

Kvælstofgødsningens indvirkning på sukkerroers saftkvalitet og sukertab under opbevaring

The influence of nitrogen fertilization on juice quality of sugar beet and loss of sugar during storage

Erik Augustinussen¹⁾ og Erling Smed²⁾

Resumé

I 1976–1980 gennemførtes 5 forsøg til belysning af kvælstofgødsningens indflydelse på sukkerroers saftkvalitet og sukertab under opbevaring. Sukkerroer af sorten Monova tilførtes i et markforsøg 0, 80, 160 og 240 kg kvælstof pr. ha.

Der målte sukkerudbytte ved høst, og i roeprøver fra de 4 forsøgsled bestemtes sukertab og ændringer i saftkvalitet under opbevaring i 56 døgn ved 8° C.

Den økonomisk optimale kvælstoftilførsel under hensyntagen til sukkerudbytte og priser var gennemgående 80 kg pr. ha.

Saftkvaliteten forringedes stærkt med stigende kvælstoftilførsel, idet aminokvælstofindholdet steg kraftigt. Desuden steg kalium- og natriumindholdet lidt med stigende N-gødsning.

Invertsukkerindholdet var upåvirket, medens raffinoseindholdet udviste en svag stigning med stigende kvælstoftilførsel.

Tabet af sukker (polsukker) under opbevaringen var lavest i roer, der var tilført 80 kg N pr. ha. Spiringen steg, og råangrebet faldt med stigende kvælstoftilførsel. Saftkvaliteten forringedes under opbevaringen på grund af dannelse af letopløselige kvælstofforbindelser og ved invertering af saccharose, men omfanget af disse omdannelser var uafhængigt af kvælstofgødsningen.

Nøgleord: Invertsukker, N-gødsning, opbevaring, raffinose, roesaftkvalitet, sukkerroer, sukertab, sukkerudbytte.

Summary

In 1976–1980 five field experiments were carried out to determine the effect of nitrogen fertilization on the juice quality of sugar beet and loss of sugar during storage. Sugar beet of the variety Maribo Monova was supplied with 0, 80, 160 and 240 kg of nitrogen per ha.

Sugar determination was carried out at harvest and after storage. In beet samples from the four nitrogen levels the loss of sugar and alterations in the juice quality during storage for 56 days at 8°C were calculated.

¹⁾ Statens Forsøgsstation, Roskilde.

²⁾ A/S De danske Sukkerfabrikker, Forædlingsstationen »Maribo«, 4960 Holeby.

The economically optimum nitrogen dosage concerning sugar yield and prices of fertilizer was generally 80 kg per ha.

The juice quality decreased very much with increased nitrogen dosage due to heavy increase in the aminonitrogen content. Further a minor increase of the contents of potassium and sodium was found with increased nitrogen dosage.

The invert sugar content was unchanged, whereas the content of raffinose was found to increase slightly in proportion to the supply of nitrogen.

During the storage the loss of sugar was lowest in beet supplied with 80 kg of nitrogen per ha. The sprouting increased and the rot of beet decreased with increased nitrogen level. The juice quality was reduced during storage due to formation of soluble nitrogen compounds and due to inversion of sucrose, but the reduction was independent of the nitrogen level.

Key words: Invert sugar, N-fertilization, storage, raffinose, beet juice quality, sugar loss, sugar yield.

Indledning

Tilførsel af kvælstofgødning i vækstperioden har i flere forsøg vist sig at have indflydelse på bederens holdbarhed og stoftab under opbevaringen. *Claassen* (1930) fandt et øget åndingstab hos sukkerroer ved overgødsning med kvælstof og mente, at det hang sammen med en forsinkelse af roernes modning, således at roernes fysiologiske aktivitet ikke var kommet i ro ved høsten. *Bakermans* (1962) målte en med kvælstoftilførslen stigende respiration hos foderbeder under opbevaring, men fandt at undladelse af kvælstoftilførsel medførte en betydelig forringelse af roernes holdbarhed. Overskud af kvælstof var også skadeligt, og de mindste rådgreb opnåedes ved tilførsel af 120–160 kg N pr. ha. *Dexter et al.* (1966) fandt i forsøg med fabriksroer, at mængden af sukker, der kunne udvindes efter opbevaring, faldt med stigende kvælstofgødning, dels på grund af øget sukbertab, dels på grund af et stigende indhold af urenheder, specielt letopløselige kvæstofforbindelser.

I begyndelsen af 70'erne steg kvæstofforbruget til sukkerroer, og i 1972 nåedes et gennemsnit på over 200 kg N pr. ha (*Landsudvalget for Driftsøkonomi*, 1973). Samtidig forlængedes kampagnen på grund af forøget dyrkning. Med baggrund heri påbegyndtes i 1976 en undersøgelse af kvælstoftilførselens indvirkning på lagringstab og saftkvalitet.

For at resultaterne kunne henføres til udbytte-niveauer, er der sideløbende gennemført en måling af sukkerudbyttet. Forsøgene er udført i et

samarbejde mellem Roskilde Forsøgsstation og A/S De danske Sukkerfabrikker, Forædlingsstationen »Maribo«, således at dyrkning og opbevaring af roerne har fundet sted ved Roskilde, medens analysearbejdet er udført på Forædlingsstationen »Maribo«.

Materiale og metoder

Forsøgsplan

Der er gennemført 5 forsøg med følgende kvælstofmængder:

1. 0 kg N pr. ha
2. 80 kg N pr. ha
3. 160 kg N pr. ha
4. 240 kg N pr. ha

I 1976 tilførtes mængderne ad 1 gang umiddelbart før såning. Da nedbørmængden i dette år var ringe, skete der en hæmning af spiringen ved de store kvælstofmængder. I de følgende år er der derfor maksimalt tilført 80 kg N pr. ha før såning, medens resten er tilført efter roernes fremspiring. Kvælstofgødningen var i alle forsøg kalkkammonsalpeter.

Plantemateriale

Den anvendte sort er Monova, der er monogerm og triploid. Udsåning fandt sted på de i tabel 1 nævnte datoer med 55 cm rækkeafstand og 4,6 cm frøafstand. Bestanden udtyndedes til ca. 25 cm planteafstand. De ved høst opnåede plantetal fremgår af tabel 2. Kun i 1976 var der problemer med at opnå en tilfredsstillende plantebestand.

Tabel 1. Forfrugt, så- og høstdato
Previous crop, date of sowing and harvesting

År Year	Forfrugt Previous crop	Sådato Date of sowing	Høstdato Date of harvesting
1976	Vinterhvede <i>Winter wheat</i>	28/4	18/10
1977	Vårbyg <i>Spring barley</i>	4/5	17/10
1978	Ærter <i>Peas</i>	24/4	16/10
1979	Vinterbyg <i>Winter barley</i>	10/5	12/10
1980	Vårbyg <i>Spring barley</i>	6/5	20/10

Roerne blev i alle forsøg grundgødet med 800 kg PK 0-4-21 + Mg (2,4%) pr. ha. Forfrugt fremgår af tabel 1.

Roernes vækstvilkår var i 1976 præget af den meget lille regnmængde i juni, juli og august. Først i september kom roerne rigtigt i vækst, men udbyttet blev lavt.

I 1977 var jorden vandmættet efter rigelig vintervedbør, og maj-juni havde høje temperaturer, hvorimod temperaturen i resten af sommermånederne var 1-1½° C lavere end normalt. I oktober var det varmt, og roeudbyttet blev særdeles godt.

I 1978 var sommeren nedbørfattig med normale temperaturer, medens juli var usædvanlig kold med normal nedbør. Fra slutningen af august og i hele september faldt rigelig nedbør, men temperaturen var ret lav. Vækstvilkårene var lidt ringere end normalt, og udbyttet blev ret lavt.

1979 var præget af køligt sommervejr og rigelig nedbør i maj og august, medens det var tørt i de øvrige sommermåneder og især i september-oktober. Udbyttet blev ret lavt.

1980 satte nedbørsrekord, og temperaturen var lavere end normalt. Udbyttet blev nær middel.

Udbyttebestemmelse

Forsøgene blev anlagt med 4 fællesparceller. Hver parcel udgjordes af 10 rækker à 20 m, høstparcellen af 8 rækker à 18 m. 1 række anvendtes til udbyttebestemmelse og resten til opbevarings-

Tabel 2. Plantetal og udbytte i rod og top
No. of plants and yield of roots and leaves

År Year	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>			
	0	80	160	240
	Antal planter/ha, tus. <i>No. of plants/ha, thousands</i>			
1976	67,9	66,4	65,7	64,6
1977	69,8	70,0	67,7	70,0
1978	69,1	69,0	67,5	70,2
1979	71,4	71,6	71,0	71,0
1980	70,4	69,9	70,0	69,7
Gns.	69,7	69,4	68,4	69,1
Mean				
	Sukker i rod, hkg/ha <i>Sugar in roots, hkg/ha</i>			
1976	64,8	62,6	62,4	63,7
1977	72,6	85,3	86,5	79,5
1978	62,3	68,7	69,0	69,0
1979	64,9	72,9	66,4	64,0
1980	65,6	74,2	71,9	70,1
Gns.	66,0	72,7	71,2	69,3
LSD			4,4	
	Tørstof i top, % <i>Dry matter in leaves, %</i>			
1976	13,9	13,5	13,2	13,3
1977	14,1	14,2	13,9	13,7
1978	12,3	12,8	12,1	12,1
1979	13,2	13,0	12,5	12,2
1980	13,6	12,5	12,4	12,1
Gns.	13,3	13,1	12,7	12,5
LSD			0,4	
	Tørstof i top, hkg/ha <i>Dry Matter in leaves, hkg/ha</i>			
1976	30,3	39,0	39,8	45,4
1977	27,8	47,9	61,4	65,4
1978	33,1	47,7	59,4	67,1
1979	41,6	55,9	77,4	91,0
1980	37,4	54,1	68,4	78,8
Gns.	34,0	48,9	61,3	69,5
LSD			8,6	

forsøg. Roerne blev aftoppet med aftoppejern, således at bladene netop fulgte topskiven. Optagning skete med 2-rk. »Holbæk«-optager med læseelevator.

Opbevaring

Roerne til opbevaringsforsøg blev vasket i en specialbygget tromlevasker og stod til afdrypning natten over. Der afvejedes 20 prøver à ca. 35 kg fra hvert forsøgsled med samme antal roer og samme vægt i et forhold, som svarede til det enkelte forsøgsleds gennemsnitlige roevægt. 8 prøver analyseredes straks, medens 12 prøver fyldtes i trækasser med perforeret plastfolieindlæg og opbevarede i kølerum ved 8° C i 56 døgn. Målinger viste, at CO₂-indholdet i kasserne ikke oversteg 2%. Vandtabet under opbevaringen var i de fleste år under 1%.

Analysen

Såvel kontrolprøver som opbevaringsprøver blev vejede og analyseret for indhold af tørstof, pol (sukker ved polarisation), natrium, kalium, aminokvælstof, invertsukker, glucose, raffinose samt uorganisk fosfat efter tidligere beskrevne metoder (Augustinussen & Smed, 1979). I årene 1977–79 blev der desuden målt saccharose efter en enzymatisk metode (Schoenrock & Costesso, 1975, modificeret for autoanalyser SMA). Til sammenligning blev saccharose endvidere søgt beregnet ud fra den tidligere anvendte formel til korrektion af roepol ved hjælp af raffinose, invertsukker og glucose (Augustinussen & Smed, 1979). % saccharose, beregnet =

$$\text{roepol} \times \frac{100 - 1,85 \times \text{raff.} - 1,8 \times \text{gluc.} + 1,0 \times \text{inv.}}{100}$$

Som mål for sukkersaftens indhold af skadelige ikke-saccharider er anvendt udtrykket impurity value (I.V.) beregnet efter formelen:

$I.V. = 2,5 \times K + 3,5 \times Na + 10 \times NH_2-N$, hvor K, Na og NH₂-N er kalium, natrium og aminokvælstof målt i mg pr. 100 g polsukker (Carruthers & Oldfield, 1962; Carruthers et al. 1963). Enheden for I.V. bliver mg pr. 100 g polsukker (mg/100 S), men omregnes ofte til g pr. 100 g polsukker (g/100 S).

Resultater

Udbytte

Sukkerudbyttet i rod (tabel 2) var ret højt i 1977, men forholdsvis lavt i de øvrige år. Det var særligt lavt i 1976, hvor den tørre sommer bevirkede, at der ikke var udslag for kvælstoftilførsel. I 1977 og 1978, hvor stærk vinter- og forårsnedbør nok har udvasket en del af jordens kvælstofindhold opnåedes højest udbytte for tilførsel af 160 kg kvælstof pr. ha, medens der i 1979 og 1980 opnåedes højest udbytte for tilførsel af 80 kg kvælstof pr. ha. I alle disse 4 år lå den økonomiske grænse for kvælstofgødsning dog ved 80 kg pr. ha.

Topudbyttet var i alle forsøg jævnt stigende med kvælstoftilførslen, omend udbyttene var

meget forskellige (tabel 2). Der opnåedes i gennemsnit en fordobling af toptørstofmængden ved tilførsel af 240 kg kvælstof pr. ha. Toppens tørstofprocent viste et svagt fald med stigende kvælstofgødsning.

Kemisk sammensætning

Sukkerprocenten var i alle forsøg klart faldende med stigende kvælstoftilførsel (tabel 3), og i gennemsnit var der en forskel på 1,4 procentenheder mellem laveste og højeste kvælstofmængde. Nedgangen skyldtes et med stigende kvælstoftilførsel faldende sukker/tørstofforhold (tabel 3).

Saccharosekoncentrationen fulgte som ventet roepol (tabel 3). Ved en sammenligning mellem det ved analyse fundne saccharoseindhold og det ved korrektion af roepol for drejning af raffinose, glucose og invertsukker beregnede ses, at den beregnede værdi falder meget nær sammen med den enzymatisk målte. Der resterer således kun en forskel på ca. 0,1°S, som må forklares ved drejning af ikke-saccharider.

Kaliumindholdet i sukkersaften pr. 100 g sukker udviste et svagt fald mellem 0 og 80 N, men steg mellem 80 og 240 N (tabel 5). Samme tendens kunne spores i kaliumindholdet målt som % af

Table 3. Roepol, tørstof- og saccharoseindhold
Polarisation, content of dry matter and sucrose

	Ved høst <i>At harvest</i>			Efter opbevaring i 56 døgn ved 8°C <i>After storage during 56 days at 8°C</i>				
	0	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>		0	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>			
		80	160	240	0	80	160	240
				Roepol, % <i>Polarisation, %</i>				
1976	17,3	16,6	16,2	16,0	16,6	16,0	15,7	15,5
1977	18,6	18,4	17,6	17,2	18,1	18,0	17,1	16,6
1978	16,9	16,9	16,3	15,7	16,3	16,4	15,6	15,1
1979	18,1	17,8	17,2	16,7	17,5	17,3	16,7	16,1
1980	16,6	16,1	15,7	15,1	15,8	15,8	15,2	14,6
Gns. Mean	17,5	17,2	16,6	16,1	16,9	16,7	16,1	15,6
LSD				0,2				
				Tørstof, % <i>Dry matter, %</i>				
Gns. Mean	24,4	24,1	23,5	23,1	24,1	23,9	23,2	22,7
				Sukker/tørstof, % <i>Sugar/dry matter, %</i>				
Gns. Mean	71,6	71,1	70,5	69,9	70,1	69,8	69,2	68,8
				Saccharose, % <i>Sucrose, %</i>				
1977	18,4	18,2	17,5	17,0	17,4	17,4	16,5	16,0
1978	17,0	17,0	16,3	15,8	16,0	16,1	15,3	14,9
1979	17,3	17,2	16,5	16,0	17,8	17,5	17,0	16,3
Gns. Mean	17,6	17,5	16,8	16,3	17,1	17,0	16,3	15,7
				Saccharose, beregnet, % <i>Sucrose, calculated, %</i>				
Gns. Mean	17,7	17,6	16,9	16,4	17,2	17,1	16,3	15,7

tørstofmassen (tabel 4). Af en samlet stigning i sukkersaftens kaliumindhold på 9,2% ved tilførsel af 240 kg N pr. ha kan 6,8% beregnes at skyldes en reel stigning i kaliumindholdet i forhold til tørstoffet, medens de resterende 2,4% skyldes faldet i sukker/tørstofforholdet.

Natriumindholdet i såvel tørstofmasse som sukkersaft steg med stigende kvælstoftilførsel (tabel 4 og 5). Størstedelen af stigningen skyldtes en reelt større natriumoptagelse ved øget kvælstoftilførsel.

Amino-kvælstofindholdet i sukkersaften steg stærkt med stigende kvælstoftilførsel og blev ca. tredoblet ved tilførsel af 240 kg N pr. ha, målt i

forhold til ugødet (tabel 5). Kvælstoffets procentvise stigning i tørstofmassen var noget mindre, men dog ganske betragtelig (tabel 4). Kvælstofmængden i rod voksede fra 60 kg pr. ha ved ugødet til 103 kg pr. ha ved tilførsel af 240 kg N pr. ha (tabel 4). For toppens vedkommende var tilvæksten i N-mængde endnu større, og den samlede meroptagelse af kvælstof for tilførsel af 240 kg pr. ha kan beregnes til 161 kg. Ved de 3 trin à 80 kg N tilført pr. ha var optagelsen henholdsvis 60, 62 og 39 kg, svarende til ca. 75, 78 og 49%.

Af den samlede meroptagelse i roden på ca. 43 kg pr. ha optrådte 11 kg som tilvækst i sukkersaftens aminokvælstofmængde. Indholdet af ni-

Tabel 4. Indhold af N og mineralstoffer i rod og top.
Gns. af 5 forsøg, 1976–1980
Content of N and mineral elements in roots and leaves.
Mean of 5 trials, 1976–1980

	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>			240
	0	80	160	
Indhold i rod, % af tørstof <i>Content in roots, % of dry matter</i>				
N	0,65	0,76	0,90	1,03
NO ₃ -N	0,01	0,01	0,01	0,02
K	0,73	0,72	0,75	0,78
Na	0,04	0,05	0,05	0,06
Mg	0,10	0,10	0,10	0,10
P	0,13	0,12	0,12	0,13
Indhold i top, % af tørstof <i>Content in leaves, % of dry matter</i>				
N	1,86	2,15	2,50	2,61
NO ₃ -N	0,02	0,04	0,09	0,16
K	3,43	3,49	3,66	3,44
Na	0,96	0,98	0,98	0,89
Mg	0,25	0,27	0,28	0,28
P	0,21	0,23	0,24	0,23
N, kg/ha				
Rod <i>Roots</i>	60	78	92	103
Top <i>Leaves</i>	63	105	153	181
I alt <i>Total</i>	123	183	245	284
NH₂-N i sukkersaft, kg/ha <i>NH₃-N in juice, kg/ha</i>				
	4,9	8,2	12,5	15,9

tratkvælstof i roden var ganske lavt ved alle kvælstoftilførsler. Indholdet i toppen steg svagt med N-gødskningen og nåede ved 240 N et gennemsnit på 0,16% (tabel 4).

Ligesom dens 3 enkeltkomponenter viste impurity value en betydelig stigning med stigende N-tilførsel, i gennemsnit fra 3,09 g/100 S ved ugødet til 4,87 g/100 S ved 240 kg pr. ha (tabel 5). Af den totale stigning på 1,78 skyldtes henimod 90% stigning i NH₂-N, medens ca. 10% skyldtes forøgelsen af K-indholdet.

Indholdet af uorganisk fosfor i sukkersaften viste tendens til fald med øget kvælstoftilførsel, medens det procentiske indhold i tørstofmassen nærmest var upåvirket (tabel 4 og 5).

For invertsukker og glucose kunne der ikke påvises nogen entydig afhængighed af kvælstoftilførslen, idet årsvariationen var betydelig. Derimod syntes der for raffinose vedkommende at være en ret sikker tendens i retning af stigende indhold med stigende N-tilførsel (tabel 6).

Opbevaring

Sukkertab

Tabet af sukker under opbevaringen fremgår af tabel 7. Det er beregnet på grundlag af vejetal og polarisationsmålinger før og efter opbevaring, og der er ikke korrigeret for andre stoffers drejning eller for indhold af urenheder. Det ses, at suk kertabet pr. ton roer pr. døgn var af nogenlunde samme størrelsesorden i 4 forsøg, medens det var en smule højere i 1978. Set i relation til kvælstoftilførslen var suk kertabet størst ved ugødet og mindst efter tilførsel af 80 kg N pr. ha. Ved tilførsel af større mængder kvælstof var der tendens til stigende suk kertab.

Efter opbevaring i 56 døgn ved 8° C havde næsten alle roer spirer. Spirernes tørstofmasse målt i procent af roens tørstofmasse ved opbevaringens begyndelse var stigende med stigende kvælstoftilførsel. Derimod var den procentvise andel af roerne med pletråd faldende med stigende kvælstoftilførsel (tabel 7).

Ændring i saftkvalitet

Sukkerindholdet målt ved polarisation viste gennemgående et fald på 0,5–0,7 procentenheder (tabel 3). Sukkerkoncentrationen i roerne er påvirket i nedadgående retning af suk kertabet, men i opadgående retning af vandtab. Da plastfolien beskyttede roerne godt mod udtørring, øgedes sukkerkoncentrationen kun i ringe grad som følge af vandtab fra roerne.

For de såkaldte urenheders vedkommende (Na, K og NH₂-N) steg indholdet målt i forhold til sukkerindholdet en del under opbevaringen (tabel 5), men for Na og K skyldtes denne stigning udelukkende faldet i sukkerindholdet. Derimod var der en reel stigning i indholdet af NH₂-N. Udregnet pr. ton roer ved høst var stigningen i gennemsnit af alle forsøg 30–40 g, men med nogen årsvariation. Der var ingen sikker sammenhæng mel-

Tabel 5. K, Na, NH₂-N, I.V. (impurity value) og P i sukkersaften
K, Na, NH₂-N, I.V. (impurity value) and P in juice

	Ved høst <i>At harvest</i>			Efter opbevaring i 56 døgn ved 8°C <i>After storage during 56 days at 8°C</i>				
	0	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>		240	0	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>		240
		80	160			80	160	
				K, mg/100 s				
1976	818	786	824	847	873	868	899	891
1977	803	779	808	793	818	805	817	817
1978	931	910	925	973	980	931	999	1013
1979	862	836	875	931	930	867	896	971
1980	907	959	1046	1177	966	962	1081	1240
Gns. Mean	864	854	896	944	913	887	938	986
LSD				61				
				Na, mg/100 s				
1976	52	57	60	58	80	86	85	92
1977	31	31	42	39	47	50	55	55
1978	51	43	48	58	77	77	83	88
1979	41	45	52	60	42	44	52	60
1980	66	76	84	77	73	80	92	84
Gns. Mean	53	57	64	64	59	61	66	70
LSD				11				
				NH ₂ -N, mg/100 s				
1976	81	125	168	199	113	170	199	232
1977	38	62	134	184	53	81	146	199
1978	93	126	208	279	133	152	244	322
1979	81	110	178	228	99	124	206	268
1980	78	140	189	255	125	153	227	288
Gns. Mean	74	113	175	229	105	136	204	262
LSD				20				
				Impurity value, g/100 s				
1976	3,04	3,41	3,95	4,31	3,59	4,17	4,54	4,87
1977	2,49	2,67	3,51	3,95	2,74	3,00	3,69	4,22
1978	3,53	3,80	4,68	5,53	3,96	4,00	5,10	5,95
1979	3,11	3,35	4,15	4,82	3,46	3,56	4,48	5,32
1980	3,28	4,07	4,79	5,76	3,92	4,21	5,29	6,27
Gns. Mean	3,09	3,46	4,22	4,87	3,53	3,79	4,62	5,33
LSD				0,29				
				P, mg/100 s				
1976	73	57	59	57	101	100	94	104
1977	116	94	84	78	130	114	104	111
1978	135	134	126	118	165	161	163	153
1979	116	110	102	99	150	134	127	122
1980	147	148	146	154	169	162	168	173
Gns. Mean	117	109	103	101	143	134	131	133
LSD				10				

Tabel 6. Invertsukker, glucose og raffinose i sukkersaften
Invert sugar, glucose and raffinose in the juice

	Ved høst <i>At harvest</i>			Efter opbevaring i 56 døgn ved 8°C <i>After storage during 56 days at 8°C</i>				
	Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>	80	160	240	0	80	160	240
	0							
				Invertsukker, mg/100 s <i>Invert sugar, mg/100 s</i>				
1976	1068	922	1096	971	1171	1205	1223	1240
1977	573	588	538	605	979	897	908	1009
1978	632	639	658	853	1588	1668	1851	1369
1979	648	717	651	706	1316	1132	1111	1125
1980	842	800	779	954	1281	1098	1150	1267
Gns. Mean	780	733	744	818	1267	1200	1249	1202
LSD				220				
				Glucose, mg/100 s				
1976	679	607	683	627	743	745	754	741
1977	456	452	421	463	668	615	617	640
1978	420	417	420	505	904	925	1025	776
1979	375	395	351	351	655	577	557	550
1980	548	491	497	543	729	668	688	736
Gns. Mean	507	472	474	498	740	706	728	689
LSD				109				
				Raffinose, mg/100 s				
1976	333	363	396	405	580	588	597	610
1977	352	315	336	368	363	339	408	443
1978	488	490	560	667	494	481	564	610
1979	296	324	360	395	320	359	380	354
1980	487	563	563	659	485	573	630	629
Gns. Mean	391	411	447	499	448	468	516	529
LSD				75				

lem tilført kvælstofmængde og stigning i indhold af NH₂-N under opbevaringen. Det samlede indhold af urenheder målt som impurity value havde på grund af sukbertabet den største relative stigning ved ugødet og lidt lavere stigninger, som ikke adskilte sig signifikant, ved gødningsmængderne 80–240 kg N pr. ha.

Indholdet af invertsukker steg kraftigt under opbevaringen og øjensynligt uden sammenhæng med kvælstoftilførslen (tabel 6). I gennemsnit af alle forsøg og behandlinger har inverteringen udgjort knap 10% af det samlede sukbertab. Stigningen i glucoseindholdet har i overensstemmelse med det teoretisk forventede udgjort halvdelen af stigningen i invertsukkerindholdet.

Raffinoseindholdet steg kraftigt i 1976 og faldt i 1978, medens det i de øvrige år udviste små udsving, øjensynligt uden sammenhæng med kvælstofgødsningen (tabel 6). I gennemsnit var raffinosedannelsen ansvarlig for ca. 1% af sukbertabet.

Diskussion

Det største sukkerudbytte opnåedes det enkelte år ved tilførsel af en kvælstofmængde, der i nogen grad var afhængig af regnmængden og dermed udvaskningen i vækstperioden og den forudgående vinter. Af de 4 afprøvede N-mængder var 80 N dog gennemgående den, der gav det bedste økonomiske resultat. I overensstemmelse hermed

Tabel 7. Sukkertab, spiring og råd efter opbevaring i 56 døgn ved 8° C
Sugar loss, sprouting and rot after storage for 56 days at 8° C

		Tilført N, kg/ha <i>N applied, kg/ha</i>			
		0	80	160	240
		Sukkertab, g/t-døgn <i>Sugar loss, g/t-days</i>			
1976	156	132	124	138	138
1977	143	113	120	143	143
1978	189	174	213	191	191
1979	148	117	130	128	128
1980	154	74	110	99	99
Gns. Mean	158	122	139	140	140
LSD		21			
		Sukkertab, % <i>Sugar loss, %</i>			
Gns. Mean	5,00	3,93	4,64	4,79	4,79
LSD		0,70			
		Spirer, % af tørstof <i>Sprouts, % of dry matter</i>			
Gns. Mean	0,39	0,48	0,51	0,54	0,54
LSD		0,06			
		Roer med råd, % <i>Roots with rot, %</i>			
Gns. Mean	50	49	43	40	40
LSD		5			

opnåedes i en tidligere undersøgelse (*Augustinussen*, 1980) et større sukkerudbytte for 75 end for 150 kg N pr. ha.

Tabet af sukker under opbevaringen var lavest hos de roer, der havde fået tilført 80 kg N pr. ha. Da denne mængde var den optimale for sukkerudbyttet, kunne der synes at være et sammenhæng mellem vækstbetingelser og opbevarings-egenskaber. En sådan tendens er tidligere iagttaget for fodersukkerroer (*Augustinussen*, 1972). Endvidere er sammenhæng mellem lav åndingsintensitet og optimal gødsning iagttaget for sukkerroer (*Koster et al.*, 1980).

Sukkertabet under opbevaring skyldes hovedsagelig 3 elementer: ånding, rådgreb og invertering. Åndingens størrelse er blandt andet afhængig af roens specifikke overflade (*Burba*, 1976), og de ugødede roers mindre størrelse kan

måske have medvirket til en større ånding og dermed et større sukkestab i disse roer. I andre undersøgelser, hvor roestørrelsen formentlig har været holdt ens, har åndingen været stigende med kvælstoftilførslen (*Dexter et al.*, 1966; *Burba*, 1976) eller upåvirket (*Akeson et al.*, 1979). Årsagen til en stimulering af åndingen ved kvælstoftilførsel kan blandt andet være en forøgelse af spiringen.

Angreb af rådsvampe på roerne aftog betydeligt med stigende kvælstoftilførsel, hvilket tidligere er iagttaget i foderbeder (*Bakermans*, 1962). Da rådgrebene i alle tilfælde var lave, har det næppe påvirket sukkestabet i nævneværdig grad.

Invertsukkerindholdet var ikke påvirket af kvælstoftilførsels størrelse hverken før eller efter opbevaringen, og stigningen under opbevaringen har gennemsnitligt været ens i alle forsøgsled. *Akeson et al.* (1979) kom til samme resultat i deres undersøgelse, medens såvel *Wieninger* og *Kubadinov* (1973) som *Burba* og *Nitzschke* (1973) fandt et stigende indhold af invertsukker med stigende kvælstofgødsning.

Raffinoseindholdet viste en svag stigning med kvælstoftilførslen i lighed med, hvad der har været tilfældet i andre undersøgelser (*Wieninger & Kubadinov*, 1973; *Burba & Nitzschke*, 1973 og *Akeson et al.*, 1979). Under opbevaringen skete der i nogle år en stigning og i andre et fald i raffinoseindholdet, men uden sammenhæng med kvælstofgødskningen. Processens retning synes foruden af temperaturen at være afhængig af raffinosekoncentrationen ved høst (*Vukov*, 1971; *Augustinussen & Smed*, 1979).

Sukkersaftens indhold af Na og K øgedes kun lidt ved tilførsel af kvælstof, hvorimod indholdet af NH₂-N udviste en betydelig stigning, idet ca. ¼ af det meroptagne kvælstof gik over i letopløselige kvælstofforbindelser. Dette medfører en betydelig forringelse af saftkvaliteten. Under lagringen forøgedes NH₂-N-indholdet yderligere, men øjensynligt uden fast sammenhæng med kvælstoftilførslen. Frigørelsen af NH₂-N under lagringen forøges med temperaturen (*Augustinussen & Smed*, 1979). I enkelte undersøgelser er der dog sket en reduktion i indholdet under lagring, fortrinsvis ved lave temperaturer (*Dexter et al.*, 1966; *Wyse & Dexter*, 1970).

Konklusion

Ved dyrkning af sukkerroer opnås ved moderat kvælstofgødskning såvel det største sukkerudbytte som det laveste sukkertab under opbevaring.

Saftkvaliteten ved høst forringes med stigende kvælstofgødskning, hovedsageligt på grund af et stigende indhold af letopløselige kvæstofforbindelser. Under opbevaringen forringes saftkvaliteten ved dannelse af opløselige kvæstofforbindelser og ved invertering, men forringelsens omfang synes at være uafhængig af kvælstoftilførslen.

Litteratur

- Akeson, W. R., Westfall, D. G., Henson, M. A., & Stout, E. L. (1979): Influence of nitrogen fertility level and topping method on yield, quality, and storage losses in sugarbeets. *Agron. J.* 71, 292-297.
- Augustinussen, E. (1972): Tørstoftab og ændringer i den kemiske sammensætning hos foderroer under opbevaring i kule. *Tidsskr. Planteavl* 76, 230-243.
- Augustinussen, E. (1980): Kvælstof, natrium- og kaliumgødningers indvirkning på sukkerroers udbytte og saftkvalitet. *Tidsskr. Planteavl* 84, 179-189.
- Augustinussen, E. & Smed, E. (1979): Temperaturens indvirkning på sukkertab og kemiske omdannelser under opbevaring af fabriksukkerroer. *Tidsskr. Planteavl* 82, 549-563.
- Bakermans, W. A. P. (1962): Bewaring van voederbieten, deel I. *Versl. landbouw-k. onderz. nr. 68.10. Wageningen.*
- Burba, M. (1976): Atmung und Saccharosestoffwechsel lagernder Zuckerrüben. *Z. Zuckerind.* 26, 647-658.
- Burba, M. & Nietzschke, U. (1973): Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Zuckerrüben während der Vegetationszeit III. Glucose, Fructose, Galactose und Raffinose. *Zucker* 26, 356-366.
- Carruthers, A. & Oldfield, J. F. T. (1962): Methods for the assessment of beet quality. *Proc. XIth sess. CITS, September 1960, 224-248.*
- Carruthers, A. & Oldfield, J. F. T. & Teague, H. J. (1963): Beurteilung der Rübenqualität. *Z. Zuckerind.* 13, 23-31.
- Claassen, H. (1930): *Die Zuckerfabrikation. Schallehn und Wollbrück, Magdeburg.*
- Dexter, S. T., Frakes, M. G. & Nichol, G. (1966): The effect of low, medium and high nitrogen fertilizer rates on the storage of sugar beet roots at high and low temperatures. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 14, 147-159.
- Koster, P. B., Raats, P. & Jorritsma, J. (1980): The effects of some agronomical factors on the respiration rates of sugar beet. *IIRB, Proc. 43rd Winter Congress, Brussels, 109-125.*
- Landsudvalget for Driftsøkonomi (1973): *Landboforeningernes driftsøkonomiske virksomhed 1972-73, p. 75.*
- Schoenrock, K. W. R. & Costesso, D. (1975): The spectral photometric determination of sucrose in sugar beets and sugar beet products via specific enzyme systems. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 18, 349-359.
- Vukov, K. (1971): Zusammenfassende Wertung der Temperatureinflüsse bei der langfristigen Lagerung von Zuckerrüben. *Zucker* 24, 626-631.
- Wieninger, L. & Kubadinow, N. (1973): Die Stickstoffdüngung und ihre Auswirkungen auf technologische Qualitätsmerkmale der Zuckerrübe 26, 65-70.
- Wyse, R. E. & Dexter, S. T. (1971): Effect of agronomic and storage practices on raffinose, reducing sugar, and amino acid content of sugar beet varieties. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 16, 369-383.

Manuskript modtaget den 9. november 1981.