STICHTING VOOR AARDAPPELBEWARING
WAGENINGEN,

"Publicatie Nº 107 Serie A"

Gewichtsverliezen bij de bewaring van aardappelen,

door

B.G. Ophuis en E. Kroesbergen

Wageningen, October 1955

I N H O U D

INLEIDING.

Het voornaamste streven bij de massaopslag van aardappelen is voorkoming van kwalitatieve en kwantitatieve verliezen. In de laatste jaren heeft de bewaring van aardappelen in gebouwen met buitenluchtkoeling snel opgang gemaakt. Ook wordt momenteel reeds een klein deel van de aardappelen in mechanisch gekoelde ruimten opgeslagen. Voor consumptie-aardappelen is verder de toepassing van kiemremmende middelen bij bewaring in kuilen, kelders of andere ongeventileerde opslagplaatsen van betekenis geworden. Dank zij deze nieuwe bewaarmethoden zijn de verliezen, zowel kwalitatief als kwantitatief, belangrijk minder dan bij de traditionele kuilbewaring.

In dit artikel zal een overzicht worden gegeven van de factoren,die de mate van de kwantitatieve verliezen (gewichtsverliezen) bepalen en zullen de maatregelen worden besproken, waardoor deze verliezen kunnen worden beperkt.

Het onderstaande voorbeeld geeft een indruk van het financiële verlies, dat als gevolg van gewichtsverliezen kan optreden.

Van de jaarlijkse productie van aardappelen in Nederland (± 4 millioen ton) moet naar schatting ongeveer 1,25 millioen ton de winter over worden bewaard. Stellen wij de waarde van deze hoeveelheid op f 130.000.000 en nemen wij aan, dat de gewichtsverliezen bij kuilbewaring gemiddeld 10% bedragen, dan vertegenwoordigen deze een geldelijk verlies van f 13.000.000. Indien door betere bewaarmethoden het gewichtsverlies met enkele procenten kan worden teruggebracht, betekent dat een besparing van enkele millioenen guldens.

Op de kwaliteitsverliezen, die veel moeilijker dan de gewichtsverliezen in geld zijn uit te drukken, zal verder niet worden ingegaan.

I. WELKE ZIJN DE OORZAKEN VAN DE GEWICHTSVERLIEZEN?

De aardappelknol is een levend organisme. Voor de instandhouding van de levensprocessen is energie nodig, die door de knol zelf moet worden geleverd. Naast het hiermee gepaard gaande verlies aan droge stof (zetmeel) maken vooral de verliezen door verdamping en kieming een belangrijk deel uit van het totale gewichtsverlies.

In het kort opgesomd zijn de oorzaken van het ontstaan van gewichtsverliezen:

1. ademhaling;
2. verdamping;
3. vorming van spruiten;
4. aantasting door microörganismen.

Daarnaast kunnen tijdens de bewaring nog gewichtsverliezen optreden door vraat, bevriezing etc. In het volgende zullen slechts de bovengenoemde vier oorzaken worden besproken, waarbij vooral aandacht zal worden besteed aan de ademhaling en de verdamping. Op de vorming van spruiten en de aantasting door microorganismen zal niet diep worden ingegaan. Het is vrij goed bekend op welke wijze deze factoren zodanig zijn te beheersen,dat de gewichtsverliezen bij de bewaring zo gering mogelijk zijn.

1. Ademhaling.

Bij het ademhalingsproces wordt suiker omgezet in koolzuur en water, waarbij energie vrijkomt. De verademde suiker wordt weer aangevuld door omzetting van het in de knol aanwezige zetmeel. Door meting van de koolzuurproductie kan de intensiteit van de ademhaling worden bepaald.

De ademhalingsintensiteit van aardappelknollen is niet steeds dezelfde. Direct na het rooien is de ademhaling zeer sterk. Diverse onderzoekers hebben aangetoond, dat op het tijdstip van rooien de ademhalingsintensiteit afhankelijk is van het ontwikkelingsstadium waarin de knol verkeert. Bij groengerooide knollen is de ademhaling sterker dan bij rijpgerooide. Na het rooien neemt de ademhaling sterk af en blijft na enige weken gedurende langere tijd op een constant, laag niveau. Tegen de tijd dat de knol begint te kiemen neemt de ademhaling weer toe; bij sterk gekiemde aardappelen is ze zelfs aanzienlijk.

Als gevolg hiervan is het ademhalingsverlies (verlies aan zetmeel) bij sterk gesproten knollen belangrijk hoger dan bij ongekiemd bewaarde knollen.

De ademhaling wordt in sterke mate beïnvloed door de bewaartemperatuur. In Fig. 1 is afgebeeld de koolzuurproductie van ongekiemde aardappelen in afhankelijkheid van de bewaartemperatuur (volgens Münster). Uit de figuur blijkt, dat de ademhaling bij lage temperaturen ($< 10^{o}C$) zeer gering is. In met buitenlucht gekoelde bewaarplaatsen en in koelcellen wordt ter voorkoming van kieming een bewaartemperatuur van ca $4^{o}C$ aangehouden. Bij deze temperatuur is ook, zoals uit de grafiek blijkt, de ademhaling zeer gering, zelfs minimaal.

Bekend is, dat door elke behandeling van de knollen de ademhalingsintensiteit tijdelijk wordt gestimuleerd.

Voor een schatting van de ademhalingsverliezen bij bewaring onder gunstige omstandigheden (kiemvrij, gemiddelde bewaartemperatuur lager dan $10^{o}C$) kan worden uitgegaan van een CO_2-productie van maximaal 4 mg/kg aardappelen/uur. Uit de scheikundige formule, die het ademhalingsproces op zijn eenvoudigst weergeeft, laat zich dan berekenen, dat over een bewaarperiode van 6 maanden 6 gram zetmeel per kg aardappelen wordt verademd. Dit betekent een verlies aan gewicht door ademhaling van 1,06% van de verse massa. Wordt dit verlies betrokken op het oorspronkelijk gehalte aan zetmeel (gesteld op 20%), dan bedraagt het ademhalingsverlies 5,30%.

2. Verdamping.

Door verdamping via de schil gaat water uit de knol verloren. De mate van verdamping is in de eerste plaats afhankelijk van de dikte van de kurkhuid. Bij vroeggerooide aardappelen is de schil nog zeer teer, daar zich nog vrijwel geen kurkhuid heeft gevormd. De verkurking vindt voornamelijk plaats in de eerste tijd na het rooien. De verliezen door verdamping zijn in deze periode dan ook groter dan na enige weken, wanneer de verkurking verder is voortgeschreden. Daar rijpgerooide aardappelen een sterkere schil hebben, zijn hierbij de verdampingsverliezen gedurende de eerste tijd na het rooien minder groot dan bij groengerooide knollen.

Verwonding en ontvelling van de knollen, ontstaan bij het

rooien, sorteren of verwerken, bevorderen de verdamping sterk. Dit wordt o.a. door de volgende proef gedemonstreerd. Van groengerooide Eigenheimer-pootaardappelen werd bij één monster de grond voorzichtig van de knollen afgehaald, van een tweede monster werd de grond minder omzichtig verwijderd en bij een derde monster werden de knollen ruw van grond ontdaan en opzettelijk ontveld. De behandeling van het tweede monster kan worden beschouwd als overeen te komen met een normale practijkbehandeling. De monsters, die op 11 Juli waren gerooid, werden gedurende 7 dagen in een niet geventileerde kelder bewaard en in die week verschillende malen gewogen. Uit het verloop van het gewichtsverlies, weergegeven in Fig. 2 blijkt duidelijk, dat ruwe behandeling het gewichtsverlies sterk doet toenemen, hetgeen moet worden geweten aan een sterke verdamping door de verwonde plekken. Opvallend is, dat ook bij het voorzichtig behandelde monster het gewichtsverlies na een week reeds 3½% bedroeg. Met dit laatste is aangetoond, dat de verdamping in de eerste dagen na het rooien zeer groot kan zijn.

Ofschoon de sterke verdamping onmiddellijk na het rooien nooit geheel kan worden voorkomen, is het niet onverschillig of de verkurking al of niet snel plaatsvindt. Uit de literatuur is bekend, dat de schil snel verkurkt bij een temperatuur van omstreeks 15°C en bij een hoge relatieve vochtigheid. Lage temperaturen vertragen de verkurking of remmen deze zelfs geheel. Om deze reden mogen versgerooide aardappelen of aardappelen, die bij het sorteren of verwerken zijn beschadigd en ontveld, nooit onmiddellijk daarna bij lage temperatuur worden opgeslagen. Dit wordt duidelijk aangetoond door een in 1954 genomen proef met versgerooide Eigenheimer-pootaardappelen. Onmiddellijk na het rooien, op 22 Juli, werd één monster van dit materiaal geplaatst in een koelcel bij 3°C, één in een luchtgekoelde cel en één in een normale practijkkuil. Verder werd nog een monster gedurende 26 dagen geplaatst in een ongeventileerde ruimte bij een temperatuur van 15-20°C en eerst daarna overgebracht naar een luchtgekoelde cel. Het verloop van de gewichtsverliezen van deze monsters is uitgezet in Fig. 3. Bij 3°C heeft blijkbaar geen verkurking plaatsgehad. Het gewichtsverlies is na 2 maanden tot ruim 12½% opgelopen. Bij de overige

bewaringen vertoont het gewichtsverlies gedurende de eerste week eveneens een snelle toename, die daarna echter geleidelijk minder wordt. Bij deze monsters is wel verkurking opgetreden. De bewaartemperatuur van deze monsters was minstens 12°C, ook in de luchtgekoelde cel. Toch zijn er tussen deze objecten nog verschillen. Zo is het gewichtsverlies van het monster in de kuil, vooral in de eerste dagen, kleiner dan dat van de beide andere monsters. De temperatuur in de kuil was zonder twijfel hoger dan in de luchtgekoelde cel, waardoor een snellere verkurking van het kuilobject kan zijn bevorderd. Omdat gedurende de eerste dagen de temperatuur in de luchtgekoelde cel minstens 15°C is geweest en dus eveneens optimaal voor een snelle verkurking, menen wij, dat de geringere verdamping bij het monster in de kuil is toe te schrijven aan de hogere relatieve vochtigheid. In de ongeventileerde kuil moet deze veel hoger zijn geweest dan in de luchtgekoelde cel. Hetzelfde geldt bij vergelijking van het monster in de luchtgekoelde cel met het monster dat eerst 26 dagen in een ongeventileerde ruimte bij 15-20°C werd bewaard. Tijdens de eerste dagen is de toename van het gewichtsverlies ook bij laatstgenoemd object minder dan bij de luchtgekoelde cel. Uit Fig. 3 blijkt wederom, dat de verliezen in de eerste week na het rooien hoog zijn (2 à 4%).

3. Vorming van spruiten.

Door spruitvorming kan, naast vermindering van kwaliteit, een vrij groot verlies aan verse massa optreden. Vóór de aflevering moeten de aardappelen namelijk van spruiten worden ontdaan. Door kieming wordt tevens de verdamping sterk bevorderd. Via de spruiten verdampt het water uit de knol veel gemakkelijker dan door de verkurkte schil. Dat tijdens de kieming ook de ademhalingsintensiteit toeneemt, werd hiervoor reeds opgemerkt. Voorkoming van spruiting is dan ook de eerste voorwaarde, die bij de massa-opslag van aardappelen moet worden gesteld.

De vorming van spruiten is sterk afhankelijk van de bewaartemperatuur. Bij de moderne methoden van aardappelbewaring in luchtgekoelde bewaarplaatsen of in mechanisch gekoelde cellen, is men in staat de temperatuur voldoende te beheersen en daardoor spruitvorming te voorkomen of tot een minimum te be-

perken. Ook met behulp van z.g. anti-kiemmiddelen, die als een poeder op de knollen worden gestrooid, kan de kieming geheel worden geremd. Bij de normale kuilbewaring, dus zonder ventilatie of chemische middelen, kan spruiting meestal niet worden voorkomen, daar de temperaturen in de kuil in ons klimaat te hoog zijn. De verliezen door kieming zijn bij kuilbewaring dan ook dikwijls zeer hoog. Soms bedragen zij slechts enkele procenten, doch het kiemverlies kan oplopen tot boven 10%, afhankelijk van de gemiddelde temperatuur in de winter en de duur van de bewaring.

4. Aantasting door microörganismen.

Verliezen door rot kunnen grotendeels worden voorkomen door een juiste keuze van bewaartemperatuur en relatieve vochtigheid. Bij de opslag in met buitenlucht of mechanisch gekoelde gebouwen, kunnen deze condities zodanig worden beheerst, dat er tijdens de bewaring geen nieuwe aantasting door microörganismen optreedt. Infectie van de knollen door phytophthora vindt op het veld plaats. Door de natte geïnfecteerde partijen te drogen (ventilatie met buitenlucht) kan uitbreiding van de aantasting worden voorkomen. Bij bewaring in de kuil daarentegen, geeft infectie door phytophthora dikwijls aanleiding tot grote verliezen, vooral door secundair optredende microörganismen. Bij de in de kuil heersende condities vinden deze een goede voedingsbodem op de oorspronkelijke phytophthora-aantastingen en kunnen van daaruit ook gezonde knollen aantasten.

Door verwondingen en ontvellingen tijdens de bewaring, b.v. ontstaan na tussentijds sorteren, wordt de kans op infectie, vooral met fusarium, vergroot.

II. MAATREGELEN DIE VAN INVLOED ZIJN OP HET GEWICHTSVERLIES (gedemonstreerd aan de hand van proeven).

1. Invloed van het rijpheidsstadium van de knollen.

Gedurende 3 jaar werd een aantal rassen op 3 plantdata, telkens met een tussenperiode van ca 14 dagen op een proefveld uitgeplant en op A-datum gerooid. De proef was opgezet met het doel te onderzoeken of het rijpheidsstadium van de knol tijdens de oogst van invloed is op de houdbaarheid. O.a. werden van de gerooide objecten elk jaar de gewichtsverliezen in de sortering 35-45 mm bepaald. Deze zijn in tabel I vermeld. De cijfers hebben betrekking op het gemiddelde van 5 rassen. De monsters voor de bepaling van het gewichtsverlies waren alle 20 kg en werden in een ongeventileerde schuur bewaard. De eerste weging vond elk der 3 jaren 2 tot 4 weken na het rooien plaats. Op een later tijdstip,- het eerste jaar na bijna 3 maanden, de volgende jaren na ongeveer 6 maanden-, werd het gewichtsverlies nogmaals bepaald.

TABEL I.

Gewichtsverliezen van aardappelen in verschillend rijpheidsstadium gerooid. (zelfde rooidatum, verschillende plantdatum).

Lengte groeiperiode (in dagen)	Verlies door ademhaling en verdamping		Verlies door spruiting
Oogst 1951 (5 rassen)	18 dagen na rooien	87 dagen na rooien	
80	4,13%	12,08%	-
70	4,44%	12,60%	-
57	4,53%	13,10%	-
Oogst 1952 (5 rassen)	13 dagen na rooien	184 dagen na rooien	192 dagen na rooien
101	2,10%	-	0,36%
88	2,47%	7,51%	0,15%
74	2,33%	7,79%	0,09%
Oogst 1953 (6 rassen)	30 dagen na rooien	180 dagen na rooien	180 dagen na rooien
91	4,65%	8,77%	2,13%
77	5,08%	9,25%	1,97%
63	5,30%	9,53%	1,70%

Bij beschouwing van de cijfers van de eerste bepaling blijkt, dat het gewichtsverlies van jaar tot jaar nogal uiteenloopt. Hierbij moet worden aangetekend, dat de tijd tussen de rooidatum en de eerste weging in elk der 3 jaren verschillend van duur was. Daar de verdamping juist in het begin zeer groot is, kan een verschil van enkele dagen al gauw een verschil van 1% in gewichtsverlies uitmaken. Ook moet rekening worden gehouden met verschil in weersomstandigheden tussen de jaren (met name de relatieve vochtigheid). De orde van grootte van de verliezen van de groengerooide aardappelen ligt blijkens tabel I,2-4 weken na het rooien,tussen 2 en 5%.

Zowel bij de eerste als bij de tweede bepaling van het gewichtsverlies, valt bij onderlinge vergelijking van de cijfers op, dat over elk der 3 jaren het object met de kortste groeiperiode iets meer gewichtsverlies vertoont dan het vroegst geplante object. Dat de verschillen zo gering zijn is verklaarbaar, als men bedenkt, dat de objecten alle in een onrijp stadium zijn gerooid. Ook van het vroegst geplante object was het loof nog groen en kon de schil nog slechts weinig zijn verkurkt.

Het is overigens niet ondenkbaar, dat de waargenomen verschillen tussen de objecten mede een gevolg kunnen zijn van een verschil in grootte der knollen. Een sortering van 35-45 mm is voor dit soort proeven namelijk aan de ruime kant. Bij het laatst geplante object kunnen meer knollen van de maat 35-40 mm, bij het vroegst geplante object meer knollen van de maat 40-45 mm aanwezig zijn geweest, zodat een verschil in aantal knollen en dus in verdampend oppervlak van de monsters, een verschil in gewichtsverlies kan hebben veroorzaakt.

Tabel I laat verder zien, dat minder spruiting optreedt naarmate de groeiperiode korter is geweest. Ondanks de geringere spruiting en daardoor te verwachten lagere verdampingscijfers, is ook bij de tweede weging het gewichtsverlies het grootst bij het object met de kortste groeiperiode. In het eerste jaar waren bij de tweede weging, na 87 dagen, de knollen ook sterk gekiemd. De verklaring voor de grote verliezen bij de tweede weging in dat jaar moet dan ook worden gezocht in de sterke kieming. Kiemverliezen werden in het eerste jaar echter niet bepaald.

2. Invloed van looftrekken.

Ter voorkoming van ontvellingen is bij vroeggerooid pootgoed het looftrekken gebruikelijk. Het loof wordt met de hand uitgetrokken, waarbij de knollen in de grond achterblijven. Eerst enige weken later, nadat de schil is afgehard, wordt gerooid. Tegenwoordig wordt het arbeidsintensieve looftrekken vervangen door het afslaan of afsnijden van het loof met een machine, de z.g. loofklapper. Daarna wordt het veld bespoten met een chemisch middel, waarmede de nog resterende stengeldelen worden gedood.

Daar na looftrekken veel minder ontvellingen voorkomen dan bij groen rooien, is niet alleen het uiterlijk van de geoogste knollen van loofgetrokken planten beter dan van groengerooide, maar zullen ook de gewichtsverliezen kort na het rooien minder groot zijn. Bij groengerooide aardappelen is de schil zeer dun. Ook de niet ontvelde knollen zullen aan een sterke verdamping onderhevig zijn. Om na te gaan hoe groot het verschil in gewichtsverlies is tussen groengerooide en loofgetrokken aardappelen, werd in dit seizoen op een proefveld met 3 rassen een gedeelte van de planten groengerooid, terwijl een ander gedeelte op dezelfde dag werd loofgetrokken en na resp. 1 en 3 weken werd gerooid. De proef werd voor elk der 3 objecten in 12 herhalingen uitgevoerd, waarbij de totale opbrengst van elk veldje werd gewogen en in zijn geheel in een luchtgekoelde cel werd bewaard. Tijdens de bewaring tot 13 September werden de monsters enkele keren gewogen. In tabel II zijn de resultaten van de wegingen weergegeven.

TABEL II.

Verloop van het gewicht van groengerooide en van op dezelfde dag loofgetrokken aardappelen, gerooid resp. 1 en 3 weken na looftrekken (gemiddelde van 12 herhalingen bij 3 rassen, 1955).

Rooidatum	Gewicht van de monsters			
	bij het rooien	op 8 Aug.	op 24 Aug.	op 13 Sept.
I 18 Juli	100[1)]	95,8	94,9	93,7
II 25 Juli	100	97,6	96,9	95,9
III 8 Aug.	98,9	-	97,7	96,5

1) Het gewicht van object I bij het rooien is op 100 gesteld; de overige gewichten zijn uitgedrukt in procenten hiervan.

Uit de cijfers uit de eerste kolom blijkt, dat de gewichten bij het rooien voor alle drie objecten vrijwel gelijk zijn. Bij het laatst gerooide object schijnt volgens de cijfers enig gewichtsverlies in de grond te zijn opgetreden. Tijdens de bewaring heeft echter het groengerooide object meer aan gewicht verloren dan de objecten II en III, gerekend vanaf de rooi- resp. looftrekdatum. Op 13 September bedroeg het verschil tussen object I en III bijna 3%. Hoewel deze cijfers nog als voorlopige mededelingen moeten worden beschouwd daar zij nog niet op hun wiskundige betrouwbaarheid zijn onderzocht, is de hierin opgesloten tendens zeer waarschijnlijk.

3. Invloed van curing en luchtbevochtiging bij luchtgekoelde bewaring.

Zoals reeds op blz. 5 werd vermeld, vindt de verkurking optimaal plaats bij hogere temperatuur en relatieve vochtigheid. In sommige Amerikaanse Staten wordt daarom na het inbrengen van de aardappelen in luchtgekoelde bewaarplaatsen een z.g. "curing period" toegepast d.w.z. gedurende de eerste 14 dagen wordt niet of weinig geventileerd. In deze gebieden valt de vorst vaak snel na het rooien in. Er bestaat dan kans dat bij ventilatie onmiddellijk na het inbrengen de temperatuur in de aardappelhoop te laag wordt voor een snelle verkurking en dat de koude droge lucht de uitdroging zal bevorderen.

In een gedurende drie jaren herhaalde proef met bewaring van groengerooid Eigenheimer-pootgoed kon geen vermindering van het gewichtsverlies worden vastgesteld wanneer na het inbrengen in de bewaarplaats een dergelijke "heelperiode" van 14 dagen in acht werd genomen. Daar deze proef in de zomer werd uitgevoerd heerste ook in de cel, die wèl direct werd geventileerd, een voor verkurking gunstige temperatuur ($>12^{o}C$). In ons klimaat is bovendien de relatieve vochtigheid hoog, vooral 's nachts, wanneer wordt geventileerd. Het uitdrogend effect van de lucht is veel geringer dan in bovenbedoelde Amerikaanse gebieden. Een en ander is onzes inziens de verklaring voor het uitblijven van een gunstig effect van de heelperiode in de proef onder Nederlandse omstandigheden. Bij de op blz. 5 beschreven proef werd wèl een, zij het gering verschil, in gewichtsverlies geconstateerd tussen een monster groengerooid

pootgoed bewaard in een geventileerde cel (temperatuur eveneens >12°C) en een zelfde monster, dat eerst enige weken in een niet geventileerde ruimte bij 15-20°C werd bewaard.

Op grond hiervan willen wij toepassing van een heelperiode bij het inbrengen in de zomer nog niet geheel als zinloos verwerpen. Temeer daar geen enkele schadelijke invloed van de heelperiode kon worden vastgesteld. Opgemerkt zij echter, dat niet-ventileren gedurende de eerste 14 dagen na inbrengen alleen uitvoerbaar is bij aardappelen, die droog en zonder grond zijn gerooid, mits bij een te hoge temperatuur (b.v. >25°C) af en toe even wordt geventileerd. Natgerooide partijen moeten onmiddellijk worden geventileerd (zie blz. 6). Voor in de herfst gerooide aardappelen is een gunstig effect van een heelperiode zeer wel aannemelijk, daar in dat jaargetijde een lagere bewaartemperatuur wordt bereikt dan voor een optimale verkurking wenselijk is. Gewoonlijk zijn echter aardappelen, die in de herfst zijn gerooid, zó nat, dat ventilatie niet achterwege kan worden gelaten.

Ventilatie met bevochtigde lucht gedurende de gehele bewaarperiode gaf bij eerstgenoemde proef met groengerooide Eigenheimers, een reductie van het gewichtsverlies van ca 1%. Voor een uitvoerige beschrijving wordt verwezen naar Publicatie Nº 104 in deze serie.

4. Invloed van de bewaartemperatuur.

In bewaarplaatsen met buitenluchtkoeling kan in ons land de temperatuur in Juli en Augustus op gemiddeld 12-13°C, in September op gemiddeld 10°C en in October op gemiddeld 6-7°C worden gehouden. Bij deze temperaturen is het mogelijk aardappelen gerooid in Juli tot November in rust te houden. Vanaf November tot aan April-Mei kan middels buitenluchtkoeling in de bewaarplaats een temperatuur van 4°C of lager worden gehandhaafd. Voor een winterbewaring van 6 maanden kan 4°C worden beschouwd als de grens waar beneden aardappelknollen niet of niet noemenswaard meer kiemen. Ter illustratie hiervan diene tabel III.

TABEL III.

Invloed van de bewaartemperatuur op het gewichtsverlies bij bewaring van Bintje-pootgoed.

Bewaartemperatuur	Gewichtsverlies
2°C	2,7%
3°C	2,9%
4°C	2,9%
5°C	4,5%
6°C	5,8%

De bij 5-6°C bewaarde monsters waren bij het uithalen van de koelcel gekiemd. De bij de overige temperaturen bewaarde knollen vertoonden hoogstens enige werking in de ogen.

In sommige jaren is het moeilijk in warme perioden de eerder genoemde temperaturen in luchtgekoelde bewaarplaatsen te handhaven. Een temperatuurstijging gedurende enkele dagen van slechts één of enkele graden kan kieming tot gevolg hebben, althans wanneer de rustperiode is verstreken. Om dergelijke warme perioden te overbruggen zijn te Kerkwijk proeven genomen, waarbij van een hulp-koelaggregaat werd gebruik gemaakt om de bereikte temperatuur te handhaven. Vergeleken met een normale cel met buitenluchtkoeling kon in een tweejarige proef met bewaring van Eersteling-pootgoed de kieming inderdaad beter worden beheerst. Tevens verdampte minder water uit de knollen hetgeen bijdroeg tot een lager totaal verlies. Echter kwamen in geen van beide jaren in de herfst abnormaal warme perioden voor. Hierdoor voldeed ook de normale luchtgekoelde bewaring goed en waren de verschillen slechts gering (tabel IV).

TABEL IV.

Gewichts- en kiemverliezen van Eersteling-pootaardappelen bij bewaring met buitenluchtkoeling en met toepassing van een hulp-koelaggregaat.

Object	Bewaard van 18/7-'52 tot 20/2-'53		Bewaard van 8/8-'53 tot 14/1-'54	
	gew.verl.	kiemverl.	gew.verl.	kiemverl.
Luchtkoeling	6,26%	0,55%	3,20%	0,54%
Luchtkoeling + bijkoeling	5,71%	0,38%	2,71%	0,17%

Doordat met een sterke ventilator beter korte perioden met een lage buitentemperatuur kunnen worden uitgebuit, is de bewaartemperatuur daardoor op een lager niveau te brengen dan met een zwakke ventilator. Dat dit van invloed is op de kieming en het totale gewichtsverlies blijkt uit tabel V.

TABEL V.

Gewichts- en kiemverliezen van Eersteling-pootaardappelen, bij gebruik van resp. een zwakke en een sterke ventilator.

Doorgeblazen lucht-hoeveelheid: m^3/m^3 aard/uur	Bewaard van 8/8-'53 tot 14/1-'54	
	tot. gew. verl.	kiemverlies
76	3,20%	0,54%
137	2,82%	0,41%

Aanvankelijk bestond de vrees, dat door intensieve ventilatie de aardappelknollen meer zouden uitdrogen. Dit blijkt echter niet het geval te zijn bij goed verkurkte en niet spruitende aardappelen. Wanneer men namelijk in tabel V het kiemverlies aftrekt van het totale gewichtsverlies blijkt, dat de verdamping (en ademhaling) het grootst is geweest bij het object met de sterkste kieming. Dit was de cel met de zwakste ventilator.

5. Invloed van kiemremmende middelen.

Sommige anti-kiemmiddelen schijnen rechtstreeks in te werken op de ademhaling. Doordat deze middelen de kieming voorkomen, worden overigens ook indirect de ademhalingsverliezen verlaagd. Onderstaande tabel geeft de gewichtsverliezen weer bij bewaring in kuilen met en zonder kiemremmende middelen.

TABEL VI.

Behandeling van consumptie-aardappelen in de kuil met kiemremmende middelen.

Ras	Datum inbrengen	Datum uithalen	Totaal verlies in %	
			Normale onbehandelde kuil	Behandelde kuil
Eigenh.	15 Nov.'49	15 Mrt.'50	8,5	2,9
Bevel.	3 Nov.'49	15 Mei '50	5,7	1,9

De totale verliezen zijn in de behandelde kuil zeer laag. Dikwijls zijn de verliezen hier zelfs lager dan bij bewaring gedurende eenzelfde tijdvak in een luchtgekoelde cel; zelfs wanneer in de laatste niet of nauwelijks kieming optreedt. Door de hoge relatieve vochtigheid in de kuil (geen ventilatie) is het inderdaad verklaarbaar, dat de verdamping geringer is dan bij luchtgekoelde bewaring. Beter kunnen de abnormaal lage verliezen in behandelde kuilen echter worden verklaard als een gevolg van het feit, dat de knollen onderin de kuil en langs de kanten wortels vormen, die vocht opnemen uit de grond. Zulke knollen worden "knappers" genoemd.

In de laatste jaren worden kiemremmende middelen ook toegepast in combinatie met luchtkoeling, met het doel zeer lang te kunnen bewaren. De poedervormige middelen worden reeds bij het vullen van de bewaarplaats op de aardappelen gestrooid. In het afgelopen seizoen werd met succes geprobeerd het middel pas in het voorjaar, zodra dit met het oog op kieming nodig was, met behulp van de ventilator en het interne luchtcirculatiesysteem door de aardappelhoop te verstuiven.

III. ENKELE PRACTIJKCIJFERS VAN GEWICHTSVERLIEZEN TIJDENS DE BEWARING.

Tot slot geven wij nog een overzicht van enige cijfers betreffende de totale verliezen, die optreden bij bewaring van diverse rassen en partijen poot- en consumptie-aardappelen in luchtgekoelde bewaarplaatsen en in de kuil. De gegevens zijn afkomstig van bewaarproeven op practijkschaal, die de laatste jaren in de proefinstallatie te Kerkwijk zijn uitgevoerd. De luchtgekoelde bewaringen waren alle als zeer geslaagd te beschouwen. Voor een betere interpretatie van de gewichtsverliezen is in onderstaande tabellen niet alleen de lengte van de bewaarperiode opgegeven, maar ook het aantal dagen dat tussen rooien en aanvang van de bewaring is verstreken. De gewichtsverliezen werden namelijk gerekend vanaf het begin van de bewaring. Wegens de sterke verdamping in de periode vlak na het rooien, is de opgave van het tijdsverloop tussen het rooien en het begin van de bewaring van groot belang voor een juiste beoordeling van de cijfers.

Bij de pootaardappelen viel de rooidatum bij groen rooien omstreeks 12-15 Juli, bij looftrekken enige weken later. De voor de bewaarproeven gebruikte consumptie-aardappelen werden gerooid in de maanden September en October.

TABEL VII.

Gewichtsverliezen bij pootaardappelen.

Jaar	Ras	Aantal dagen tussen rooien en aanvang bewaring	Lengte bewaar-periode	Totaal verlies in %		
				Lucht-gek. bew.	Kuil met kiemr. middel	Onbeh. kuil
1 50/51	Eerst. A					
a	groenger.	2-3	210	7,8	-	-
b	idem	125	90	2,8	-	6,3
2	Bintje A					
a	loofgetr.	1-3	135	4,7	-	-
b	idem	± 60	120	2,3	-	-
3 51/52	Bintje A					
a	loofgetr.	± 1	235	4,9	3,5	7,5
b	idem	120	120	1,2	-	-
c	idem	1 à 2	120		-	3,5 /zomerk.
4	Eigenh.A	± 1	230	6,2	5,2	10,3
5 52/53	Eerst. A	2-5	220	6,2	-	9,0
6	Eigenh.A	1 à 2	225	6,4	-	18,2
7	Eerst. A	± 20	160	3,0	-	7,3
8	Eigenh.A	1 à 2	240	6,8	-	-
9 54/55	Eerst. A	± 40	180	4,2	-	-
10	Eigenh.A	± 40	180	4,3	-	-

Uit de cijfers in tabel VII kan worden opgemaakt, dat de gewichtsverliezen bij groengerooide pootaardappelen,- voorzover deze 1 tot 3 dagen na het rooien zijn ingebracht-, bij een bewaarperiode van 7 à 8 maanden in de luchtgekoelde bewaarplaats 6-7% bedragen (nrs 4, 5, 6 en 8). Het voorbeeld onder 1a geeft een hoger cijfer namelijk 7,8%. Dit is een gevolg van de minder juiste methode, die in dat seizoen voor de bepaling van het gewichtsverlies werd gebruikt. In dat jaar werden stapels kisten met aardappelen tussen de losgestorte partij geplaatst. De knollen in deze kisten waren bij het uithalen zichtbaar meer gesproten dan die van de partij. Ook waren de monsters bij het inbrengen meer ontveld tengevolge van het tarreren. Door deze twee redenen ligt het opgegeven cijfer voor de gehele partij veel te hoog. In latere jaren werden de monsters steeds in visnetjes gedaan. De netjes met inhoud werden op diverse plaatsen in de partij aangebracht.

Verder laat tabel VII zien (nrs 9 en 10), dat bij groengerooide aardappelen, die eerst gedurende ± 40 dagen elders zijn bewaard (zomerkuil), de verliezen na 6 maanden luchtgekoelde bewaring ruim 4% bedragen. Na 20 dagen voorbewaring (nr 7) waren de verliezen na een bewaarperiode van ruim 5 maanden 3%. In aansluiting op de hierboven besproken voorbeelden onder de nrs 4, 5, 6 en 8 leidt dit tot de conclusie, dat in de eerste weken na het rooien de gewichtsverliezen ongeveer 3% bedragen. In de hieropvolgende maanden is het gewichtsverlies bij de luchtgekoelde bewaring dan gemiddeld 1/2 tot maximaal 2/3 % per maand. Bij de op blz. 4 en 5 en op blz. 7 en 8 beschreven proeven werden voor de verliezen bij groengerooide aardappelen in de periode kort na het rooien eveneens cijfers van 3% of nog hoger gevonden. In Fig. 3 bedraagt het gewichtsverlies na 2 maanden in de kuil 5% en bij luchtgekoelde bewaring zelfs 6,7%. Het is inderdaad aannemelijk, dat de verliezen in de eerste periode meer beantwoorden aan deze hogere cijfers dan aan een getal van 3%. Voor de proef van Fig. 3 werden de aardappelen onmiddellijk na het rooien gewogen, terwijl bij de voorbeelden uit tabel VII pas één of enkele dagen na het rooien, bij het inbrengen in de bewaarplaats, werd gewogen.

Bij loofgetrokken pootgoed zijn de verliezen na 8 maanden luchtgekoelde bewaring, gerekend vanaf 1 tot enkele dagen na

het rooien, 4,9% (nr 3a). Deze verliezen blijken dus aanzienlijk lager te zijn dan bij groengerooid pootgoed. Het voorbeeld onder 2a vermeldt bij een bewaarperiode van 4½ maand 4,7% gewichtsverlies, eveneens voor loofgetrokken aardappelen. Om dezelfde reden als hierboven voor 1a werd uiteengezet, ligt dit cijfer, betrokken op de losgestorte partij, te hoog. Het eerstgenoemde voorbeeld als betrouwbare basis nemend, kan voor het gewichtsverlies bij loofgetrokken pootgoed eveneens 1/2 tot maximaal 2/3 % per maand worden aangenomen. In tegenstelling tot groengerooid pootgoed geldt deze schatting ook voor de periode kort na het rooien.

Voorzover in de tabel ook enige cijfers over kuilbewaring zijn opgenomen, blijkt hieruit, dat de verliezen in de normale onbehandelde kuil steeds groter zijn dan bij luchtgekoelde bewaring. Dit is uitsluitend een gevolg van de sterkere spruiting. De verliezen bij de normale kuilbewaring variëren zeer sterk.

In de kuilen behandeld met kiemremmende middelen zijn de verliezen laag. Soms zelfs lager dan bij het overeenkomstige luchtgekoelde object. Hiervoor werd op blz. 14 reeds een verklaring gegeven.

TABEL VIII.

Gewichtsverliezen bij consumptie-aardappelen.

Jaar	Ras	Aantal dagen tussen rooien en aanvang bewaring	Lengte bewaar-periode	Totaal verlies in %		
				Lucht-gek. bew.	Kuil met kiemr. middel	Onbeh. kuil
1 50/51	Bevel.	20	210	4,2	-	-
2	Eigenh.	± 40	210	4,0	-	-
3	Bintje	± 40	210	3,5	-	-
4 51/52	Bintje					
a	"	1 à 2	240	6,2	-	-
b	"	1 à 2	90	3,1	-	-
c	"	1 à 2	165	-	-	9,7

Voor consumptie-aardappelen zijn volgens tabel VIII de verliezen na 7 maanden luchtgekoelde bewaring ongeveer 4%, gerekend vanaf 3-5 weken na het rooien (nrs 1, 2 en 3). Bij onmiddellijk na het rooien opgeslagen Bintje consumptie-aardappelen werd na 8 maanden bewaring 6,2% gewichtsverlies gevonden (4a). Het voorbeeld onder 4b toont aan, dat het verlies in de eerste drie maanden 3,1% bedraagt. Zonder bezwaar kan worden aangenomen, dat het grootste deel van deze 3,1% op rekening komt van het verlies tijdens de eerste weken na het rooien. Ook hier kan dus weer worden geconcludeerd, dat bij luchtgekoelde bewaring van consumptie-aardappelen de verliezen gemiddeld 1/2 tot maximaal 2/3 % per maand bedragen, uitgezonderd de eerste weken na het rooien. In deze periode zijn de verliezen relatief hoger. Waarschijnlijk is de verdamping dan echter minder groot dan bij groengerooid pootgoed, omdat consumptie-aardappelen in een rijper stadium worden gerooid. De graad van rijpheid, die bij consumptie-aardappelen nogal kan variëren, zal ongetwijfeld van invloed zijn op de grootte van het verlies in deze eerste periode.

SAMENVATTING EN CONCLUSIE.

De voornaamste oorzaken van het ontstaan van gewichtsverliezen bij de bewaring van aardappelen zijn ademhaling, verdamping, spruiting en aantasting door rottingsorganismen.

De temperatuur is verreweg de belangrijkste factor, die van invloed is op deze processen en dus ook op de grootte van de gewichtsverliezen. Bij de moderne methoden van bewaring door middel van buitenluchtkoeling of door kunstmatig opgewekte koude, is het mogelijk de bewaartemperatuur zodanig te beheersen, dat een belangrijke beperking van de gewichtsverliezen wordt verkregen.

Het verlies tengevolge van de ademhaling is bij een goede bewaring, gerekend over een periode van 6 maanden, op ca 1% van de verse massa te stellen. Dit betekent, dat ongeveer 5% van het zetmeel verloren gaat.

Het grootste aandeel in het totale verlies wordt gevormd door de verdampingsverliezen. In de eerste weken na het rooien is de verdamping het sterkst, vooral bij groengerooide aardappelen. Bij deze laatste is de schil nog dun en onverkurkt. De knollen raken bij het rooien gemakkelijk ontveld. Als gevolg van een ruwe behandeling bij het rooien wordt dan ook de verdamping sterk bevorderd. Na het rooien is een zo snel mogelijke verkurking en wondheling noodzakelijk ter beperking van de verdamping. Een temperatuur van 15°C en een hoge relatieve vochtigheid zijn optimaal voor het verkurkingsproces. Daar lage temperaturen de verkurking vertragen of zelfs geheel stuiten, mogen versgerooide aardappelen of knollen, die na verwerking b.v. sorteren zijn ontveld, niet onmiddellijk gekoeld (b.v. bij 4°C) worden opgeslagen. Een "heelperiode" van 14 dagen bij minstens 12°C moet aan de bewaring bij lage temperatuur voorafgaan. Bij een gedurende 3 jaren voortgezette proef met luchtgekoelde bewaring van groengerooid Eigenheimer-pootgoed kon niet worden aangetoond, dat toepassing van een "heelperiode" door 14 dagen na het inbrengen op 20 Juli niet te ventileren, een vermindering van het gewichtsverlies tot gevolg had. Echter was de temperatuur in de cel, die tijdens deze periode wèl werd geventileerd, niet lager dan 12°C en dus nog gunstig voor een snelle verkurking. Hoewel mag worden aangenomen, dat

de relatieve vochtigheid in deze cel tijdens de "heelperiode" lager was dan in de cel, die de eerste 14 dagen niet werd geventileerd, behoeft men blijkbaar in ons klimaat voor de uitdrogende werking van de lucht door ventilatie niet erg bevreesd te zijn. Bij een andere proef, waarbij de temperatuur in de geventileerde cel gedurende de eerste weken na het inbrengen eveneens boven 12°C was, kon bij de monsters, bewaard in een niet geventileerde ruimte, wel een iets geringer verlies worden geconstateerd, hetgeen aan de hogere relatieve vochtigheid in laatstgenoemde ruimte moet worden toegeschreven. Voorlopig komt het ons daarom toch voorzichtiger voor ook in de zomermaanden na het inbrengen een periode van niet ventileren in acht te nemen, mits de aardappelen droog zijn gerooid. Zodra in die periode de temperatuur in de hoop te veel zou stijgen (>25°C) moet af en toe worden geventileerd. Bij het vullen in de herfst is het i.v.m. de lagere temperaturen noodzakelijk een heelperiode aan te houden, voorzover tenminste de ingebrachte partijen geen natte grond bevatten. Meestal is dit wèl het geval. Men moet dan, evenals bij de natgerooide partijen in de zomer, onmiddellijk ventileren, bij voorkeur met warmere lucht overdag.

Ondanks een snelle verkurking zijn de gewichtsverliezen de eerste weken na de oogst zeer groot. Ze bedragen wel 3-5%. Bij groengerooide aardappelen is in deze periode het verlies vanzelfsprekend hoger dan bij rijpgerooide aardappelen. Bij loofgetrokken aardappelen vindt de verkurking plaats in de grond; vergeleken met groengerooide aardappelen vertoonden deze in de periode kort na het rooien dan ook 3% minder gewichtsverlies.

Na de verkurkingsperiode,- voor loofgetrokken aardappelen dus vanaf het rooien-, kan men bij bewaring in de luchtgekoelde bewaarplaats, zolang nog géén kieming is opgetreden, rekenen op een verlies van 1/2 tot maximaal 2/3 % per maand. Dit geldt zowel voor vroeg- als voor laatgerooide aardappelen.

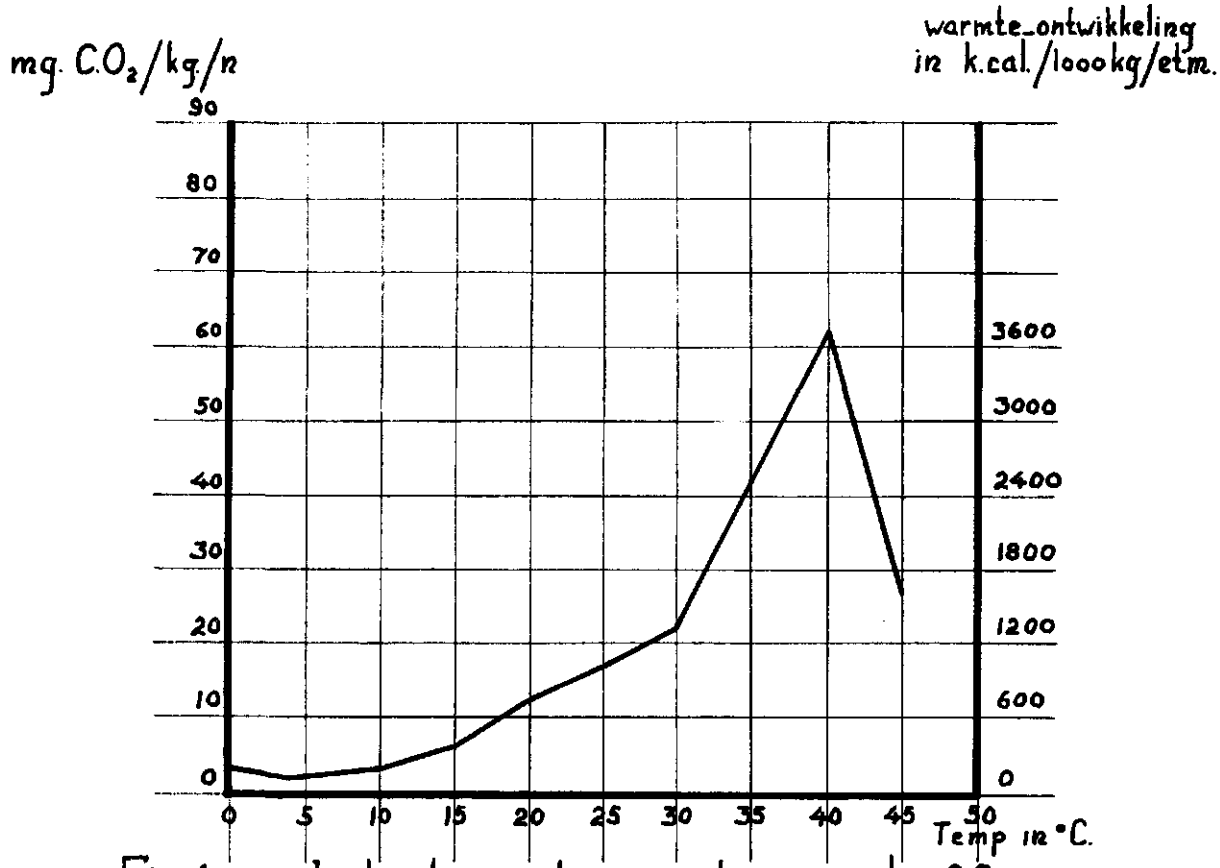

Fig. 1 Invloed van temperatuur op de CO_2-productie en de warmte-ontwikkeling van aardappelen

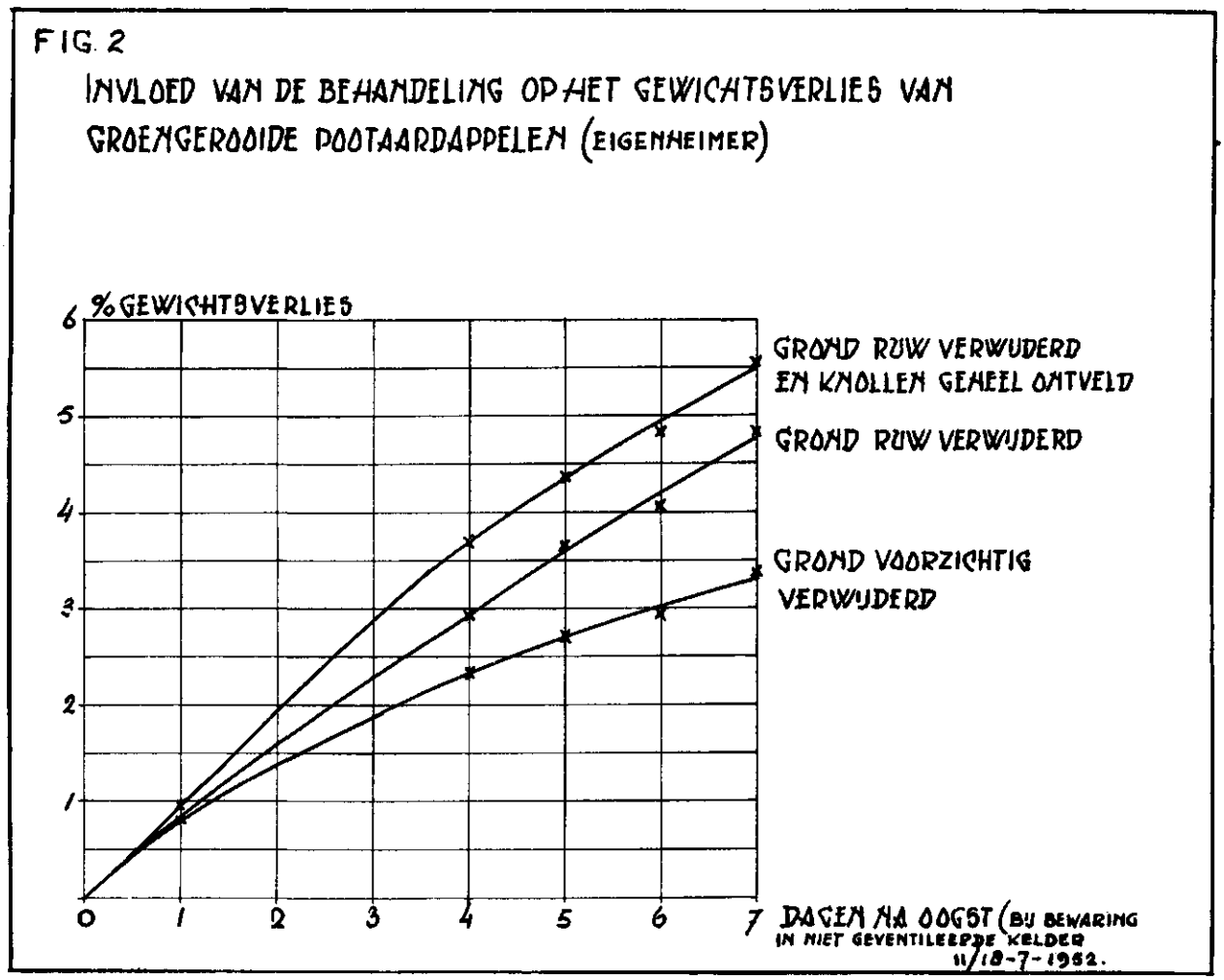

FIG. 3.

INVLOED VAN DE BEWAARMETHODE OP HET GEWICHTSVERLIES GEDURENDE DE EERSTE MAANDEN NA DE OOGST (EIGENHEIMER POOTAARDAPPELEN)