

W. A. P. Bakermans

*Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van
Landbouwgewassen, Wageningen*

Bewaring van voederbieten V

Enkele relaties tussen de minerale samenstelling en de houdbaarheid van voederbieten

with a summary:

Some relations between the mineral composition and
the keeping qualities of fodder beets



1964 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*
Wageningen

Bewaring van voederbieten I, II, III en IV verschenen respectievelijk als de
Verslagen van Landbouwkundige Onderzoeken 68.10, 69.6, 69.19 en 648

Inhoud

1	INLEIDING	1
2	VERANDERING VAN DE VERHOUDING DER MINERALE BESTANDDELEN ONDERLING	2
3	HOUDBAARHEID ALS FUNCTIE VAN HET GEHALTE AAN ASBESTANDDELEN VÓÓR EN NÁ DE BEWARING	4
3.1	Gehalte aan Natrium en Kalium	5
3.2	Gehalte aan Natrium en Magnesium	5
3.3	Gehalte aan Natrium en Calcium	7
3.4	Gehalte aan Kalium en Magnesium	8
3.5	Gehalte aan Kalium en Calcium	9
3.6	Gehalte aan Magnesium en Calcium	10
3.7	Gehalte aan Natrium, Kalium, Magnesium en Calcium	10
3.8	Som der kationen Natrium, Kalium, Calcium en Magnesium	13
4	DISCUSSIE	15
	SAMENVATTING	17
	SUMMARY	18

1 Inleiding

Tijdens de bewaring gaat suiker verloren door de ademhalingsactiviteit van de bieten (1, 3). Dit droge-stofverlies heeft tot gevolg, dat het gehalte aan minerale bestanddelen berekend op de droge stof, stijgt gedurende de bewaring. Op grond van deze stijging kan het ademhalingsverlies aan droge stof worden berekend, tenminste wanneer er geen rot is opgetreden en de bieten vrij schoon zijn ingekuild.

Zoals elders vermeld (1, 3) is een monster bieten zeer heterogeen van samenstelling. Het bestaat bijv. uit individuen met een laag en met een hoog K-gehalte. Na de bewaring blijkt een aantal bieten gerot te zijn. Het is nu denkbaar, dat bijv. de bieten met het laagste K-gehalte gerot zijn en die met het hoogste K-gehalte zijn overgebleven. Het is mogelijk hierin een nader inzicht te krijgen uit de chemische samenstelling van de bieten voor de bewaring en de samenstelling van de overgebleven gezonde bieten na de bewaring. We gaan bijv. uit van een partij van 125 bieten, waaruit een monster van 25 bieten voor chemisch onderzoek M_1 genomen wordt. Bij het uitkuilen zijn bijv. 50 bieten gerot en uit de overblijvende 50 gezonde bieten nemen we een monster voor chemisch onderzoek M_2 . M_2 is nu een monster uit een kleinere en principieel andere collectie dan M_1 ; de bieten, die voorbestemd waren om te gaan rotten, zijn uit M_2 verdwenen. Door in de droge stof van M_1 en M_2 de gehalten aan Na, K, Ca en Mg te bepalen, kan worden nagegaan of de *verhouding* van deze elementen in M_2 nog gelijk is aan die in M_1 . Uit een eventuele verandering in deze verhouding kunnen gegevens verwacht worden omtrent de rol van deze elementen bij het optreden van rot. Wanneer bijv. het Mg-gehalte relatief is toegenomen, dan waren de rotte bieten relatief arm aan Mg en is een voldoende Mg-gehalte waarschijnlijk gunstig voor de houdbaarheid. Voor dit doel zouden ook rotte bieten geanalyseerd kunnen worden, doch deze hebben het nadeel, dat er tijdens de bewaring vaak sap uitloopt, waardoor in het sap opgeloste zouten verloren kunnen gaan.

Opgemerkt zij, dat er bij het werken met de gezond gebleven bieten van wordt uitgegaan, dat de bieten tijdens de bewaring geen mineralen meer opnemen of afstaan. Bij bewaring van schoongepoetste bieten in een koelcel, zal opname of afgifte van mineralen inderdaad uitgesloten kunnen worden geacht, doch wanneer de bieten in een smalle proefkuil in aanraking komen met veel grond, is uitwisseling van mineralen met de grond door middel van de fijne wortelharen niet onmogelijk. Uit het onderzoek in 1955/'56 is echter waarschijnlijk, dat een dergelijke uitwisseling geen factor van betekenis zal zijn.

2 Verandering van de verhouding der minerale bestanddelen onderling

In 1953/'54 hadden wij de beschikking over een groot aantal bietenmonsters van een serie bemestingsproefvelden in de Gelderse Vallei (3, 5), die in een smalle proefkuil werden bewaard. Van een aantal van deze bewaarmonsters met uiteenlopend rotverlies en afkomstig van percelen met verschillende K- en Mg-gehalten van de grond werd uit de gezond gebleven bieten een chemisch monster van 25 bieten genomen (M_2). De droge stof van M_2 werd onderzocht op de gehalten aan Na, K, Ca en Mg. Deze minerale samenstelling werd vergeleken met die van M_1 , het overeenkomstige bewaarde droge-stofmonster van de bieten bij inkuilen.

De verschuiving in de minerale samenstelling werd o.a. nagegaan door de gehalten aan Na, K, Ca en Mg uit te drukken als milli-equivalenten in procenten van de som aan milli-equivalenten Na + K + Ca + Mg voor de bewaring en na de bewaring. Tabel 1 geeft een overzicht van deze relatieve gehalten.

Tabel 1 Gehalten aan Na, K, enz., uitgedrukt als meq. in % van de som aan meq. Na, K, Ca en Mg in het bewaarmonster vóór de bewaring (M_1) en in de gezond gebleven bieten ná de bewaring (M_2)

	Na	K	Ca	Mg
Vóór de bewaring/before storage (M_1)	9,0	63,7	13,2	14,1
Ná de bewaring/after storage (M_2)	10,7	64,9	12,3	12,0
Vershil (toename)/difference (increase)	1,7**	1,2*	- 0,9**	- 2,1**
Relatieve toename/relative increase	19%	2%	- 7%	- 15%

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

Table 1 Na, K, etc. contents (in meq.) in % of the total sum of meq. Na, K, Ca and Mg in the store lot before storage (M_1) and in the healthy beets after storage (M_2)

We zien, dat de minerale samenstelling van de gezond gebleven bieten na de bewaring significant verschilt van het gemiddelde beeld voor de bewaring. De gezond gebleven bieten zijn relatief belangrijk rijker aan Na en minder ook aan K, doch belangrijk armer aan Mg en Ca dan het gehele monster was voor de bewaring.

Wanneer we aannemen, dat er tijdens de bewaring geen ionen zijn opgenomen of afgegeven, betekent dit, dat vooral Na-arme en Mg-rijke bieten zijn gerot. Voor zover het Na- en Mg-gehalte niet gekoppeld is, zou dit erop kunnen wijzen, dat Na zeer gunstig en Mg zeer ongunstig is voor de houdbaarheid.

K en Ca staan hier ongeveer tussen in. K is nog gunstig en Ca duidelijk ongunstig. Het probleem is echter bijzonder gecompliceerd doordat een sterke relatieve verrijking met bijv. Na pas mogelijk is, wanneer er veel rot is opgetreden; immers wanneer er vrijwel geen rotte bieten zijn, zijn de overgebleven gezonde bieten identiek met de ingekuilde. Een sterke relatieve toename van bijv. Na, treedt dus alleen op in monsters die sterk zijn gaan rotten. Het wordt hierdoor zeer twijfelachtig of Na eigenlijk wel gunstig is voor de houdbaarheid. Bovendien blijken er interacties op te treden tussen de invloed van de verschillende gehalten. Tabel 2 laat dit zien.

Tabel 2 Interactie tussen het gehalte aan Na en K voor de bewaring en na de bewaring in verband met de K-bemesting. De gehalten zijn uitgedrukt in meq. in procenten van de som van de meq. van Na, K, Ca en Mg

gemiddeld van 12 monsters <i>average of 12 samples</i>	Na-gehalte/Na content		K-gehalte/K content	
	met <i>with</i>	zonder <i>without</i>	met <i>with</i>	zonder <i>without</i>
	K-bemesting/K fertilization		K-bemesting/K fertilization	
Voor de bewaring (M ₁)/ <i>before storage</i>	8,7	10,6	66,4	60,6
Na de bewaring (M ₂)/ <i>after storage</i>	8,9	13,3	68,3	59,4

Table 2 Interaction between the contents of Na and K before storage and after storage relating to the K fertilization. The contents are in meq. in % of the total sum of the meq. Na, K, Ca and Mg

We zien, dat het Na-gehalte slechts weinig hoger was in de overgebleven, gezonde bieten, wanneer wel met K was bemest, doch dat het belangrijk hoger was, wanneer niet met K was bemest.

Het K-gehalte daarentegen was belangrijk hoger in de overgebleven, gezonde bieten wanneer wel met K was bemest. Wanneer niet met K was bemest, was het K-gehalte na de bewaring in de gezond gebleven bieten gelijk of nog iets lager dan in het oorspronkelijke monster.

Het lijkt erop, dat wanneer door achterwege blijven van de K-bemesting het K-gehalte relatief laag en het Na-gehalte hoog is, vooral de bieten met het laagste Na-gehalte het eerste rotten, terwijl bij relatief hoog K- en lager Na-gehalte de bieten met het laagste K-gehalte het eerste rotten.

3 Houdbaarheid als functie van het gehalte aan asbestanddelen voor en na de bewaring

Om een meer algemeen inzicht te krijgen in de verschillende samenhangen zijn een aantal meervoudige regressie-analysen gemaakt (zie par. 2.9 in literatuuropgave (3)), waarbij de houdbaarheid werd berekend als functie van het Na-gehalte, het K-gehalte enz. Evenals de formules 9-18 van par. 4.3 uit (3) zijn ook deze regressie-formules beter leesbaar gemaakt door de getalswaarden van de verschillende factoren te delen door hun gemiddelde waarde. Daartoe zijn de volgende symbolen ingevoerd. (Bij de berekeningen waren alle gehalten uitgedrukt in milli-equivalenten per kg droge stof van de bieten).

H = houdbaarheid = % gezond na bewaren

$$k_1 = \frac{\text{K-gehalte}}{440} \text{ voor bewaren; } 0,4 < k_1 < 1,6$$

$$k_2 = \frac{\text{K-gehalte}}{540} \text{ na bewaren; } 0,4 < k_2 < 1,6$$

$$na_1 = \frac{\text{Na-gehalte}}{62} \text{ voor bewaren; } 0,2 < na_1 < 2,0$$

$$na_2 = \frac{\text{Na-gehalte}}{90} \text{ na bewaren; } 0,2 < na_2 < 2,0$$

$$ca_1 = \frac{\text{Ca-gehalte}}{90} \text{ voor bewaren; } 0,4 < ca_1 < 1,6$$

$$ca_2 = \frac{\text{Ca-gehalte}}{102} \text{ na bewaren; } 0,4 < ca_2 < 1,6$$

$$mg_1 = \frac{\text{Mg-gehalte}}{96} \text{ voor bewaren; } 0,4 < mg_1 < 1,6$$

$$mg_2 = \frac{\text{Mg-gehalte}}{100} \text{ na bewaren; } 0,4 < mg_2 < 1,6$$

d₁ = % droge stof van de bieten bij inkuilen

d₂ = % droge stof van de bieten bij uitkuilen

$$som_1 = \frac{\text{som kationen voor bewaring}}{688}; 0,4 < som_1 < 1,6$$

$$som_2 = \frac{\text{som kationen na bewaring}}{832}; 0,4 < som_2 < 1,6$$

Zoals elders ((3), par. 2.9) is uiteengezet is het grotendeels om praktische redenen noodzakelijk het aantal factoren in een multipele regressieberekening zoveel mogelijk te beperken. Het was daarom noodzakelijk uit de veelheid van factoren een keuze te doen. Om toch het materiaal zoveel mogelijk te bestuderen zijn een aantal verschillende doch min of meer met elkaar samenhangende multipele regressieberekeningen uitgevoerd.

3.1 Gehalte aan Natrium en Kalium

In vergelijking (1) is de houdbaarheid berekend als functie van het Na- en het K-gehalte van de droge stof van de bieten bij het begin en bij het eind van de bewaring. In de berekening werden opgenomen de factoren: na_1 ; k_1 ; $(na_1 \times k_1)$; na_2 ; k_2 .

$$(1) \quad H = + 25 - 9,1 \times na_2 + 24,3 \times k_1$$

$$\% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} = 14,2$$

$$P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} = 1 - 0,1$$

$$P\% \text{ voor de factor } na_2 = 5 - 2,5$$

$$k_1 = 2,5 - 1$$

We zien, dat een hoog K-gehalte bij het begin van de bewaring samenging met een goede houdbaarheid. Een hoger Na-gehalte bij het eind van de bewaring ging echter samen met een slechtere houdbaarheid. De overige in de berekening opgenomen factoren hadden geen duidelijke invloed, d.w.z. er was geen interactie tussen het Na- en het K-gehalte van de bieten bij het begin van de bewaring en voorts hadden het Na-gehalte bij het begin en het K-gehalte bij het eind van de bewaring geen duidelijke invloed op de houdbaarheid.

Uit de vermelde factoren kunnen de gevonden verschillen in houdbaarheid slechts voor 14% worden 'verklaard'. Dat de factoren na_2 en k_1 van belang zijn is echter voldoende waarschijnlijk.

3.2 Gehalte aan Natrium en Magnesium

Op overeenkomstige wijze als vergelijking 1 is vergelijking 2 tot stand gekomen uit de Na- en Mg-gehalten van de bieten, waarbij na_1 ; mg_1 ; $(na_1 \times mg_1)$; na_2 ; mg_2 in de berekening werden opgenomen.

$$(2) \quad H = - 5,4 + 51,9 na_1 + 67,6 mg_1 - 45,8 \times (na_1 \times mg_1) \\ - 7,3 \times na_2 - 21,3 \times mg_2$$

$$\% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} = 16,2$$

$$P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} = 5 - 2,5$$

$$\begin{aligned}
 P\% \text{ voor de factor } mg_1 &= 5 \\
 na_1 &= 10 \\
 mg_2 &= 10 \\
 na_2 &= 20 \\
 (na_1 \times mg_1) &= 10
 \end{aligned}$$

De werking van iedere factor in vergelijking (2) is beter af te lezen, wanneer we de vergelijking in stukken verdelen:

$$\begin{aligned}
 (2a) \ H &= \dots + mg_1 (+67,6 - 45,8 na_1) \\
 (2b) &= \dots + na_1 (51,9 - 45,8 mg_1) \\
 (2c) &= \dots + mg_2 (-21,3) \\
 (2d) &= \dots + na_2 (-7,3)
 \end{aligned}$$

Uit 2a blijkt, dat een hoger Mg-gehalte bij het begin van de bewaring gemiddeld ($na_1 = 1$) samenging met een betere houdbaarheid. Bij hoog Na-gehalte ($na_1 = 1,8$) kan een toenemend Mg-gehalte echter negatief werken, terwijl het bij een zeer laag Na-gehalte ($na_1 = 0,4$) sterk positief werkt. Er bestaat dus een wisselwerking tussen het Na- en het Mg-gehalte, die ook in 2b tot uiting komt. Hoger Na-gehalte bij het begin werkte gemiddeld ($mg_1 = 1$) enigszins gunstig, doch zeer gunstig bij laag en ongunstig bij hoog Mg-gehalte. Voor een optimale houdbaarheid is het blijkbaar gewenst weinig Mg en veel Na of omgekeerd weinig Na en veel Mg in de biet aanwezig te hebben. Het lijkt erop, alsof Na en Mg elkaar min of meer kunnen vervangen. Wanneer er reeds veel van het ene ion aanwezig is, is niet veel van het andere meer nodig en omgekeerd.

Iets dergelijks kwam ook tot uiting bij ons bemestingsonderzoek (zie (3), par. 4.2.4)

Tabel 3 Verschil in opbrengst (kg droge stof per are) en in houdbaarheid tussen wel en niet met Mg bemeste bieten in verband met de Na-bemesting. Een positief cijfer wijst op een gunstige werking van de Mg-bemesting. Tabel overgenomen uit (3)

Na-bemesting <i>Na-fertilization</i>	1955/1956	
	Vershil in opbrengst <i>Difference in production</i>	Vershil in houdbaarheid <i>Difference in keeping qualities</i>
geen Na/ <i>without Na</i>	-4	0
315 kg Na ₂ O als chs <i>315 kg Na₂O as chilean nitrate</i>	+5	-2
315 kg Na ₂ O als NaCl <i>315 kg Na₂O as NaCl</i>	+5	-1

Table 3 Difference in production (kg dry matter per are) and keeping qualities of beets, fertilized or not with Mg in relation to the Na-fertilization. A positive figure denotes a favourable effect of the Mg-fertilization. Table taken from reference (3)

waar Mg-bemesting ongunstig was voor de houdbaarheid wanneer tevens met Na was bemest (tabel 3).

Uit 2b blijkt, dat na_1 gemiddeld ($mg_1 = 1$) slechts weinig gunstig werkt. Dit is ongetwijfeld de reden waarom de invloed van na_1 in vergelijking 1, waarin Mg niet was opgenomen, niet tot uiting is gekomen. na_1 heeft wel invloed, doch deze invloed gaat grotendeels schuil achter de interactie met mg_1 , zoals in 2b tot uiting komt.

Uit 2c blijkt, dat mg_2 duidelijk negatief samenhangt met de houdbaarheid, ondanks het feit dat mg_1 toch positief werkt. Op dezelfde wijze, doch in iets mindere mate blijkt uit 2d na_2 negatief met de houdbaarheid samen te hangen, terwijl na_1 gemiddeld toch positief werkt.

De verklaring kan als volgt worden gedacht: Wanneer een hoog Na-gehalte bij het begin van de bewaring gunstig is voor de houdbaarheid, zullen dus bij voorkeur de bieten met een laag gehalte het eerste weg rotten. Aan het eind van de bewaring zullen de Na-rijke bieten overblijven, doch dit 'uitselecteren' zal sterk het geval zijn bij monsters waarin veel rot is opgetreden (bijv. 80%) en slechts weinig bij monsters met weinig rot (10%). Vooral in monsters met veel rot zullen de overgebleven bieten dus hoge Na-gehalten vertonen, zodat aan het eind van de bewaring hoge Na-gehalten samengaan met veel rot, terwijl hoge Na-gehalten aan het begin van de bewaring duiden op een goed houdbare partij.

Hoewel met vergelijking 2 slechts 16% van de gevonden verschillen in houdbaarheid kunnen worden 'verklaard' is de betrouwbaarheid van de verschillende invloeden toch voldoende groot om te concluderen dat zowel het Mg- als het Na-gehalte van de bieten een duidelijke invloed op de houdbaarheid uitoefenen en dat de invloed van ieder van deze ionen afhangt van de aanwezigheid van het andere ion.

3.3 Gehalte aan Natrium en Calcium

Op overeenkomstige wijze als in de voorgaande is in vergelijking 3 de houdbaarheid uitgedrukt als functie van het Na- en het Ca-gehalte.

$$(3) \quad H = + 68,6 - 21,6 ca_1 + 6,5 (ca_1 \times na_1) - 13,4 na_2$$

$$\% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} = 15,6$$

$$P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} = 1 - 0,1$$

$$P\% \text{ van de factoren } na_2 = 1$$

$$ca_1 = 5$$

$$(ca_1 \times na_1) = > 20$$

$$(3a) \quad H = \dots + na_2 (-13,4)$$

$$(3b) \quad H = \dots + ca_1 (-21,6 + 6,5 na_1)$$

$$(3c) \quad H = \dots + na_1 (+ 6,5 ca_1)$$

na_2 hangt weer duidelijk negatief samen met de houdbaarheid. 3b laat zien dat ca_1

negatief samenhangt met de houdbaarheid. Bij hoog na_1 ($na_1 \geq 1,8$) werkt ca_1 echter aanzienlijk minder negatief dan bij laag na_1 ($na_1 \leq 0,4$).

Uit 3c zien we dat na_1 steeds positief werkt, en dit te sterker naarmate ca_1 hoger is. Ook Ca en Na vertonen dus een wisselwerking, doch in tegenstelling tot Na en Mg werkt Na gunstiger naarmate het Ca-gehalte hoger is, terwijl Ca minder ongunstig werkt naarmate het Na-gehalte hoger is.

Met vergelijking 3 kunnen de gevonden verschillen in houdbaarheid voor 15% worden 'verklaard'. De invloeden van na_2 en ca_1 zijn betrouwbaar aanwezig, terwijl de interactie ($ca_1 \times na_1$) ook wel door toeval ontstaan kan zijn. Aangezien we in het onderzochte materiaal een grote toevalsfout verwachten en aangezien de toegepaste betrouwbaarheidstoets aan de veilige kant is, is het echter toch aantrekkelijk ook minder betrouwbare verschijnselen te signaleren. Voor een goede houdbaarheid lijkt het dus gewenst dat Na en Ca in een bepaalde verhouding aanwezig zijn.

3.4 Gehalte aan Kalium en Magnesium

Vergelijking 4 geeft de samenhang weer tussen de houdbaarheid en het K- en Mg-gehalte van de biet. Evenals bij de vorige vergelijkingen zijn in de berekening opgenomen k_1 ; mg_1 ; ($k_1 \times mg_1$); k_2 ; mg_2 .

$$(4) \quad H = + 52,0 - 34,6 mg_2 + 22,7 (k_1 \times mg_1)$$

$$\% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} = 16,7$$

$$P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} = 1 - 0,1$$

$$P\% \text{ van de factoren } mg_2 = 1 - 0,1$$

$$mg_1 \times k_1 = 1 - 0,1$$

$$(4a) \quad H = \dots + mg_2 (- 34,6)$$

$$(4b) \quad \dots + mg_1 \times (22,7 k_1)$$

$$(4c) \quad \dots + k_1 \times (22,7 mg_1)$$

In overeenstemming met 2c zien we in 4a dat mg_2 een negatieve samenhang vertoont met de houdbaarheid. Uit 4b blijkt, dat mg_1 positief werkt en dat te sterker naarmate k_1 hoger is. Evenzo blijkt uit 4c dat k_1 positief werkt, eveneens sterker naarmate mg_1 hoger is. Voor een optimale houdbaarheid moeten dus k_1 en mg_1 beide hoog zijn. Dit is geheel in overeenstemming met de resultaten van ons bemestingsonderzoek. Uit de tabellen 4 en 5 (zie (3), par. 4.2.2 en par. 4.2.4) en uit vergelijking 9 van (3), par. 4.3.1 blijkt dat ten aanzien van de houdbaarheid de K/Mg-verhouding zeer belangrijk is.

Met vergelijking 4 kunnen de verschillen in houdbaarheid voor 16% worden 'verklaard'. Dat mg_2 negatief samenhangt met de houdbaarheid en dat er een wisselwerking optreedt tussen k_1 en mg_1 is echter zeer betrouwbaar.

Tabel 4 Verskil in opbrengst en houdbaarheid tussen de met 300 en de met 100 kg K₂O per ha bemeste bieten, wanneer niet en wanneer wel met Mg is bemest, gemiddeld over de in tabel 21 vermelde proeven van 1955/1956. Een positief cijfer wijst op een gunstige werking van de K-bemesting. Tabel overgenomen uit (3)

Mg-bemesting Mg-fertilization	Verskil in ds opbrengst bieten in kg/are Difference in d.m. production beets in kg/are	Verskil in % gezond na bewaren Difference in % healthy after storage
zonder Mg-bemesting without Mg-fertilization	—2	—1
met 75 kg MgO/with 75 kg MgO	0	+3

Table 4 Difference in production and keeping qualities between beets fertilized with 300 kg and 100 kg K₂O/ha, with and without Mg-fertilization, average of the experiments in 1955/1956, mentioned in table 21. A positive figure indicates a favourable effect of the K-fertilization. Table taken from reference (3)

Tabel 5 Verskil in opbrengst (kg droge stof per are) en in houdbaarheid tussen wel en niet met Mg bemeste bieten in verband met de K-bemesting. Een positief cijfer wijst op een gunstige werking van de Mg-bemesting. Tabel overgenomen uit (3)

K-bemesting K-fertilization	1953/1954		1955/1956	
	Verskil in opbrengst Difference in production	Verskil in houdbaarheid Difference in keeping qualities	Verskil in opbrengst Difference in production	Verskil in houdbaarheid Difference in keeping qualities
geen Kali/without K	+3	—1	×	×
100 kg K ₂ O per ha	×	×	0	—3
300 kg K ₂ O per ha	+9	+4	+2	+3
Gemiddeld/Average	+6	+2	+1	0

× geen gegevens/no data

Table 5 Difference in production (kg dry matter per are) and in keeping qualities of beets, fertilized or not with Mg in relation with the K-fertilization. A positive figure indicates a favourable effect of the Mg-fertilization. Table taken from reference (3)

3.5 Gehalte aan Kalium en Calcium

Vergelijking 5 geeft op overeenkomstige wijze als de voorgaande vergelijkingen de samenhang weer tussen de houdbaarheid en het K- en Ca-gehalte van de biet.

$$(5) H = + 28,7 + 29,5 \times k_1 - 18,0 \times ca_1$$

$$\begin{aligned} \% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} &= 12,8 \\ P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} &= 2,5 - 1 \\ P\% \text{ van de factoren } k_1 &= 2,5 - 1 \\ ca_1 &= 5 - 2,5 \end{aligned}$$

In overeenstemming met 1b zien we in 5 dat k_1 betrouwbaar gunstig werkt. Verder blijkt, in overeenstemming met 3b, dat ca_1 betrouwbaar ongunstig werkt. Er bestaat geen duidelijke interactie tussen k_1 en ca_1 .

3.6 Gehalte aan Magnesium en Calcium

In vergelijking 6 wordt de samenhang tussen de houdbaarheid en het Mg- en Ca-gehalte weergegeven.

$$(6) \quad H = 56,2 - 33,0 \times mg_2 - 20,1 (ca_1 \times mg_1) + 36,8 \times mg_1$$

$$\begin{aligned} \% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} &= 16,3 \\ P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} &= 1 - 0,1 \\ P\% \text{ van de factoren } mg_2 &= 1 \\ mg_1 &= 1 \\ (mg_1 \times ca_1) &= 5 \end{aligned}$$

$$(6a) \quad H = \dots + mg_2 (-33,0)$$

$$(6b) \quad H = \dots + mg_1 (+36,8 - 20,1 ca_1)$$

$$(6c) \quad H = \dots + ca_1 (-20,1 mg_1)$$

Uit 6a blijkt mg_2 betrouwbaar ongunstig samen te hangen met de houdbaarheid, zoals ook in 4a en 2c tot uiting kwam. 6b laat zien, dat mg_1 gemiddeld ($ca_1 = 1$) betrouwbaar gunstig werkt. Het kan enigszins ongunstig werken wanneer ca_1 zeer hoog is, doch het werkt daarentegen zeer gunstig bij laag ca_1 . Er bestaat dus een wisselwerking tussen mg_1 en ca_1 zoals ook in 6c naar voren komt. ca_1 werkt altijd negatief, doch minder naarmate mg_1 lager en meer naarmate mg_1 hoger is.

Deze interactie tussen het Ca- en Mg-gehalte in de bieten is geheel in overeenstemming met de bij ons bemestingsonderzoek gevonden interactie tussen de pH en het Mg-gehalte van de grond (zie (3), par. 4.3.1, vergelijking 9 en par. 4.3.3, vergelijking 13). Waarschijnlijk kunnen Ca en Mg elkaar min of meer vervangen in de biet.

3.7 Gehalte aan Natrium, Kalium, Calcium en Magnesium

In vergelijking 7 wordt het verband weergegeven tussen de houdbaarheid en het Na-,

K-, Ca- en Mg-gehalte van de bieten voor bewaren. Evenals in de vergelijkingen 1 t/m 6 werden de produkten $Na \times K$, $Na \times Ca$, $Na \times Mg$, $K \times Ca$, $K \times Mg$ en $Ca \times Mg$ opgenomen om na te gaan of er misschien interacties tussen deze gehalten optreden. Voorts werden, anders dan in de voorgaande berekeningen ook de kwadraten van het gehalte aan Na, K, enz. opgenomen om na te gaan of het verband misschien kromlijng zou zijn.

$$(7) \quad H = + 14,8 + 19,5 \times na_1 - 10,7 (na_1)^2 + 28,3 \times k_1 \\ + 33,1 (mg_1)^2 + 17,3 (ca_1)^2 - 62,0 (ca_1 \times mg_1)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} &= 24,2 \\ P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} &= 1 - 0,1 \\ P\% \text{ van de factoren } na_1 &= > 20 \\ (na_1)^2 &= 5 \\ (ca_1)^2 &= 20 \\ k_1 &= 5 \\ (mg_1)^2 &= 20 \\ (mg_1 \times ca_1) &= 5 \end{aligned}$$

$$(7a) \quad H = \dots + na_1 (19,5 - 10,7 na_1) \\ \text{maximaal bij } na_1 = \frac{19,5}{21,4} = 0,91 \text{ of}$$

Na-gehalte in milli-equi. 56,4

$$(7b) \quad H = \dots + ca_1 (17,3 ca_1 - 62,0 mg_1) \\ \text{minimaal bij } ca_1 = \frac{62,0}{34,6} \times mg_1 = 1,79 \times mg_1$$

$$(7c) \quad H = \dots + k_1 (+ 28,3)$$

$$(7d) \quad H = \dots mg_1 (33,1 mg_1 - 62,0 ca_1) \\ \text{minimaal bij } mg_1 = \frac{62,0}{66,2} \times ca_1 = 0,94 \times ca_1$$

7a laat zien, dat na_1 gemiddeld gunstig werkt op de houdbaarheid. Het verband is kromlijng. Het na_1 effect is maximaal bij de waarde $na_1 = 0,91$ of Na-gehalte voor de bewaring in milli-equivalenten per kg droge stof van de bieten is gelijk aan 56.

In overeenstemming hiermee vonden wij bij ons bemestingsonderzoek (zie (3), par. 4) dat bemesten met natrium in het algemeen gunstig was voor de houdbaarheid op gronden waarvan het Na-gehalte niet hoger was dan 3 mg per kg grond. Bij hogere Na-gehalten van de grond kan de bemesting ongunstig gaan werken op de houdbaarheid.

Uit 7b zien we dat ca_1 gemiddeld ongunstig werkt, vooral wanneer mg_1 hoog is, doch meestal ook nog bij laag mg_1 . Het verband is kromlijng.

Alleen bij een zeer laag Magnesiumgehalte kan een hoog Calciumgehalte wel iets gunstig gaan werken.

Bij ons bemestingsonderzoek (zie ook (3), par. 4.2.5) vonden we, dat een zware bekalking meestal ongunstig was voor de houdbaarheid, terwijl een lichte bekalking meestal wel gunstig was (tabel 6). Verder bleek een hogere pH van de grond zeer gun-

Tabel 6 Opbrengst en houdbaarheid na bewaren in een smalle proefkuil van wel en niet bekalkte bieten gemiddeld voor de aangegeven aantallen objecten. Tevens is de door de bekalking verkregen gemiddelde pH van de grond vermeld. Tabel overgenomen uit (3)

	1956/1957			1957/1958		
Aantal objecten <i>Number of treatments</i>	28			28		
	ds/d.m. kg/are	%gezond %healthy	pH v.d. grond pH soil	ds/d.m. kg/are	%gezond %healthy	pH v.d. grond pH soil
Geen kalk/ <i>Without lime</i>	112	24	4,7	147	86	4,7
1000 kg CaO als emkal <i>1000 kg CaO as CaCO₃</i>	114	31	5,2	146	88	5,0
2000 kg CaO als emkal <i>2000 kg CaO as CaCO₃</i>	119	28	5,7	147	87	5,3

Table 6 Production and keeping qualities after storage in a narrow experimental clamp of beets, fertilized or not with lime, averaged for the indicated number of treatments. The average pH obtained by liming has also been mentioned. Table taken from reference (3)

stig te werken wanneer het Magnesiumgehalte van de grond laag was. Bij hoger magnesiumgehalte van de grond was de invloed van de pH slechts gering. Voor zover we een hoge pH gelijk mogen stellen met meer Calcium in de grond, wijst deze interactie dus in dezelfde richting als die voor de gehalten aan Calcium en Magnesium in de bieten.

Vergelijking 7c laat zien dat k_1 in gunstige zin samenhangt met de houdbaarheid hetgeen weer in overeenstemming is met de vergelijkingen 1b, 5a en 4c, en met de resultaten van ons bemestingsonderzoek ((3), par. 4.2.2 en par. 4.3.1). Uit 4c bleek echter een interactie tussen K- en Mg-gehalte die in 7c niet betrouwbaar tot uiting is gekomen.

In 7d zien we dat bij de gemiddelde waarden voor ca_1 en mg_1 (beide = 1), mg_1 ongunstig werkt op de houdbaarheid. De mg_1 -werking wordt echter gunstig bij laag ca_1 . Het verband met de houdbaarheid is kromlijinig. Het minimum treedt op wanneer $mg_1 = 0,94 ca_1$, het is dus afhankelijk van het Ca-gehalte. Bij laag Ca-gehalte werkt een toenemend Mg-gehalte gunstig voor de houdbaarheid en dit te meer naarmate het Mg-gehalte hoger wordt. Ca en Mg blijken dus weer min of meer onderling vervangbaar te zijn.

3.8 Som der kationen Natrium, Kalium, Calcium en Magnesium

In vergelijking 8 is de houdbaarheid berekend als functie van het droge-stofgehalte, het K-gehalte en het gehalte aan (Na + K + Ca + Mg) (= som) voor en na bewaren.

$$(8) \quad H = 43,6 - 79,9 \times \text{som}_2 + 43,8 \times k_2 + 32,9 \times k_1$$

$$\% \text{ verklaard van het oplossingsgezelschap} = 19,0$$

$$P\% \text{ van het oplossingsgezelschap} = 1 - 0,1$$

$$P\% \text{ van de factoren } k_1 = 5$$

$$k_2 = 5$$

$$\text{som}_2 = 1$$

Uit 8 zien we weer dat k_1 gunstig werkt op de houdbaarheid. Verder blijkt ook k_2 gunstig samen te hangen met de houdbaarheid, terwijl een hoge kationen som in de overgebleven bieten na de bewaring samengaat met een slechte houdbaarheid.

Tabel 7 Overzicht van de resultaten van enkele multipete regressieberekeningen. Aangegeven is welke factoren in iedere berekening zijn opgenomen, de richting van de werking van iedere factor (positief of negatief) en de mate van betrouwbaarheid van die werking (n.l. P in % 1, 5, 10, > 20, 20) en geen invloed (∞). Verder is aangegeven welk aandeel van de gevonden verschillen in houdbaarheid door de betrokken vergelijking kan worden 'verklaard'

Formule/	Factor	Werking/	Effect	P %	Factor	Werking/	Effect	P %	Factor	Werking/	Effect	P %	Factor	Werking/	Effect	P %	Percentage verklaard van het oplossingsgezichtschap/	Percentage of the total sum of squares attributable to regression
1	na ₁				na ₂				na ₂				na ₂				14	1-0,1
2	na ₁	+	+	5	na ₂	+	> 20	5	na ₂	+	+	10	na ₂	+	+	10	16	5-2,5
3	na ₁	+	+	5	na ₂	+	< 20	> 20	na ₂	+	+	1	na ₂	+	+	1	16	1-0,1
4	k ₁	+	+	5	k ₂	+	+	1	k ₂	+	+	1	k ₂	+	+	1	18	1-0,1
5	k ₁	+	+	5	k ₂	+	+	5	k ₂	+	+	5	k ₂	+	+	5	13	2,5-1,0
6	ca ₁	+	+	1	ca ₂	+	+	1	ca ₂	+	+	1	ca ₂	+	+	1	16	1-0,1
7	na ₁	+	+	5	ca ₁	+	+	5	ca ₁	+	+	5	ca ₁	+	+	5	24	1-0,1
	(na ₁) ²	+	+	5	(ca ₁) ²	+	+	5	(ca ₁) ²	+	+	5	(ca ₁) ²	+	+	5		
		+	+	5	(na ₁ × ca ₁)	+	+	5	(na ₁ × ca ₁)	+	+	5	(na ₁ × ca ₁)	+	+	5		
		+	+	5	(k ₁ × mg ₁)	+	+	5	(k ₁ × mg ₁)	+	+	5	(k ₁ × mg ₁)	+	+	5		
		+	+	5	(k ₁ × ca ₁)	+	+	5	(k ₁ × ca ₁)	+	+	5	(k ₁ × ca ₁)	+	+	5		
		+	+	5	(ca ₁ × mg ₁)	+	+	5	(ca ₁ × mg ₁)	+	+	5	(ca ₁ × mg ₁)	+	+	5		
8	Som ₁	+	+	5	d ₁	+	+	5	d ₁	+	+	5	d ₁	+	+	5	19	1-0,1
		+	+	5	d ₂	+	+	5	d ₂	+	+	5	d ₂	+	+	5		

Tabel 7 Summary of the results of a number of multiple regression calculations. The table shows the factors included in each calculation, the direction of the effect of each factor (positive or negative) and the degree of reliability of this effect (i.e. P in % 1, 5, 10, 20, > 20) and no effect (∞). It also shows what part of the ascertained differences in keeping properties can be 'explained' by the equation in question

4 Discussie

De resultaten van vergelijking 1 t/m 8 zijn samengevat in tabel 7.

We zien in tabel 7, dat met de berekende regressies de houdbaarheid slechts voor een gering deel kan worden verklaard. Belangrijk blijft echter toch dat in de gevonden vergelijkingen voor verschillende factoren een min of meer betrouwbare invloed op de houdbaarheid wordt aangetoond.

Wat betreft de gehalten aan mineralen van de bieten vóór de bewaring blijkt uit vergelijking 1 t/m 6 dat het Kaliumgehalte steeds positief met de houdbaarheid samenhangt, terwijl het Natriumgehalte soms niet en soms wel duidelijk gunstig naar voren komt, o.a. afhankelijk van het Magnesium- en Calciumgehalte.

Een hoger Magnesiumgehalte gaat meestal samen met betere houdbaarheid, doch de samenhang kan negatief zijn wanneer het Natrium- of het Calciumgehalte hoog is.

Ten slotte is een hoog Calciumgehalte van de bieten vóór de bewaring steeds ongunstig naar voren gekomen, vooral wanneer het Magnesiumgehalte hoog is.

Ook in vergelijking 7, waarin alle vier de mineralen gelijktijdig zijn opgenomen, blijkt een hoger Kaliumgehalte gunstig met de houdbaarheid samen te hangen, echter afhankelijk van het Natriumgehalte met een bepaald maximum. Natrium en Kalium kunnen elkaar ten dele vervangen in de biet. Verder komt in vergelijking 7 dezelfde interactie naar voren tussen Calcium en Magnesium als in vergelijking 6.

De in vergelijking 1 t/m 7 gevonden samenhangen zijn goed in overeenstemming met de uit ons bemestingsonderzoek verkregen resultaten ((3), par. 4.2 en par. 4.3). Evenals uit vergelijking 4 betrouwbaar naar voren komt dat een hoger Kaliumgehalte gunstiger is wanneer tevens het Magnesiumgehalte hoger is en omgekeerd, zo bleek ook uit het bemestingsonderzoek de K/Mg verhouding van de grond van groot belang te zijn voor de houdbaarheid. Verder zijn ook de tendenzen dat Calcium en Magnesium en Natrium en Magnesium elkaar ten dele kunnen vervangen, zoals blijkt uit resp. de vergelijkingen 6 en 7 en vergelijking 2, grotendeels in overeenstemming met de eerder gevonden tendenzen.

Dit alles wijst erop, dat de resultaten van dit onderzoek, ondanks de geringe wetenschappelijke betrouwbaarheid, toch wel een reële achtergrond hebben.

Wat betreft de samenhangen tussen de gehalten aan minerale bestanddelen van de overgebleven gezonde bieten na de bewaring en de houdbaarheid van de oorspronkelijke partij bieten, blijkt uit vergelijking 1 t/m 6 dat het Natrium- en het Magnesiumgehalte van de overgebleven bieten na de bewaring steeds negatief samenhangen met de houdbaarheid, terwijl het Kalium- en het Calciumgehalte er geen samenhang mee

vertonen. Dit is vooral opmerkelijk omdat bij de gehalten van de bieten vóór de bewaring Kalium en Calcium juist zo duidelijk positief respectievelijk negatief naar voren komen.

Het is verder moeilijk te doorzien waarom het Natriumgehalte na de bewaring gemiddeld zoveel hoger is dan dat vóór de bewaring, terwijl het Magnesiumgehalte juist zoveel lager is, zoals tabel 1 laat zien. De verklaring kan gezocht worden in de mogelijkheid, dat in een slechte partij bieten alleen de exemplaren met een goede samenstelling overblijven, waardoor een goede samenstelling ná de bewaring samen kan gaan met een slechte houdbaarheid van de oorspronkelijke partij. De samenhang met de minerale samenstelling van de bieten vóór de bewaring kan op deze wijze geheel verloren gaan.

Meer inzicht in deze verschuivingen zal alleen kunnen worden verkregen door verdergaand onderzoek.

Het feit, dat de minerale samenstelling van de gezond gebleven bieten na de bewaring significant verschilt van het gemiddelde beeld vóór de bewaring is intussen van grote betekenis voor de methodiek van het bewaaronderzoek.

Voor de bepaling van het droge-stofverlies tijdens de bewaring van een partij bieten zou het aantrekkelijk zijn, wanneer dit kon gebeuren door bijv. het Kaliumgehalte van de droge stof van de bieten vóór en ná de bewaring te bepalen en uit de relatieve stijging van dit gehalte het droge-stofverlies te berekenen. Wanneer er rot is opgetreden zal dit echter tot onjuiste conclusies aanleiding geven. Ook de bepaling van het totale asgehalte is voor dit doel niet bruikbaar, zoals o.a. blijkt uit vergelijking 8.

Samenvatting

Teneinde het verband tussen de minerale samenstelling en de houdbaarheid van voederbieten na te gaan is van een aantal partijtjes bieten de chemische samenstelling bepaald van de partij bieten vóór de bewaring en van de partij gezond gebleven bieten ná de bewaring. Het bleek, dat de minerale samenstelling van de gezond gebleven bieten ná de bewaring significant verschilt van de gemiddelde samenstelling vóór de bewaring (tabel 1). Verder traden er interacties op tussen de gehalten aan verschillende mineralen vóór de bewaring en de mate waarin deze gehalten ná de bewaring in de gezond gebleven bieten relatief zijn toegenomen (tabel 2).

In een aantal meervoudige regressieanalyses werd de houdbaarheid berekend als functie van het gehalte aan enkele mineralen vóór en ná de bewaring.

Hoewel met de berekende regressies de gevonden verschillen in houdbaarheid slechts voor een klein deel konden worden verklaard, werd voor verschillende gehalten en interacties tussen gehalten toch een min of meer significante samenhang met de houdbaarheid gevonden. Een hoog K-gehalte in de bieten vóór de bewaring ging samen met een goede houdbaarheid (verg. 1, 5 en 7), vooral wanneer tevens het Mg-gehalte hoog was.

Een hoog Mg-gehalte had duidelijk een gunstige invloed wanneer het K-gehalte hoog was (verg. 4) en verder vooral bij laag Na- (verg. 2) en laag Ca-gehalte van de bieten (verg. 6). Voor een goede houdbaarheid dienen vooral K en Mg in de juiste verhouding aanwezig te zijn (verg. 4). Een niet te hoog Na-gehalte werkte gunstig op de houdbaarheid (verg. 7) doch een hoog Na-gehalte kan ongunstig zijn, vooral wanneer het Mg-gehalte tevens hoog was (verg. 2).

Een hoog Ca-gehalte van de bieten vóór de bewaring ging samen met een slechte houdbaarheid (verg. 3, 5 en 7) en dit sterker naarmate het Mg-gehalte hoger was.

Over het geheel genomen komen deze resultaten goed overeen met de bij ons bemestingsonderzoek (3) gevonden samenhangen.

Uit de resultaten blijkt verder (tabel 1, verg. 8) dat de stijging van de gehalten aan minerale bestanddelen berekend op de droge stof die tijdens de bewaring optreedt als gevolg van het droge-stofverlies, niet bruikbaar is voor de berekening van het ademhalingsverlies aan droge stof wanneer er rot in merkbare hoeveelheden is opgetreden.

Summary

In order to investigate the relationship between the mineral composition and keeping qualities of fodder beet, the chemical composition was determined of several lots of beet, viz. the lot prior to storage and the lot that remained healthy after storage.

It was found that the mineral composition of the beets that remained healthy after storage shows a significant difference from the average composition prior to storage (table 1). There were also interactions between the contents of different minerals prior to storage and the degree of relative increase in these contents in the beets that had remained healthy after storage (table 2).

In a number of multiple regression analyses the keeping qualities were calculated as a function of the content of certain minerals before and after storage.

The next symbols were introduced (all contents expressed in milli-equivalents per kg dry matter of the beets):

H = keeping qualities = % healthy after storage

$$k_1 = \frac{\text{K content}}{440} \text{ before storage; } 0.4 < k_1 < 1.6$$

$$k_2 = \frac{\text{K content}}{540} \text{ after storage; } 0.4 < k_2 < 1.6$$

$$na_1 = \frac{\text{Na content}}{62} \text{ before storage; } 0.2 < na_1 < 2.0$$

$$na_2 = \frac{\text{Na content}}{90} \text{ after storage; } 0.2 < na_2 < 2.0$$

$$ca_1 = \frac{\text{Ca content}}{90} \text{ before storage; } 0.4 < ca_1 < 1.6$$

$$ca_2 = \frac{\text{Ca content}}{102} \text{ after storage; } 0.4 < ca_2 < 1.6$$

$$mg_1 = \frac{\text{Mg content}}{96} \text{ before storage; } 0.4 < mg_1 < 1.6$$

$$mg_2 = \frac{\text{Mg content}}{100} \text{ after storage; } 0.4 < mg_2 < 1.6$$

d₁ = % dry matter of the beets before storage

d₂ = % dry matter of the beets after storage

$$\text{som}_1 = \frac{\text{total of cations before storage}}{688}; 0.4 < \text{som}_1 < 1.6$$

$$\text{som}_2 = \frac{\text{total of cations after storage}}{832}; 0.4 < \text{som}_2 < 1.6$$

Although the regressions calculated only explained a small part of the differences found in keeping qualities, for various contents and interactions between contents a more or less significant relation was found with the keeping qualities. A high K content in the beets prior to storage went together with a good storage stability (equations 1, 5 and 7), especially when the Mg content was also high.

A high Mg content clearly had a good effect when the K content was high (equation 4) and particularly when the beets had a low Na content (equation 2) and a low Ca content (equation 6). In particular there should be a correct K/Mg ratio to ensure good keeping qualities (equation 4). An Na content which is not too high has a good effect on keeping qualities (equation 7), but a high Na content may be unfavourable especially when the Mg content was also high (equation 2).

A high Ca content of the beets prior to storage went together with poor keeping qualities (equation 3, 5 and 7), this effect increasing with an increasing Mg content.

On the whole these results show a good agreement with the relations found in our fertilization study (3).

The results also show (table 1, equation 8) that the increase in the contents of mineral components, calculated on dry matter, occurring during storage owing to the loss of dry matter cannot be used for calculating the respiration loss of dry matter if a considerable amount of rot has occurred.

Literatuur

1. BAKERMANS, W. A. P., Bewaring van voederbieten Ia, Enkele algemene beschouwingen. *Versl. Inst. Biol. Scheik. Onderz. van Landbouwgew.*, nr 24 (1962).
2. BAKERMANS, W. A. P., Bewaring van voederbieten Ib, Methoden van Onderzoek. *Versl. Inst. Biol. Scheik. Onderz. van Landbouwgew.*, nr. 25 (1962).
3. BAKERMANS, W. A. P., Bewaring van voederbieten I. Onderzoekingen over de betekenis van de grond, de bemesting en enkele andere cultuurmethoden voor de bewaarbaarheid van voederbieten. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 68.10 (1962) 137 p.
4. BAKERMANS, W. A. P., Bewaring van voederbieten II. Invloed van enkele bewaarfactoren en van de grootte van de bieten op de bewaarbaarheid (houdbaarheid) van voederbieten. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 69.6 (1963) 116 p.
5. BAKERMANS, W. A. P. EN TH. FERRARI, Resultaten van een serie bemestingsproefvelden met voederbieten. *Landbouwwoorlichting* (i.v.).