

Kvælstof-, natrium- og kaliumgødningers indvirkning på sukkerroers udbytte og saftkvalitet

*Influence of nitrogen, sodium and potassium
fertilizers on yield and quality of sugar beet*

Erik Augustinussen

Resumé

I årene 1971–77 er der ved Roskilde forsøgsstation foretaget en undersøgelse af virkningen af forskellige kvælstof-, natrium- og kaliumgødninger ved moderat og højt gødningsniveau på sukkerroers udbytte og saftkvalitet. Ved moderat niveau tilførtes 75 kg kvælstof pr. ha i kalksalpeter, chilesalpeter, svovlsur ammoniak og natriumkalkammonsalpeter, kalksalpeter + kogsalt (samme natrium mængde som i forsøgsleddet med chilesalpeter) og kalksalpeter + kaligødning (indeholdende en med natrium i chilesalpeter ækvivalent kalium mængde). Ved højt gødningsniveau tilførtes de dobbelte mængder. Der målttes udbytte og saftkvalitet (sukkerprocent samt indhold af Na, K og $\text{NH}_2\text{-N}$).

Forøgelse af kvælstoftilførslen fra 75 til 150 kg kvælstof pr. ha medførte gennemsnitligt et fald i sukkerudbyttet på 2,3–3 hkg pr. ha, et fald i sukkerindholdet på ca. 0,5 procentenheder og en forøgelse af saftens urenheder (målt som impurity value, I.V.) på ca. 16 pct. Stigningen i I.V. skyldtes et øget indhold af aminokvælstof, medens natrium- og kaliumindholdet forblev uforandret.

Anvendelse af svovlsur ammoniak gav samme sukkerudbytte som anvendelse af kalksalpeter, men en lidt bedre saftkvalitet. Der opnåedes stort set samme merudbytte for tilførsel af natrium i chilesalpeter og i kogsalt samt af kalium, nemlig 3,5–4 hkg sukker pr. ha uanset gødningsniveau. Ved moderat tilførsel af natrium eller kalium på det lave kvælstofniveau steg sukkerindholdet 0,1–0,3 procentenheder og I.V. forblev uændret, medens der ved tilførsel af de dobbelte mængder på det høje kvælstofniveau ikke skete ændringer i sukkerprocenten, men en forøgelse af I.V. på ca. 13 pct. Hverken natrium- eller kaliumtilførsel ændrede aminokvælstofindholdet i sukkersaften, men natriumtilførsel øgede både natrium- og kaliumindholdet, medens kaliumtilførsel øgede kalium- og sænkede natriumindholdet. Anvendelse af natriumkalkammonsalpeter gav i sammenligning med kalksalpeter et lille merudbytte og uændret saftkvalitet.

Nøgleord: Kalium, kvælstof, natrium, saftkvalitet, sukkerroe, udbytte.

Summary

In the years 1971–77 an examination was carried out at Roskilde Research Station on the effect of various nitrogen, sodium and potassium fertilizers at moderate and high level on the yield and juice quality of sugar beet. The moderate level was achieved by application of 75 kg N/ha in the form of calcium nitrate, Chilean nitrate, ammonium sulphate and sodium/calcium ammonium nitrate, calcium nitrate + common salt (same Na-content as in the treatment with Chilean nitrate) and calcium nitrate + potassium (containing an amount of K equivalent to Na in Chilean nitrate). Double the amount of

fertilizer was applied for the high level treatment. Yield and quality of juice (percentage of sugar and content of Na, K and $\text{NH}_2\text{-N}$) were measured.

An increase of the nitrogen application from 75 to 150 kg N per ha caused on average a decrease in the sugar yield of 2.5–3 hkg per ha; the sugar percentage decreased by 0.5 units and the impurity value (I.V.) increased by 16 per cent. The increase of I.V. was due to a higher content of amino nitrogen while the content of sodium and potassium remained unchanged. The yield of sugar was the same with the application of ammonium sulphate as with the application of calcium nitrate, but the quality of the juice was a little better. With the application of sodium in Chilean nitrate or in common salt and with the application of potassium the same yield increase was generally achieved, i.e. 3.5–4 hkg sugar per ha, irrespective of the level of fertilizing. By applying sodium or potassium moderately the sugar percentage increased by 0.1–0.3 and I.V. remained unchanged while application of double the amounts resulted in no change in the sugar percentage but an increase of 13 per cent in I.V. Neither sodium nor potassium application changed the content of amino nitrogen in the sugar juice, but sodium application increased the content of both sodium and potassium while application of potassium increased the potassium content but decreased the sodium content. Application of sodium/calcium ammonium nitrate resulted in a slightly higher yield and an unchanged juice quality, compared to calcium nitrate.

Key words: Juice quality, nitrogen, potassium, sodium, sugar beet, yield.

Indledning

Sukkerroers tekniske værdi set i relation til produktionen af sukker beror på en række faktorer af biologisk, kemisk, fysisk og industriel art (Burba, 1975). Blandt de kemiske egenskaber, der er af betydning for sukkerudbyttet, er ikke blot saccharoseindholdet, men også indholdet af en række letopløselige forbindelser, hvis tilstedeværelse øger saccharosetabet til melassen. Ifølge Carruthers og Oldfield (1962) skyldes ca. 70 pct. af saccharosetabet natrium- og kaliumsalte, som øger saccharosens opløselighed, samt kvælstofforbindelser, som reducerer den nyttige alkalitet. Indholdet af natrium, kalium og aminokvælstof benyttes derfor i en række formler til estimering af saftkvaliteten og melassens sukkerindhold (Reinefeld *et al.*, 1974).

Da kvælstof, natrium og kalium både er vigtige næringsstoffer for roerne og indgår i forbindelser, der er blandt de største melassedannere, er et nøjere kendskab til sammenhængen mellem tilførsel af disse stoffer og roernes udbytte og saftkvalitet af væsentlig betydning. Derfor påbegyndtes i 1971 ved Roskilde forsøgsstation en række forsøg, hvis hovedformål var at belyse indflydelsen på saftkvaliteten af forskellige gødningstyper tilført ved 2 niveauer.

Tidligere forsøg

Allerede i 1876 fastslog Ladureau, at kvælstofindholdet i sukkerroer står i omvendt forhold til sukkerindholdet, og i 1888 anvendte Herzfeld begrebet »skadeligt kvælstof« (Burba, 1977). Headden (1912) påviste, at roernes procentiske sukkerindhold faldt med stigende tilgængelighed af kvælstof i jorden, og senere undersøgelser har vist, at saftrenheden nedsættes ved tilførsel af såvel uorganiske som organiske kvælstofgødninger (Stout, 1961, Hills & Ulrich, 1971).

I de senere år er forbruget af kvælstof steget, således at der i mange tilfælde er tale om overgødskning. Resultatet heraf er reduceret sukkerudbytte og forringet saftkvalitet (Schmehl *et al.*, 1963, Tinker, 1965, Baldwin & Stevenson, 1969).

Chilesalpeter har været meget anvendt til sukkerroer, idet man har kunnet konstatere en udbytteforøgende virkning af natriumindholdet (Christensen, 1919, Dorph-Petersen & Steenbjerg, 1949). I de senere år er flydende ammoniak og andre billigere kvælstofgødninger blevet afprøvet, og forsøgene tyder på, at disse gødninger suppleret med natriumsalte i nogen grad kan erstatte chilesalpeter (Olesen & Hedegaard, 1971). Samtidig er specielle kvælstofgødninger med et vist natriumindhold under afprøvning.

Bederoer er praktisk taget den eneste landbrugsafgrøde, som natrium har positiv udbyttevirkning overfor (*Dam Kofoed & Fogh, 1971*), og det kan kun i en vis udstrækning ombyttes med kalium, idet det i adskillige undersøgelser er fastslået, at natrium har gødningsvirkning selv ved tilstedeværelse af store kaliummængder (*Tinker, 1965, Olesen, Hedegaard & Jessen, 1965*). Natriumtilførsel har i nogle tilfælde ført til et faldende sukkerindhold (*Bonjour, 1971*), i andre til uforandret eller svagt øget indhold (*Tinker, 1965*). *Draycott et al.* (1970) fandt et forøget natriumindhold i sukkersaften ved natriumgødsning, og *Olesen og Hedegaard* (1966) målte nær en fordobling af rodens natriumindhold efter tilførsel af kogsalt eller kainit.

Kalium optages i mængder på 100–200 kg pr. ha af en sukkerroeafrø og en vis tilførsel synes i de fleste tilfælde rentabel (*Olesen et al., 1961*). I en del forsøg har kaliumtilførsel i forbindelse med rigelig natriumtilførsel ikke givet merudbytte (*Tinker, 1965, Bonjour, 1971, Adams, 1971*). Tilførsel af kalium har i nogle tilfælde øget sukkerprocenten svagt, medens indflydelsen på saftkvaliteten var lille (*Tinker, 1965, Winner, 1967*). *Tinker* (1965) fandt dog et stigende kaliumindhold i roden ved kaliumtilførsel, medens *Draycott og Cooke* (1967) konstaterede en reduktion af aminokvælstofindholdet.

Forsøgenes gennemførelse

Markforsøgene er gennemført efter følgende plan, hvor gødningsmængderne er angivet i kg pr. ha.

- 1 A 75 N i kalksalpeter (ks) *calcium nitrate*
- 2 A 75 N i kalksalpeter + 123 Na i kogsalt (NaCl)
common salt
- 3 A 75 N i kalksalpeter + 209 K i kaligødning (KCl)
potassium chloride
- 4 A 75 N + 123 Na i chilesalpeter (ch)
chilean nitrate
- 5 A 75 N i svovlsur ammoniak (sv.am.)
ammonium sulphate
- 6 A 75 N + 23 Na i natriumkalkkammonsalpeter (NaKas)
sodium/calcium ammonium nitrate
- 1 B 150 N i kalksalpeter
- 2 B 150 N i kalksalpeter + 246 Na i kogsalt
- 3 B 150 N i kalksalpeter + 418 K i kaligødning

- 4 B 150 N + 246 Na i chilesalpeter
- 5 B 150 N i svovlsur ammoniak
- 6 B 150 N + 46 Na i natriumkalkkammonsalpeter

Natriumkalkkammonsalpeter var ikke med i forsøget i 1971, idet gødningen først kom på markedet i den anvendte form i 1972. Da denne gødning har et borindhold på 0,2 pct., er der til de øvrige forsøgsled tilført tilsvarende bormængder fra 1972. Alle forsøgsled blev grundgødet med 500 kg superfosfat pr. ha, hvorimod der ikke er grundgødet med kalium. Der er i forsøgsled 2 tilført samme mængde Na i form af kogsalt som i forsøgsled 4 i form af chilesalpeter. Mængden af K i forsøgsled 3 er ækvivalent med mængden af Na i forsøgsledene 2 og 4 (indeholder samme antal mol).

Jordens reaktionstal samt indhold af fosfat og ombytteligt kalium og natrium fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Jordbundsanalyser før gødsning
Soil analysis before fertilizing

	Rt	Ft*)	Kt**)	Nat***)
1971	7,3	6,4	26,7	2,1
1972	7,0	7,2	15,5	1,4
1973	6,8	6,0	13,9	2,4
1974	7,0	4,6	10,3	2,6
1975	6,5	6,4	12,9	2,1
1976	6,9	6,6	10,8	1,8
1977	6,6	7,4	9,9	2,3

*) mg P/33 1/3 g soil

**) mg K/100 g soil

***) mg Na/100 g soil

I alle forsøg blev benyttet sukkerroe Monova, der er monogerm og triploid. Datoer for gødsning, såning, udtynding og optagning fremgår af nedenstående oversigt.

	gødsning	Dato for:		
		såning	udtynding	optagning
1971	30/4	29/4	1/6	18/11
1972	27/4	25/4	31/5	8/11
1973	25/4	24/4	30/5	22/10-12/11
1974	4/4	19/4	27/5	7/10-5/11
1975	14/4	2/5	27/5	7/11
1976	13/4	28/4	31/5	8/11
1977	15/4,23/5	4/5	3/6	7/11

Gødningen blev i de 3 første år tilført efter såning, men da den for de store mængders vedkommende havde en stærkt hæmmende virkning på fremspiringen, blev den de følgende år tilført og nedharvet før såning. Alligevel blev fremspiringen meget dårlig i 1976, og i 1977 blev gødningen derfor tilført ad 2 gange.

Frøet blev udsået med 4-5 cm afstand, og der blev udtyndet til 30 cm planteafstand (fra 1975 25

cm). Optagning fandt de fleste år sted først i november, i 1973 og 1974 dog over en længere periode. For at undgå at udbytte eller saftkvalitet skulle påvirkes af mangelfuld plantebestand, høstedes kun parceller eller dele heraf med en rimelig plantebestand i såvel høstrækker som naborækker. Vækstforholdene i de enkelte år fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Temperatur (gns.) og nedbør i vækstperioden
Temperature (mean) and precipitation during the growth period

	Marts-April		Maj-Juni		Juli-Aug.		Sept.-Okt.	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1971	3,0	74	12,6	109	16,4	108	10,7	94
1972	4,5	92	11,7	167	16,5	118	9,5	46
1973	4,8	81	12,7	71	16,6	106	9,8	145
1974	5,7	26	11,9	68	15,3	169	9,9	135
1975	4,0	86	12,4	50	18,1	86	11,6	102
1976	2,6	33	12,7	63	17,1	44	10,6	93
1977	3,9	80	13,1	44	15,6	96	10,8	66
Normal (1931-60)	4,0	64	13,1	82	16,7	128	10,9	113

Ud over tørstof- og sandbestemmelser er der i normalsaft fremstillet ved varmtvandsekstraktion (80°C i 20 min.) foretaget polarimetrisk sukkerbestemmelse samt i et filtrat fremstillet ved koldt vandsekstraktion uden tilsætning af blyacetat målt Na og K ved flammefotometri og NH₂-N efter en modifikation af Moore & Steins metode (Carruthers & Oldfield, 1962). Et samlet udtryk for urenhederne, impurity value (I.V.) er beregnet efter formelen $2,5 \times K + 3,5 \times Na + 10 \times NH_2-N$, hvor K, Na og NH₂-N er målt i mg pr. 100 g polysukker (Carruthers *et al.*, 1963). I tørstof af rod og top er bestemt en række mineralstoffer.

Resultater

Spiring

Fremspiringen i marken blev målt i 3 år, og resultaterne fremgår af tabel 3. Ved det høje gødningsniveau (forsøgsleddene B 1-6) var spiringsprocenten gennemsnitligt 12 enheder lavere end ved det lave gødningsniveau, og den største forskel forekom i 1976, hvor foråret var usædvanlig tørt,

og hvor saltkoncentrationen i jordvæsken derfor formentlig har været højere end normalt. Ved det lave gødningsniveau var der kun små forskelle mellem spiringsprocenterne. Ved det høje gødningsniveau var spiringen stærkt hæmmet i de to forsøgsled, hvor der tilførtes to salte (B 2 og B 3), medens spiringen i de 4 øvrige forsøgsled var nogenlunde ens. Den reducerede spiring i B 2 og B 3 kan udover en saltvirkning skyldes en hæmmende effekt af kloridionerne. Fremspiringen var for de fleste forsøgsleds vedkommende tilstrækkelig stor til at sikre en god plantebestand efter udtynding, men i forsøgsleddene B 2 og B 3 var plantebestanden ved optagning meget mangelfuld både i 1973 og i 1976, og kun dele af parcellerne kunne høstes forsøgsmæssigt.

Udbytte

Udbyttet af rod fremgår af tabel 4. Tilførsel af kalksalpeter og svovlsur ammoniak gav de laveste udbytter, ca. 450 hkg pr. ha, medens tilførsel af kogsalt hævede udbyttet op til samme niveau

Tabel 3. Fremspiring i marken, pct.
Emergence in the field, per cent

	A						B					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1973.....	60	56	55	69	64	62	54	36	31	58	58	55
1974.....	57	51	52	58	55	49	46	37	43	52	54	52
1976.....	57	56	52	62	60	61	46	31	20	48	47	47
Gns. Mean.....	58	54	53	63	60	57	49	35	31	53	53	51

som for chilesalpeter, nemlig ca. 470 hkg pr. ha. Kaligødning havde en næsten lige så god virkning som kogsalt, hvorimod natriumkalkkammonsalpeter med dets relativt lave indhold af natrium kun kunne øge udbyttet i forhold til kalksalpeter ganske lidt. For alle gødninger gælder, at de stort set har givet samme rodudbytte ved de to mængder.

Sukkerudbyttet (tabel 4) var klart højest ved den moderate gødningsmængde. Mellem de enkelte gødninger varierede sukkerudbyttet omtrent som rodudbyttet. Der var tendens til vekselvirkning mellem gødningsart og -niveau, idet sukkerudbyttet tilsyneladende led mindre under overgødskning med chilesalpeter end med svovlsur ammoniak. Der var ret stor årsvariation både

Tabel 4. Rod-, sukker- og topudbytte samt sukkerindhold i rod. Gns. af 7 forsøg, 1971-77
Yield of root, sugar and leaves and content of sugar in root. Mean of 7 trials, 1971-77

	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas	Gns. Mean	LSD ₉₅
Rodudbytte, hkg/ha <i>Yield of root, hkg/ha</i>								
A	449	470	462	467	455	460	461	i.s. n.s.
B	449	470	463	475	440	453	458	
Gns. Mean	449	470	463	471	448	457		
LSD ₉₅	8							
Sukker i rod, hkg/ha <i>Sugar yield of root, hkg/ha</i>								
A	76,7	81,3	80,0	80,1	78,1	78,6	79,1	2,2
B	74,3	78,0	77,0	79,3	73,9	75,1	76,3	
Gns. Mean	75,5	79,6	78,5	79,7	76,0	76,9		
LSD ₉₅	1,6							
Toptørstof, hkg/ha <i>Dry matter of leaves, hkg/ha</i>								
A	40,9	43,1	43,1	40,5	39,1	41,2	41,3	3,4
B	49,1	51,3	52,1	48,5	48,6	52,0	50,3	
Gns. Mean	45,0	47,2	47,6	44,5	43,9	46,6		
LSD ₉₅	2,3							
Sukker i rod, pct. <i>Sugar percentage of root</i>								
A	17,04	17,27	17,34	17,12	17,11	17,04	17,15	0,23
B	16,50	16,54	16,58	16,56	16,66	16,57	16,57	
Gns. Mean	16,77	16,91	16,96	16,84	16,89	16,81		
LSD ₉₅	i.s. n.s.							

med hensyn til udbyttensniveau og merudbytter (hovedtabel 1).

Toptørstofudbytterne fremgår af tabel 4. Merudbyttet på i gennemsnit 9 kg pr. ha ved det høje gødningsniveau var først og fremmest en kvælstofvirkning. Chilesalpeter har givet samme udbytte som kalksalpeter, men i forhold hertil har både kaligødning og kogsalt givet et lille merudbytte. De samme to stoffer havde en reducerende virkning på toppens tørstofindhold, medens chilesalpeter kun sænkede tørstofprocenten lidt i forhold til kalksalpeter. Forøgelse af kvælstoftilførslen fra 75 til 150 kg pr. ha medførte en tendens til lavere tørstofprocent.

Kvalitetsmæssige egenskaber

Sukkerprocenten i roden var i de fleste forsøg påvirket stærkt af gødningstilførslen (tabel 4 og hovedtabel 1). I gennemsnit af alle år og for alle gødninger var sukkerindholdet ca. 0,6 procentenheder lavere ved den høje end ved den lave

gødningsmængde. Ved den høje mængde var de gennemsnitlige sukkerprocenter meget nær ens for alle gødninger, men i de enkelte år var der dog en del variation i rækkefølgen. Derimod var der ved det lave gødningsniveau et ret konstant merindhold i roerne fra de parceller, der var tilført kogsalt eller kaligødning i forhold til roerne fra de rent kalksalpetergødede parceller. Kun i 1976 var tendensen modsat, men det skyldes uden tvivl, at roerne på grund af ringe plantebestand i de natrium- eller kaliumgødede parceller var betydeligt større end i de rent salpetergødede parceller.

Koncentrationen af natriumioner i sukkersaften fremgår af tabel 5. Ved det lave gødningsniveau var der en svag tendens i retning af, at natriumtilførsel øgede natriumindholdet i sukkersaften, medens kaliumtilførsel reducerede det. Ved det høje gødningsniveau skete der en kraftig forøgelse af natriumindholdet i de natriumgødede forsøgsled, dog har det ringe natriumindhold i natriumkalkammonsalpeter ikke formået at slå

Tabel 5. Na, K, $\text{NH}_2\text{-N}$ samt I.V. i sukkersaft, mg/100 g sukker. Gns. af 7 forsøg, 1971-77
Na, K, $\text{NH}_2\text{-N}$ and I.V. in brei extract, mg/100 g sugar. Mean of 7 trials, 1971-77

	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas	Gns. Mean	LSD ₉₅
Na								
A	56	64	43	68	50	53	55	11
B	56	112	50	118	60	61	76	
Gns. Mean	56	88	47	93	55	57		
LSD ₉₅								
8 K								
A	769	831	855	764	768	779	794	41
B	770	916	1046	804	753	793	847	
Gns. Mean	770	874	951	784	760	786		
LSD ₉₅								
30 $\text{NH}_2\text{-N}$								
A	160	145	145	154	149	150	151	15
B	221	222	227	230	203	208	219	
Gns. Mean	191	184	186	192	176	179		
LSD ₉₅								
12 I.V.								
A	3717	3769	3741	3685	3582	3634	3688	211
B	4334	4904	5066	4742	4128	4294	4578	
Gns. Mean	4026	4336	4403	4213	3855	3964		
LSD ₉₅				173				

Tabel 6. Indhold af mineralstoffer i rod- og tørstof, pct. Gns. af 6 forsøg, 1972-77
Content of minerals in dry matter of root and leaves, per cent. Mean of 6 trials, 1972-77

	A						B					
	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas
<i>Rod Root</i>												
N	0,81	0,77	0,77	0,80	0,79	0,79	0,90	0,90	0,96	0,93	0,90	0,87
NO ₃ -N	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Na	0,06	0,07	0,06	0,09	0,06	0,06	0,07	0,13	0,06	0,14	0,07	0,07
K	0,66	0,71	0,71	0,65	0,67	0,68	0,66	0,76	0,85	0,68	0,69	0,69
Ca	0,30	0,30	0,28	0,29	0,27	0,29	0,33	0,29	0,30	0,28	0,30	0,33
Mg	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
P	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
<i>Top Leaves</i>												
N	2,09	2,07	2,06	2,12	2,14	2,15	2,37	2,40	2,38	2,41	2,40	2,38
NO ₃ -N	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,11	0,12	0,11	0,15	0,12	0,11
Na	1,23	1,43	1,06	1,58	1,31	1,29	1,37	1,76	1,11	1,74	1,32	1,34
K	2,57	2,76	3,30	2,57	2,96	2,94	2,62	2,51	3,45	2,33	2,69	2,43
Ca	0,95	0,86	0,93	0,84	0,87	0,89	1,03	0,85	1,06	0,70	0,84	0,91
Mg	0,21	0,19	0,20	0,18	0,21	0,21	0,23	0,19	0,20	0,18	0,22	0,21
P	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23

igennem i sukkersaften. Kvælstofgødningerne har ikke indvirket signifikant på natriumindholdet.

Kaliumindholdet i sukkersaften blev forøget både ved kalium- og natriumtilførsel, men forblev uændret ved kvælstoftilførsel (tabel 5). Kogsalt havde større virkning på kaliumindholdet end chilesalpeter. Natriumkalkammonsalpeter havde kun en ubetydelig effekt over for kaliumindholdet. Der var et ret stærkt sammenhæng mellem jordens indhold af ombytteligt kalium (tabel 1) og sukkersaftens kaliumindhold (hovedtabel 1).

Aminokvælstofindholdet i sukkersaften forøgedes i betydelig grad ved forøgelse af kvælstoftilførslen, men næppe nævneværdigt ved tilførsel af mineralstofferne (tabel 5). Der var en tendens i retning af, at NH₂-N-indholdet øgedes mere ved nitrat- end ved ammoniumtilførsel, men forskellen var ikke signifikant på 95 pct. niveauet.

De samlede ændringer i saftkvaliteten som de kommer til udtryk i impurity value, ses af tabel 5. Ved det lave gødningsniveau var der kun små forskelle mellem størrelserne for de enkelte gødninger, medens der ved det høje niveau var bety-

delige forskelle. Fordoblingen af gødningsmængderne øgede i gennemsnit I.V. med 24 pct. Anvendelse af ammoniumgødning (sv.am.) resulterede i en lavere I.V. end anvendelse af nitratgødning (ks), medens brug af natriumkalkammonsalpeter, der er halvt ammonium – halvt nitratgødning, resulterede i en intermediær I.V.-værdi.

Mineralstofindhold

Rod- og toptørstoffets indhold af total-kvælstof, nitratkvælstof og mineralstoffer fremgår af tabel 6.

Kvælstofindholdet i både rod og top var uafhængigt af arten af den tilførte kvælstofgødning, og det påvirkedes kun svagt af mængden. Nitratindholdet i rodtørstoffet var lavt og upåvirket af både gødningsart og -mængde, hvorimod indholdet af nitrat i toptørstoffet var noget højere. Det blev i gennemsnit af alle gødninger nær fordoblet med gødningsmængden, men stigningen var størst efter tilførsel af chilesalpeter.

Natriumindholdet i rodtørstoffet var i gennemsnit 0,08 pct., medens det i toptørstoffet var ca. 1,4 pct. Gødningstilførslen havde nær samme

Tabel 7. Total mængde af mineralstoffer i rod + top, kg/ha. Gns. af 6 forsøg, 1972-77
Total amount of minerals in root + leaves, kg/ha. Mean of 6 trials, 1972-77

	A						B					
	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas	1 Ks	2 Ks + NaCl	3 Ks + KCl	4 Ch.	5 Sv.am.	6 NaKas
N	171	177	175	176	153	176	211	223	228	221	218	212
NO ₃ -N	4,7	4,6	4,2	4,5	4,3	4,6	8,1	10,1	9,3	11,1	8,6	8,1
Na	57	70	55	74	47	60	75	104	64	100	76	75
K	175	200	222	177	165	196	198	213	272	189	212	196
Ca	71	72	71	66	57	69	85	76	88	65	75	80
Mg	19	19	20	20	18	20	22	21	21	21	22	21
P	22	24	24	24	21	23	24	26	25	26	25	24

forholdsmæssige virkning på indholdet i de to plantedele. Natriumtilførsel øgede indholdet noget og kvælstoftilførsel øgede det lidt, medens tilførsel af kalium sænkede natriumindholdet, især i toppen. Tilførsel af natriumkalkammonsalpeter havde samme virkning på natriumindholdet i rod og top som tilførsel af kalksalpeter og svovlsur ammoniak.

Kaliumindholdet var gennemsnitligt 0,7 pct. i rodtørstoffet og 2,8 pct. i toptørstoffet. Indholdet i rodtørstoffet påvirkedes ikke af kvælstofgødskningen, men øgedes ved tilførsel af kaligødning og kogsalt. I toptørstoffet var det procentiske indhold af kalium gennemgående højere ved de moderate gødningsmængder end ved de store; i forsøgsleddene, der blev tilført kalium, var det dog omvendt. Indholdet af kalcium, magnesium og fosfor i rod og top påvirkedes ikke eller kun svagt af de tilførte gødningsstoffer.

Den samlede mængde af kvælstof og mineralstoffer i rod + top er anført i tabel 7. Størstedelen af forskellen i mængderne mellem de to gødningsniveauer må tilskrives den betydeligt større tørstofmængde i toppen ved det høje gødningsniveau. I forhold til de tilførte gødningsmængder er der dog tale om beskedne stigninger.

Diskussion

Markfremspiringen formindskedes med stigende gødningstilførsel, men det må antages, at denne effekt i væsentlig grad skyldes, at gødningen af

forsøgstekniske grunde først kunne udbringes kort tid før såning. Da den økonomisk optimale gødningstilførsel ydermere synes at ligge nærmest det lave gødningsniveau, skulle gødskningen under praktiske forhold ikke behøve at genere fremspiringen. I overensstemmelse hermed konkluderer *Skriver* (1978) på grundlag af en forsøgsrække i landbo- og husmandsforeningerne, at deling af kvælstoftilførslen normalt ikke er nødvendig for at undgå spirehæmning.

Det samlede tørstofudbytte i rod og top blev i gennemsnit størst ved det høje gødningsniveau, hvorimod der i alle forsøg og for alle kvælstofformer opnåedes størst sukkerudbytte ved det lave gødningsniveau. Tilførslen af de sidste 75 kg kvælstof pr. ha har således ændret top/rodforholdet i betydelig grad. Da den gennemsnitlige bortførsel med afgrøden ved det lave gødningsniveau var ca. 175 kg kvælstof pr. ha, må frigørelse fra jord og tilførsel fra luften have bidraget med mindst 100 kg kvælstof pr. ha. Ved det høje gødningsniveau var optagelsen kun 75 kg kvælstof pr. ha større end tilførslen; her har udvaskningen muligvis været større end ved det lave niveau. I landbo- og husmandsforeningernes forsøg (*Skriver*, 1978) samt i flere udenlandske undersøgelser (*Jonsson*, 1967, *Tinker*, 1965, *Boyd et al.*, 1970) har den mest rentable N-tilførsel været 60-120 kg kvælstof pr. ha. Kvælstoffets stimulerende virkning på topvæksten har måske været en medvirkende årsag til den ret udbredte overdosering.

Foruden nedgang i sukkerudbyttet har fordoblingen af kvælstofmængden medført en forringelse af saftkvaliteten. Dels er sukkerprocenten faldet med ca. 0,5 enhed, dels er aminokvælstofindholdet i sukkersaften steget med ca. 38 pct. Dette er i overensstemmelse med en lang række tidligere forsøgsresultater (*Burba*, 1977). Tilførsel af 40 kg kvælstof pr. ha har dog i enkelte forsøg hævet sukkerindholdet (*Draycott et al.*, 1974). Fordoblingen af kvælstofmængden har ikke påvirket natrium- eller kaliumindholdet i sukkersaften eller rodtørstoffet. I modsætning hertil fandt *Draycott* og *Durrant* (1971) en forøgelse af både natrium- og kaliumindholdet i roden ved kvælstoftilførsel, dog i sammenligning med ugødet.

Virkningen af svovlsur ammoniak har været fuldt på højde med virkningen af kalksalpeter, hvad sukkerudbytte angår, og bedre, hvad angår saftkvalitet. Samme tendens er fundet i en række undersøgelser refereret af *Hills* og *Ulrich* (1971).

Tilførsel af natrium og kalium har i de fleste år givet sikre merudbytter af sukker og desuden hævet sukkerprocenten lidt ved det lave gødningsniveau. På grund af en forholdsvis stor årsvariation har det ikke været muligt at påvise et sammenhæng mellem jordens indhold af tilgængeligt natrium og kalium og merudbyttet for tilførsel af disse stoffer. Et sådant forhold er konstateret i engelske undersøgelser (*Durrant et al.*, 1974, *Draycott & Durrant*, 1976), der endvidere har vist, at kaliumvirkningen i modsætning til natriumvirkningen er afhængig af rigelig nedbør i foråret. Heller ikke denne relation har kunnet påvises i nærværende undersøgelse.

Natrium- og kaliumtilførsel har kun påvirket indholdet af urenheder i sukkersaften ganske lidt ved det lave gødningsniveau, men noget mere ved det høje. Tilførsel af kalium har øget kaliumindholdet og sænket natriumindholdet i sukkersaften, hvorimod tilførsel af natrium både har øget natrium- og kaliumindholdet. Tilsyneladende har tilførsel af kalksalpeter + natriumklorid øget kaliumindholdet i sukkersaften mere end tilførsel af tilsvarende kvælstof- og natriummængder i form af chilesalpeter. I overensstemmelse hermed har *Tinker* (1965) og *Draycott et al.* (1970) konstateret en forøgende effekt på kaliumindholdet af natri-

um tilført som klorid eller sulfat. Derimod har den af *Draycott et al.* (1970) fundne sænkning af aminokvælstofindholdet ved tilførsel af natrium og kalium ikke kunnet bekræftes i nærværende undersøgelse.

Natriumindholdet i natriumkalkammonsalpeter var selv ved det høje gødningsniveau for lavt til at kunne påvirke saftrenheden nævneværdigt.

Konklusion

En fordobling af kvælstofmængden til sukkerroer fra 75 til 150 kg pr. ha medfører en forringelse af saftkvaliteten og kan reducere markspiring og sukkerudbytte. Ammoniumgødninger er udbyttemæssigt fuldt på højde med nitratgødninger og giver en bedre saftrenhed. Natrium og kalium tilført i moderate mængder forøger sukkerudbyttet og forringer ikke saftkvaliteten. Kogsalt + kalksalpeter har stort set samme virkning som chilesalpeter. Natriumindholdet i natriumkalkammonsalpeter har ved moderat tilførsel en lille, positiv effekt på sukkerudbyttet og påvirker ikke saftkvaliteten.

Litteratur

- Adams, S.N.* (1961): The effect of sodium and potassium fertilizer on the mineral composition of sugar beet. *J.agric.Sci.* 56, 383-388.
- Baldwin, C.S. & Stevenson, C.K.* (1969): The effect of nitrogen on yield, per cent sucrose, and clear juice purity of sugarbeets. *J.Am.Soc.Sug. Beet Technol.* 15, 522-527.
- Bonjour, R.A.* (1971): Wirkung des Natriums bei der Düngung von Zuckerrüben. *Schweizerische Landw. Forsch.* 10, 216-223.
- Boyd, D.A., Tinker, P.B.H., Draycott, A.P. & Last, P.J.* (1970): Nitrogen requirement of sugar beet grown on mineral soils. *J.agric.Sci., Camb.* 74, 37-46.
- Burba, M.* (1975): Evaluation of the sugar beet according to its technical quality. *J.Am.Soc. Sug.Beet Technol.* 18, 360-377.
- Burba, M.* (1977): Der Stickstoff als qualitätsbestimmender Faktor im Stoffwechsel der Zuckerrübe. *Zucker* 30, 173-186.
- Carruthers, A. & Oldfield, J.F.T.* (1962): Methods for the assessment of beet quality. *Proceedings of the XIth session of the CITS, September 1960*, 224-248.
- Carruthers, A., Oldfield J.F.T. & Teague, H.J.* (1963): Beurteilung der Rübenqualität. *Z. Zuckerind.* 13, 23-31.

- Christensen, H.R.* (1919): Forsøg med kogsalt og kalisaltes. Tidsskr. Planteavl 26, 737-823.
- Dam Kofoed, A. & Fogh, H.Th.* (1971): Gødskning med natrium til forskellige landbrugsafgrøder. Tidsskr. Planteavl 75, 176-182.
- Dorph-Petersen, K. & Steenbjerg, F.* (1949): Forsøg med natriumholdige gødninger. Tidsskr. Planteavl 52, 484-519.
- Draycott, A.P. & Cooke, G.W.* (1967): The effects of potassium fertilizers on quality of sugar beet. Proc. of the 8th Congress of the International Potash Institute, Brussels, 1966, 131-135.
- Draycott, A.P. & Durrant, M.J.* (1971): Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on sugar beet. J. agric. Sci., Camb. 76, 269-275.
- Draycott, A.P. & Durrant, M.J.* (1976): Response by sugar beet to potassium and sodium fertilizers, particularly in relation to soils containing little exchangeable potassium. J. agric. Sci., Camb. 87, 105-112.
- Draycott, A.P., Durrant, M.J. & Last, P.J.* (1974): Effect of fertilizers on sugar beet quality. Int. Sug. J. 76, 355-358.
- Draycott, A.P., Marsh, J.A.P. & Tinker, P.B.H.* (1970): Sodium and potassium relationships in sugar beet. J. agric. Sci., Camb. 74, 568-573.
- Durrant, M.J., Draycott, A.P. & Boyd, D.A.* (1974): The response of sugar beet to potassium and sodium fertilizers. J. agric. Sci., Camb. 83, 427-434.
- Headden, W.P.* (1912): Deterioration in quality of sugar beets due to nitrates formed in the soil. Colo. Agr. Exp. Sta. Bull. 183, 178.
- Hills, F.J. & Ulrich, A.* (1971): Nitrogen nutrition, p. 112-135. In R.T. Johnson, Alexander, J.T., Rush, G.E. & Hawkes, G.R. (eds.) Advances in sugarbeet production: principles and practices. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- Jonsson, L.* (1967): Kalksalpeter som partiell ersättning för chilesalpeter till sockerbeter. Lantbr. Högsk. Meddn. Mark-Växter 17, Serie A, No. 78, pp. 25.
- Olesen, J. & Hedegaard, J.* (1966): Forsøg med kvælstof, fosfor og kalium samt magnesium og mikronæringsstoffer. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1965, 264-265.
- Olesen, J. & Hedegaard, J.* (1971): Forsøg med kvælstof, fosfor, kalium og natrium samt magnesium og mikronæringsstoffer. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1970, 363-368.
- Olesen, J., Hedegaard, J. & Jessen, K.* (1965): Forsøg med kvælstof, fosfor og kalium samt magnesium og mikronæringsstoffer. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1964, 216-220.
- Olesen, J., Ullerup, B. & Hedegaard, J.* (1961): Forsøg med fosforsyre og kali samt svovl, magnesium og mikronæringsstoffer. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1960, 187-189.
- Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. & Beiss, U.* (1974): Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. Zucker 27, 2-15.
- Schmehl, W.R., Finkner R. & Swink, J.* (1963): Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beets. J. Am. Soc. Sug. Beet Technol. 12, 538-544.
- Skriver, K.* (1978): Natriumholdige kvælstofgødninger til bederoer. Oversigt over Forsøg og Undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1977, 113-114.
- Stout, M.* (1961): A new look at some nitrogen relationships affecting the quality of sugar beets. J. Am. Soc. Sug. Beet Technol. 11, 388-98.
- Tinker, P.B.H.* (1965): The effects of nitrogen, potassium and sodium fertilizers on sugar beet. J. agric. Sci., Camb., 65, 207-212.
- Winner, C.* (1967): Düngung, Überdüngung and Qualität der Zuckerrübe. Proc. of the 8th Congress of the International Potash Institute, Brussels, 1966, 89-106.

Manuskript modtaget den 9. oktober 1979.

Hovedtabel 1. Sukkerudbytte og saftkvalitet
Sugar yield and juice quality

	A						B					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	Sukker, hkg/ha						Sugar, hkg/ha					
1971	81,9	85,0	83,3	84,5	80,9	—	79,5	80,1	81,8	85,6	80,5	—
1972	83,2	88,8	85,4	88,3	89,2	86,1	85,9	85,7	80,1	88,5	83,9	82,8
1973	67,8	76,5	76,1	72,3	68,9	71,4	67,6	74,8	70,5	76,3	72,9	68,2
1974	79,9	82,5	82,6	85,0	80,5	84,0	71,9	76,4	78,2	77,7	68,1	74,0
1975	69,7	75,4	73,1	71,4	71,5	68,9	67,2	71,2	71,2	71,6	63,1	68,6
1976	62,2	67,4	64,3	65,4	65,6	64,2	62,4	62,8	62,2	61,4	61,7	63,1
1977	92,1	93,2	94,9	94,1	90,4	93,2	85,4	94,9	94,9	93,9	87,2	89,0
	Sukker, pct.						Sugar, percentage					
1971	16,97	17,06	17,90	17,13	17,19	—	16,80	16,52	16,69	17,47	16,96	—
1972	17,46	17,80	17,64	17,61	17,73	17,68	17,39	17,35	17,01	17,29	17,55	17,29
1973	16,62	17,11	17,33	16,81	16,72	16,84	16,06	16,59	16,55	16,37	16,68	16,28
1974	16,47	16,53	16,45	16,39	16,24	16,31	15,54	15,67	15,71	15,89	15,72	15,58
1975	16,98	17,42	17,34	16,98	17,11	16,91	16,30	16,28	16,18	15,23	16,09	16,34
1976	16,55	16,47	16,28	16,39	16,47	16,24	16,11	15,49	15,77	15,54	15,89	16,02
1977	18,24	18,49	18,43	18,56	18,34	18,31	17,29	17,91	18,15	18,13	17,76	17,66
	Na, mg/100 S											
1971	36	51	13	34	16	—	11	72	7	64	31	—
1972	79	80	65	91	68	73	79	113	68	147	78	95
1973	68	70	45	78	67	63	66	109	59	134	67	68
1974	64	75	49	80	56	57	74	156	65	128	75	81
1975	53	57	43	76	54	58	62	112	62	177	69	73
1976	62	86	62	87	63	65	72	145	69	130	69	74
1977	27	30	22	30	23	25	29	56	23	43	34	23
	K, mg/100 S											
1971	1102	1229	1212	1032	1041	—	1121	1408	1534	1184	1095	—
1972	793	821	874	782	814	793	771	891	1042	790	730	758
1973	619	688	629	658	670	654	605	764	844	680	602	601
1974	813	897	951	823	813	848	900	1006	1176	847	827	871
1975	772	866	857	790	798	797	767	924	1074	854	765	829
1976	690	724	805	664	657	693	668	798	967	696	667	677
1977	594	595	650	599	583	563	559	619	683	580	583	611
	NH ₂ -N, mg/100 S											
1971	253	230	221	228	225	—	298	288	297	309	276	—
1972	165	146	144	155	145	153	225	220	223	227	192	200
1973	168	142	134	157	152	135	235	213	223	221	194	219
1974	141	129	140	140	139	143	233	199	205	212	214	211
1975	137	109	117	135	132	136	221	221	234	264	209	217
1976	156	166	175	161	150	158	191	264	271	235	189	192
1977	101	95	87	100	99	96	146	152	139	144	144	136