroot, 18 % voor peen en 60 % voor tomaten.

7 P R E I

In de geraadpleegde literatuur zijn geen gegevens gevonden die handelen over de opkomst van prei. Gezien de verwantschap van prei met ui, kan misschien een aanknopng worden gevonden met laatstgenoemd gewas. Voor ui werd gevonden

dat gibberelline een gering effect heeft op de wortelgroei (61). De kieming van ui wordt iets vertraagd door behandeling met CCC (2-chloor-ethyl-trimethylammoniumchloride) in een concentratie van 8000 dpm (40).

8 WITLOF

Behandeling van witlofzaad met 1 dpm IAA (indolylazijnzuur) verhoogde het kiempercentage en de vitaliteit van de kiemplanten. Hogere concentraties van IAA en alle geteste NAA (naphtylazijnzuur) concentraties hadden een remmend effect, zowel op de kieming als de groei van de zaailingen (1).

Indolpropionzuur (IPA) stimuleerde de kieming van witlofzaad. Bij een toename van de concentratie van 1 dpm tot 10 of 100 dpm nam de kieming af van 40,2 tot 35,5 en 33,2 %. Het onbehandelde zaad kiemde voor 28,8 % (1).

Door CCC (2-chloor-ethyl-trimethylammoniumchloride) in een concentratie van 8000 dpm werd de kieming niet beïnvloed (40).

9 SAMENVATTING

In het kader van de werkgroep "Verbetering van de veldopkomst van zaaigewassen", is het onderzoek over de fysiologische aspecten van dit onderwerp gestart met een literatuurstudie. Bij dit onderzoek valt de nadruk op de behandeling van het zaad met regulatoren of andere chemische middelen, anders dan voor ziektebestrijding. Voor onderzoek komen in de eerste plaats in aanmerking de gewassen andijvie, bloemkool, kropsla, peen, prei en witlof.

De duur van de behandeling en de temperatuur tijdens de ontkieming zijn duidelijk van invloed op de mate van ontkieming. De meeste gewassen hebben een optimaal temperatuurstraject. Voor de ontkieming van vele zaadsoorten is slechts vereist, dat ze vocht ^{kunnen} opnemen bij een gunstige temperatuur. Voor verschillende gewassen, zoals sla en tabak, is bovendien een bepaalde hoeveelheid licht vereist.

Over andijvie en prei zijn in de geraadpleegde literatuur geen gegevens gevonden. Behandeling van het zaad van bloemkool met CCC, cumarine, kinetine of Phosfon D heeft een vertraging van de ontkieming tot gevolg.

Met slazaad is reeds veel onderzoek verricht. Voor de ontkieming spelen temperatuur en licht een belangrijke rol. Wanneer de temperatuur, die optimaal is bij 12-18°C, wordt verhoogd tot boven 30°C, treedt vrijwel geen ontkieming op. Blootstelling van vochtig zaad gedurende een enkele seconde aan rood licht kan dan het welslagen betekenen van de ontkieming. Deze wordt door de grotere golflengten (rood, oranje en geel) bevorderd, maar de kleinere (groen, blauw en violet) werken er remmend op. Infrarood heeft er een sterk negatieve invloed op. De werking van regulatoren op de ontkieming van slazaad is sterk afhankelijk van de temperatuur.

Een behandeling met een 10-70 dpm oplossing van gibberelline kan de behoefte aan rood licht vervangen. Een 10 dpm GA-oplossing in dichloormethaan geeft een behoorlijke kiemverhoging, zonder negatieve nevenwerkingen. Met hogere concentraties wordt de wortelgroei geremd en de bovengrondse lengtegroei gestimuleerd. De werking van GA₃ is beter dan van GA₂ en van GA₁.

Kinetine ter sterkte van 2- 20 dpm stimuleert de ontkieming, waarbij tevens de grootte van de kiemlobben wordt bevorderd. Hogere concentraties remmen de hypocotyl - en wortelgroei. De werking van kinetine wordt nog verhoogd, wanneer gelijktijdig met de behandeling rood licht wordt toegediend. Oplossingen van kinetine in dichloormethaan geven een betere ontkieming dan in water.

Kinetine blijkt in staat de remming door hoge temperatuur en hoge zoutconcentraties grotendeels te kunnen opheffen.

Middelen als chlooramphenicol, graphinone, thioureum, vitamine B en verschillende in de 6 positie gesubstitueerde purinen bevorderen, in de juiste concentraties, de ontkieming van slazaad.

Bij peenzaad heeft het gecontroleerd nat maken en drogen van het zaad een gunstige invloed op de ontkieming. Een behandeling van drie cycli is het meest effectief, wanneer zaad en water worden gemengd in de verhouding van 10 : 7 bij 20°C gedurende 24 uur.

Gibberelline heeft met 50 tot 100 dpm eveneens een duidelijk positief effect op de ontkieming. De behandeling met NAA geeft een lichte verbetering.

De ontkieming van witlofzaad wordt bevorderd door IAA en IPA, doch geremd door NAA en CCC.

SUMMARY

Under the auspices of the working group on "Improving of the emergence of direct sown vegetable crops", research into the physiological aspects of this subject began with a study of the literature. The emphasis is on research into treatment of the seed with growth-regulating or other chemicals for purposes other than controlling disease. The crops under study are endive, cauliflower, lettuce, carrots, leeks and chicory.

Length of treatment and the temperature during germination clearly affect the degree of germination. Most crops have an optimal temperature range for germination. The only requirement of many kinds of seeds is that they should be able to absorb moisture at a favourable temperature. Various crops such as lettuce and tobacco also require a certain amount of light. No particulars in respect of endive and leeks were found in the literature consulted. Treatment of cauliflower seed with CCC, cumarin, kinetin or Phosphon D delays germination.

Much research has already been done on lettuce seed. Temperature and light have a marked effect on its germination. If the temperature, which is optimal at 12 - 18°C, is raised to above 30°C, hardly any of the seeds will germinate. Exposure of moist seed to red light for one second will then bring about germination. It is promoted by long-wave light (red, orange and yellow), but inhibited by short-wave light (green, blue and violet). Far red light has a strong inhibiting effect.

The effect of growth regulators on the germination of lettuce seed is highly dependent on temperature.

Treatment with a 10-70 ppm GA solution of gibberellic acid (GA) will obviate the need for red light. A solution of 10 ppm GA in dichloromethane gives a fair increase in germination without any unfavourable side-effect.

Higher concentrations inhibit the root growth and stimulate elongation of the top. GA_3 is more effective than GA_2 and GA_1 .

Kinetin in a concentration of 2-20 ppm stimulates germination and at the same time increases the size of the cotyledons.

Higher concentrations inhibit the growth of hypocotyl and roots. The effect of kinetin is enhanced further if the seeds are exposed to red light during the treatment. Solutions of kinetin in dichloromethane give better germination than solutions in water. It has been found that kinetin can to a large extent counteract inhibition due to high temperature and high concentrations of salt.

In the appropriate concentrations, chloramphenicol, graphinone, thiourea, B vitamins and various 6-(substituted) purines, promote the germination of lettuce seed.

Controlled moistening and drying of carrot seed has a stimulating effect on the germination. A three-cycle treatment is the most effective, the seed being mixed with water in the ratio of 10 : 7 at 20°C for 24 hours per cycle. Gibberellin in a concentration of 50 - 100 ppm also has a noticeable effect on germination. Treatment with NAA gives a slight improvement.

The germination of chicory seed is promoted by NAA and IPA but inhibited by NAA and CCC.

10. G E R A A D P L E E G D E L I T E R A T U U R

1. Adlakha, P.A., and K.N. Chhibber. Studies on chicory (*Cichorium intybus* Linn). I. Seed germination and effect of some plant hormones on germination and growth of seedlings. *Indian Journal of Agricultural Science* 33(1963) 205-214.
2. Aki, S. Effect of gibberellin on breaking the dormancy of kintoki-carrot seed. *Technical Bulletin of Faculty of Agriculture, Kagawa University*, 12 (1960) 73-77.
3. Amchem. Practical applications of Ethrel in agriculture. Ambler, 1970. 21 blz. Information sheet, 53.
4. Austin, R.B., and P.C. Longden. Pre-sowing hardening of carrot seeds against drought. *Annual Report 1967 National Vegetable Research Station. Wellesbourne*, 1968. blz. 47-48.
5. Austin, R.B., P.C. Longden and J. Hutchinson. Some effects of "hardening" carrot seed. *Annals of Botany* 33(1969)883-895.
6. Bhatt, S.K. The effect of seed treatment in carrot (*Daucus carota*) by naphthalene acetic acid. *Science and Culture* 29(1963)409.
7. Black, M., and M. Richardson. Promotion of germination in light-requiring seed by chloramphenicol. *Nature* 208(1965)1114-1115.
8. Black, M., and M. Richardson. Germination of lettuce induced by inhibitors of protein synthesis. *Planta* 73(1967)344-356.
9. Borthwick, H.A., and W.W. Robbins. Lettuce seed and its germination. *Hilgardia* 3(1928)275-305.
10. Bryant, S.R., and C.G. Skinner. Reversal of chemically-inhibited germination by 6-benzylaminopurine-gibberellic acid combinations. *Phyton* 25(1968)69-73.
11. Cathey, H.M., a.o. Enhancement of gibberellin-induced phenomena. *Gibberellins, being Advances Chem. Ser.* 28(1961)135-141.
12. Deysson, G. La kinétine, hormone de croissance. *Revue Horticole*, 133(1961)180-184.
13. Evans, A.C. Light in relation to dormancy and germination in lettuce seed. *Science* 80(1934)38-40.
14. Evenari, M. Hardening treatment of seeds as a means of increasing yield under conditions of inadequate moisture. *Nature* 204(1964)1010-1011.

15. Evenari, M., G. Neumann, G. Blumenthal-Goldschmidt, ~~A.M. Mayer~~, and A. Poljakoff-Mayber. The influence of gibberellic acid and kinetin on germination and seedling growth of lettuce. Israel Journal of Botany 6 D(1958)65-72.
16. Flint, L.H. Light in relation to dormancy and germination in lettuce seed. Science 80(1934)38-40.
17. Frankland, B., and H. Smith. Temperature and other factors affecting chloramphenicol stimulation of the germination of light-sensitive lettuce seeds. Planta 77(1967)354-366.
18. Gardner, D.C.J., and A.J. Peel. Isolation of a new lettuce seed germination stimulant. Nature 222(1969)5195:773-774.
19. Gesundheit, Z., and A. Poljakoff-Mayber. Some qualitative changes in the distribution of phosphorus compounds during germination of lettuce seeds. Israel Journal of Botany 11 D (1962)25-30.
20. Greenwood, D.J. Chemistry. Annual Report 1969 National Vegetable Research Station. Wellesbourne, 1970. blz. 47.
21. Gupta, K.K., and S.K. Chatterjee. Germination studies of different varieties of lettuce seed. Indian Agriculturist 2(1960)12:131-138.
22. Haber, A.H., D.E. Foard and S.W. Perdue. Actions of gibberellic and abscisic acid on lettuce seed germination without actions on nuclear DNA synthesis. Plant Physiology 44(1969)463-467.
23. Haber, A.H., and H.J. Luippold. Effects of gibberellin, kinetin, thiourea and photo-morphogenic radiation on mitotic activity in dormant lettuce seed. Plant Physiology 35(1960)486-494.
24. Haber, A.H., and N.E. Tolbert. Interactions of kinetin and adenine in the germination of lettuce seeds. Plant Physiology 32(1957) suppl. xlix.
25. Haber, A.H., and N.E. Tolbert. Effects of gibberellic acid, kinetin and light on the germination of lettuce seed. In: Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. Washington, 1959. blz. 197-206.
26. Haber, A.H., and J.D. White. Action of maleic hydrazide on dormancy, cell division and cell expansion. Plant Physiology 35(1960)495-499.
27. Hasan-Iljas, B. The influence of gibberellic acid on germination in cabbage lettuce and rice. Contributions of the General Agricultural Research Station 156(1960) 19 blz.

28. Hegarty, T.W. The possibility of increasing yield establishment by seed hardening. Horticultural Research 10(1970) 1:59-64.
29. Horticultural Abstracts 31 - 41(1961- 1971)
30. Ikuma, H., and K.V. Thimann. Actions of gibberellic acid on lettuce seed germination. Plant Physiology 35(1960)557-566.
31. Ikuma, H., and K.V. Thimann. The action of kinetin on photosensitive lettuce seed as compared with that of gibberellin. Plant and Cell Physiology 4(1963)113-128.
32. Joshua, A., and W. Heydecker. Making lettuce germinate at high temperatures. Commercial Grower (1971)3954: 524-526.
33. Kahn, A. An analysis of "dark-osmotic inhibition" of germination of lettuce seeds. Plant Physiology 35(1960)1-7.
34. Kahn, A. Promotion of lettuce seed germination by gibberellin. Plant Physiology 35(1960)333-339.
35. Kahn, A., J.A. Goss, and D.E. Smith. Effect of gibberellin on germination of lettuce seeds. Science 125(1957)645-646.
36. Kahn, A., and N.E. Tolbert. Reversal of inhibitors of seed germination by red light plus kinetin. Physiologia Plantarum 18(1965) 41-43.
37. Kentzer, T. The effect of gibberellic acid on the growth and development of lettuce. Roczniki Nauk Rolniczych, Serie A 81 (1960)188-204.
38. Knypl, J.S. Synergistic inhibition of kale seed germination by coumarin and (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride, and its reversal by kinetin and gibberellic acid. Planta 72(1967)292-296.
39. Knypl, J.S., A. Bilecka, and T. Slupek. Growth retardants and seed germination Part VI. Seed germination and cauliflower seedling growth as affected by coumarin, CCC, Phosfon D and kinetin. Roczniki Nauk Rolniczych, Serie A 95(1959) 167-175.
40. Knypl, J.S., and T. Slupek. Growth retardants in relation to the germination of seeds . Part III. Comparative analysis of the course of germination in seeds treated with (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride. Roczniki Nauk Rolniczych. Serie A 94(1958)233-249.
41. Kribban, F.J. Die Abkürzung der Samenruhe bei Arabidopsis durch Gibberellinsäure. Naturwissenschaften 44(1957)313.

42. Marcus, A., and J. Feeley. Activation of protein synthesis in the inhibition phase of seed germination. Proceedings National Academy of Sciences of the United States 51(1964)1075-1079.
43. May, L.H., E.J. Milthorpe, and F.L. Milthorpe. Pre-sowing hardening of plants to drought. Field crop Abstracts 15(1962)2:93-98.
44. Meyer, H., and A.M. Mayer. Permeation of dry seeds with chemicals; use of dichloromethane. Science 171(1971)3971:583-584.
45. Murakami, Y. The occurrence of gibberellins in mature dry seeds. Botanical Magazine, Tokyo 72(1959) 438-442.
46. Neumann, J. The effect of actinomycin D on lettuce seedlings and its differential uptake by roots and shoots. Physiologia Plantarum 17(1964)363-370.
47. Odegbaro, O.A., and O.E. Smith. Effects of kinetin, salt concentration and temperature on germination and early seedling growth of *Lactuca sativa* L. Journal of the American Society for Horticultural Science 94(1969)2:167.
48. Paull, A.W., and B.L. Harriott. Lettuce seed selection and treatment for precision planting. Agricultural Engineering 49(1968)18-22.
49. Porto, F., and S.M. Siegel. Effects of exposures of seeds to various physical agents. III. Kinetin-reversible heat damage in lettuce seed. Botanical Gazette 122(1960)70-71.
50. Raleigh, G.J. The germination of dormant lettuce seed. Science 98(1943) 2555:538.
51. Rasumov, V.I. The importance of gibberellin in the development of plants. Agrobiologija 3(1960) 406-419.
52. Ritslaid, V. The effect of ionized air on the germination and growth of agricultural plants. Ezvestija Akademii Nauk Estonskoj SSR, Serija Biologičeskaja 12(1963)33-48.
53. Slater, P.J., and I.E. Currah. Grading and pre-sowing hardening of carrot seeds. Annual Report 1969 National Vegetable Research Station, Wellesbourne, 1970. blz. 72-73.
54. Sankhla, D., and N. Sankhla. MCPPactin-gibberellin interaction in lettuce seed germination and seedling growth. Biologia plantarum 10(1968)37-40.
55. Sankhla, N., and D. Sankhla. MCPPactin-kinetin interaction in lettuce seed germination and seedling growth. Planta 76(1967)47-51.
56. Sankhla, N., and D. Sankhla. Reversal of (+)-Abscisin II induced inhibition of lettuce seed germination and seedling growth by kinetin. Physiologia Plantarum 21(1968)190-195.

