

Forsøg med nitrattilførsel på ionbytter. II

Ved ERIK POULSEN

629. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

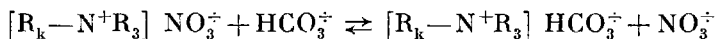
Ved statens forsøgsstation Blangstedgaard, udførtes i 1958 et orienterende karforsøg med nitrattilførsel på ionbytter til gul sennep (614. beretn.) Forsøget viste, at tilførsel af store mængder nitrat på ionbytter kan ske uden stigning i jordens ledningstal og dermed uden saltskade på den pågældende afgrøde. I 1959-60 er tilsvarende forsøg udført med tomater og agurker. Resultaterne heraf fremlægges i nærværende beretning, der er udarbejdet af assistent, lic. agro. Erik Poulsen, Blangstedgaard.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Indledning

Tomater og agurker er nogle af drivhusgartneriets vigtigste kulturer, og ved gødskningen af disse må der ikke alene tages hensyn til udbyttets størrelse, men i høj grad også til afgrødernes tidlighed, frugtstørrelse m.m. Specielt synes kvælstofgødskningen at volde problemer på grund af de uorganiske kvælstofgødningers lette opløselighed og dermed følgende muligheder for saltskade efter tilførsel og underforsyning af kvælstof efter vanding. Overdosering af kvælstof medfører mindre udbytte og senere modning, medens underforsyning giver et tidligt, men for lille udbytte.

Ved at tilføre nitrat på ionbytter kan disse gener næsten helt ophæves. Den i forsøgene anvendte ionbytter, Dowex 2, består af et højmolekylært polystyren-divinylbenzen-skelet med kvaternære ammoniumgrupper, hvortil ionbytningsevnen knytter sig. Ved iblanding af ionbytteren på nitratform i jorden vil nitrattet efterhånden udbyttes med andre ioner i jordvæsken, og her vil der i størst udstrækning være tale om bikarbonationer (HCO_3^-) dannet ved rodåndingen. Følgende skema kan anskueliggøre processen:



hvor R_K angiver den del af det højmolekylære kompleks, hvortil der er substitueret een kvaternær ammoniumgruppe ($-N^+R_3$). Ligningen angiver en ligevægtsproces, og ligevægten er derfor afhængig af de pågældende ioners koncentration (aktivitet). Overskud af bikarbonat vil forskyde ligevægten til højre og således frigøre nitrat. Optagelse af nitrat vil ligeledes forskyde ligevægten til højre, medens en nitrattilførsel vil få processen til at forløbe i modsat retning.

En anions affinitet til bytteren vil – foruden af ionens koncentration – også afhænge af dens valens, størrelse og struktur, og man taler i denne forbindelse om selektionskoefficienter. Det kan blot her nævnes, at for Dowex 2 har nitrat en væsentlig større selektionskoefficient end bikarbonat, hvilket vil sige, at nitrat lettere fortrænger bikarbonat fra bytteren end omvendt. Der skal således et ret stort overskud af bikarbonat til at medføre en fuldstændig fortrængning af nitrat (SAMUELSEN 1952, DEUEL og HUTSCHNEKER 1954).

Beretningen omfatter, foruden et kar- og et rammeforsøg med sammenligning af ionbytter- og salpetertilført nitrat, et karforsøg med nedbrydning og eftervirkning af ionbyttere, der har ligget i jorden vinteren over.

I. Karforsøg med sammenligning af ionbytter- og salpetertilført nitrat til tomater

I a. Forsøgets anlæg

Forsøget blev udført efter den i tabel 1 anførte forsøgsplan. Der anvendtes 6 fælleskar pr. forsøgsled, således at de 3 fælleskar var 15 liter standarddyrkningskar med lukket bund, og de 3 andre fælleskar var 12 liter plasticspande med et lille hul i bunden. Efter tarering med skærver blev karrene fyldt med 15 kg jord og spandene med 13 kg jord. Den færdige jordblanding bestod efter rumfang af 90 pct. svær lerjord (Blangstedgaard) og 10 pct. sphagnum og viste følgende analysetal: $R_t = 7,36$, $T_K = 19,4$, $F_t = 9,1$, $TM_g = 12,0$ og $L_t = 2,95$. Da pH 7,36 er ret højt til tomater, tilsattes som eneste grundgødning 7 g svovl pr. kar og spand. De tilførte gødninger blev iblandet hele jordmængden og i ens mængder

til kar og spande. Der blev vandet med ledningssvand til karrene gennem siderør fra bunden og til spandene på overfladen. Vandmængden blev den første måned efter udplantning holdt på 50 pct. af vandkapaciteten og derefter sat op til 60 pct. Præparering af bytteren er omtalt i 614. beretning.

Afgrøden var tomater af sorten Potentat, plantet 27. april 1959 og fjernet 4. september samme år.

I b. Resultater

Tabel 1. Forsøgsplan, ledningstal og samlet tomatudbytte (Ks = kalksalpeter, By = ionbytter, mMho = ledningsevne af mættet jordekstrakt)

Forsøgsled			Jordens saltkoncentration			Udbytte		
nr.	tilført	dyrket i	anlæg Lt	d. $\frac{4}{9}$ Lt	anlæg mMho 25° C	gtomater pr. plante	gens. af kar og sp.	g pr. tomat
1 a	Ugødet.....	kar	2.95	2.70	4.10	1800	1600	55
1 b	—	spand	2.95	2.64	4.14	1400		50
2 a	2 g N i Ks.....	kar	3.65	2.71	5.96	2990	2795	68
2 b	—	spand	3.85	2.70	5.64	2600		60
3 a	4 g N i Ks.....	kar	4.79	3.02	7.26	3410	2925	63
3 b	—	spand	5.21	2.75	7.83	2440		64
4 a	6 g N i Ks.....	kar	6.10	2.63	9.68	3170	2695	72
4 b	—	spand	6.58	2.04	10.63	2220		67
5 a	2 g N på By.....	kar	2.55	2.17	4.50	3120	3030	64
5 b	—	spand	2.58	2.19	4.61	2940		60
6 a	4 g N på By.....	kar	2.62	1.38	4.06	3780	3650	68
6 b	—	spand	2.66	1.69	4.09	3520		68
7 a	6 g N på By.....	kar	2.82	1.19	4.68	4120	4145	79
7 b	—	spand	2.88	1.41	4.66	4170		65
8 a	2 g N i Ks + 2 g N i	kar	3.84	2.73	5.48	4100	3630	69
8 b	Ks d. $\frac{27}{5}$ + 2 g N i Ks d. $\frac{17}{6}$	spand	4.01	2.42	5.31	3160		79
9 a	2 g N på By + 2 g N i	kar	2.43	1.84	4.31	3950	3970	73
9 b	Ks. d. $\frac{27}{5}$ + 2 g N i Ks d. $\frac{17}{6}$	spand	2.47	2.06	4.35	3990		61
10 a	2 g N på By + 2 g N	kar	2.48	1.80	4.13	3690	3630	79
10 b	i Ks den $\frac{17}{6}$	spand	2.56	2.38	4.18	3570		81

Tabel 1 viser – som ventet – en stigning i jordens ledningstal for tilførsel af kalksalpeter, medens tilførsel af nitrat på ionbytter

ikke forandrer jordens ledningstal. Det fremgår også, at ledningstallene ved anlæg er lidt højere i spande end i kar, da de samme kalksalpetermængder er fordelt på henholdsvis 13 og 15 kg jord.

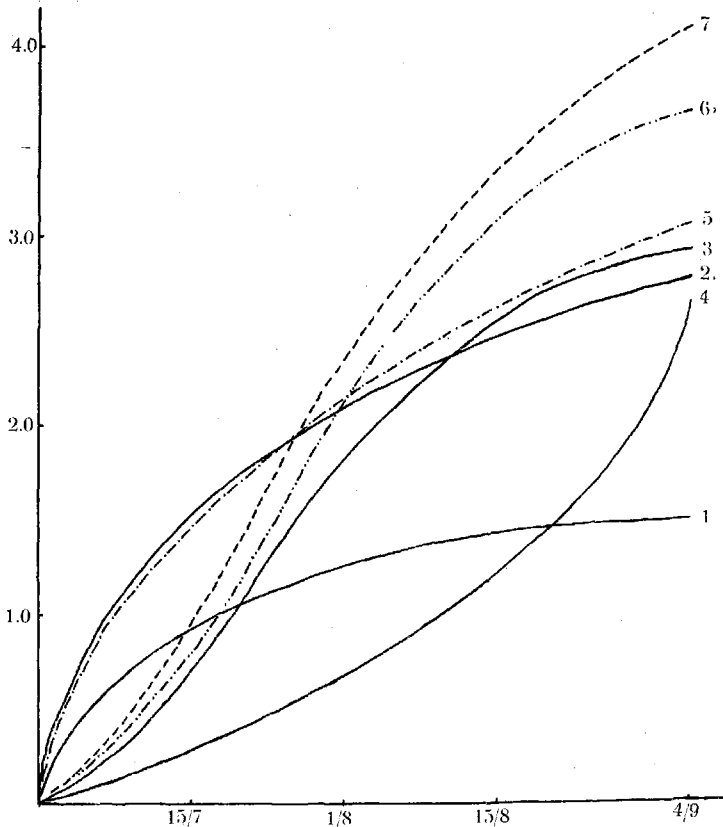
Ved forsøgets afslutning den 4. september er ledningstallene næsten ens forsøgsleddene imellem og lidt lavere i salpetergødede spande end i de tilsvarende kar, hvilket tyder på, at der er foregået nogen nitratudvaskning ved vanding af spandene, selvom vandmængden er holdt forholdsvis lavt. Til sammenligning med ledningstallene – målt ved forsøgets anlæg – er der også i tabel 1 anført ledningsevne af mættet jordekstrakt (RICHARDS 1954), og disse målinger viser næsten samme forhold forsøgsleddene imellem, men et højere niveau.

Tabel 1 viser endvidere det totale (røde + grønne) tomatudbytte pr. plante. Tomaterne er plukket samlet fra henholdsvis hvert forsøgsleds 3 kar og 3 spande, og en grafisk interpolation af udbytteresultaterne i tabel 1 viser, at forsøgsleddene med kalksalpeter (tilført ved anlæg) har maksimalt udbytte på 3,0 kg for en tilførsel af 3,5 g N, medens nitrat på ionbytter med et udbytte på 4,1 kg for 6 g tilført N endnu ikke har nået maksimalt udbytte. Forsøgsleddene med tilførsel af nitrat på ionbytter ved anlæg kombineret med senere tilførsel af kalksalpeter viser et lidt lavere udbytte end ren ionbyttertilførsel. Derimod viser forsøgsleddet med 3×2 g N i salpeter et betydeligt lavere udbytte end 6 g N på bytter ved anlæg, men et væsentligt større udbytte end 6 g N i salpeter tilført ved anlæg.

Sammenlignes i tabel 1 udbyttet i kar med udbyttet i spande ses et interessant forhold. I forsøgsleddene med nitrat tilført på ionbytter er udbyttet næsten ens i kar og spande, medens udbyttet i forsøgsleddene 2, 3, 4 og 8 med samlet eller delt kalksalpeter tilførsel er væsentligt lavere i spande end i kar. Forsøgsleddene med kombineret ionbytter- og salpeter tilførsel viser igen næsten ens udbytte i kar og spande.

Som før nævnt må der ved siden af det kvantitative udbytte også tages hensyn til tomaternes størrelse og tidlighed. Tabel 1 viser, at tomaterne i det ugødede forsøgsled er noget mindre end i de øvrige forsøgsled, og at frugtstørrelsen synes at stige lidt med kvælstoftilførslen uden reelle forskelle mellem salpeter- og ionbyttertilførsel. Udbyttets tidlighed synes i afgørende grad præget

kg tomater pr. plante



Figur 1. Forsøg I. Tomatudbytte som funktion af tiden. Gennemsnit af kar og spande. De ved kurverne tilføjede tal refererer til forsøgslednummer i tabel 1.

af forsøgsbehandlingen, hvilket fremgår af figur 1, der viser tomatudbyttet i de 7 første forsøgsled som funktion af tiden.

Det ses af figur 1, at medens forsøgsleddene 1, 2 og 5 fremtræder som konvekse kurver, er 3, 6 og 7 s-formede kurver og 4 er konkav kurve. Ugødet har således en ret stor del af det iøvrigt lave udbytte indenfor første plukkeperiode, medens 6 g N i kalksalpeter først begynder at yde et antageligt udbytte i sidste plukkeperiode. Tabel 2 viser, at stigende kvælstoftilførsel har bevirket stigende optagelse af såvel N som K, Ca, Mg og P. Kvælstofoptagelsen fra kar med nitrattilførsel på ionbytter er – navnlig for de store

Tabel 2. Optagne mængder N, K, Ca, Mg og P i g pr. plante, i frugter (T) og stængel + blade (B), samt procent af samlet optagelse, der ved høst findes i frugter.

Gennemsnit af kar og spande

Forsøgs- led nr.	N			K			Ca			Mg			P		
	T	B	% opt. i T	T	B	% opt. i T	T	B	% opt. i T	T	B	% opt. i T	T	B	% opt. i T
1	1.18	0.46	72	3.59	0.82	81	0.08	3.80	2.1	0.08	0.43	16	0.36	0.18	67
2	2.88	0.75	79	5.93	0.90	87	0.13	6.85	1.9	0.12	0.81	13	0.43	0.16	73
3	4.05	0.89	82	6.28	0.64	91	0.16	8.64	1.8	0.15	0.97	13	0.45	0.14	76
4	4.14	0.78	84	6.57	0.58	92	0.15	6.20	2.4	0.15	0.69	18	0.56	0.10	85
5	3.27	0.67	83	5.96	0.77	89	0.13	6.48	2.0	0.14	0.70	17	0.49	0.15	77
6	4.95	1.09	82	7.07	0.61	92	0.19	9.72	1.9	0.17	1.19	13	0.57	0.17	77
7	6.26	1.22	84	8.12	0.52	94	0.24	9.94	2.4	0.21	1.18	15	0.57	0.15	79
8	6.06	0.87	87	7.55	0.46	94	0.23	8.14	2.7	0.20	0.91	18	0.52	0.13	80
9	6.40	1.11	85	7.70	0.50	94	0.25	9.93	2.5	0.20	1.13	15	0.50	0.15	77
10	5.12	1.15	82	6.94	0.80	90	0.19	9.81	1.9	0.17	1.26	12	0.49	0.20	71
Gens.	4.43	0.90	83	6.57	0.66	91	0.18	7.95	2.2	0.16	0.93	15	0.49	0.15	77

mængders vedkommende - betydeligt større end fra kar med tilsvarende engangstilførsel af kalksalpeter, medens forsøgsledene med delt salpetertilførsel eller kombineret ionbytter- og salpetertilførsel giver meget nær samme optagelse som de rene ionbytterforsøgsled.

Det fremgår endvidere af tabel 2, at tomatplanterne har optaget 7-8 g K og Ca, 5-6 g N, ca. 1 g Mg og 0,6 g P pr. plante. K, N og P findes ved høst ganske overvejende i frugterne, medens Mg og særlig Ca fortrinsvis findes i stængel og blade. I overensstemmelse

Tabel 3. Relativt indhold af N, K, Ca, Mg og P i tørstof af frugter (T) og stængel + blade (B).

Gennemsnit af kar og spande

Forsøgs- led nr.	pct. N		pct. K		pct. Ca		pct. Mg		pct. P	
	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B
1....	1.12	0.86	3.43	1.55	0.073	7.20	0.070	0.81	0.35	0.36
2....	1.70	0.89	3.49	1.07	0.073	8.22	0.071	0.97	0.25	0.19
3....	2.27	0.92	3.51	0.70	0.090	9.18	0.082	1.03	0.25	0.15
4....	2.88	1.10	3.76	0.83	0.084	8.84	0.087	0.98	0.32	0.14
5....	1.76	0.88	3.20	1.00	0.071	8.38	0.072	0.91	0.26	0.19
6....	2.32	0.97	3.31	0.54	0.087	8.87	0.079	1.07	0.26	0.15
7....	2.52	1.14	3.27	0.47	0.088	9.29	0.085	1.10	0.23	0.14
8....	2.70	1.00	3.34	0.52	0.099	9.41	0.085	1.05	0.23	0.15
9....	2.65	0.98	3.19	0.44	0.103	8.71	0.083	0.99	0.21	0.13
10....	2.33	0.88	3.16	0.82	0.087	8.63	0.075	0.98	0.22	0.15

hermed bevirker stigende kvælstoftilførsel en relativ øget optagelse af K, N og P i frugter, medens frugternes andel i den samlede Ca og Mg optagelse formindskes.

Tabel 3 viser, at stigende kvælstoftilførsel giver stigende kvælstofindhold i både tomater og stængel + blade, og at den relative forøgelse af kvælstofindholdet er størst i frugterne. Stigende kvælstoftilførsel giver en svag forøgelse i tomaternes kaliumindhold, men en stærk formindskelse i stængel + blades kaliumindhold. Kalcium- og magnesiumindholdet øges både i frugter og vegetative organer med stigende kvælstoftilførsel, medens fosforindholdet falder stærkere i stængel + blade end i frugterne. Nitratindholdet var meget lavt både i frugterne og i stængel + blade og er derfor ikke angivet i tabellen.

II. Nedbrydning af ionbytteren

Det i forsøg I målte merudbytte ved anvendelse af nitrat tilført på ionbytter, sammenlignet med tilsvarende mængder nitrat tilført som kalksalpeter, forklares ved en eliminering af saltskade-fænomenerne. Da selve ionbytteren indeholder kvælstof, foreligger der dog den mulighed, at ionbytterens skelet nedbrydes mikrobielt og derved frigør kvælstof, der kommer planterne til gode.

Derfor gennemførtes i 1960 følgende forsøg:

a = grundgødet

b = grundgødet + 263 ml Dowex 2 på kloridform

c = grundgødet + 263 ml Dowex 2 på nitratform
(svarende til 5 g N).

Den anvendte jordblanding bestod af 4/5 svær lerjord fra Blangstedgaard og 1/5 sandmuldet jord fra Hornum og viste følgende analysetal: $R_t = 6,5$, $T_k = 9,2$ og $F_t = 8,0$. Forsøget blev udført i 12 liter spande med 13 kg tørjord, der blev grundgødet med 5 g svovlsur kali og 5 g superfosfat. Vandkapaciteten blev atter holdt på 50 pct. den første måned efter udplantning og derefter på 60 pct. Tomaterne af sorten Potentat blev plantet den 18. maj 1960 og fjernet den 15. september 1960.

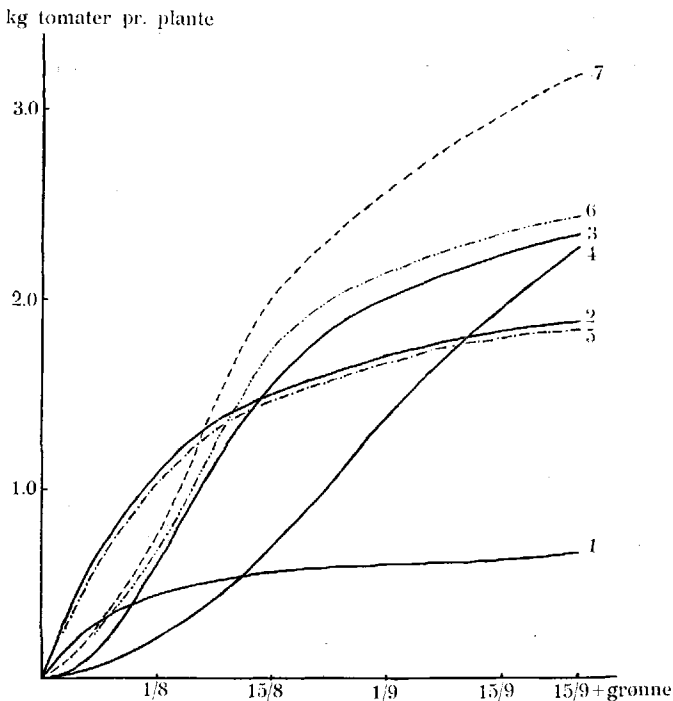
I vækstperioden var tomatplanterne i forsøgsleddene a og b meget lyse i bladfarven, og væksten var tydeligt præget af kvæl-

stofmangel. Frugtudbyttet blev følgende i g pr. plante: a = 385, b = 505, c = 2651. Nedbrydningen af ionbytterens skelet må således havde været meget ringe og anslås ud fra en grafisk interpolation af udbytteresultaterne at være mindre end 4 pct.

III. Eftervirkning af ionbyteren

Når nedbrydningen af ionbyteren i forsøg II findes at være af ringe omfang, må eftervirkningen være stor. Til belysning af dette forhold blev kar og spande med jord og jordblandede ionbyttere fra forsøg I's forsøgsled 1-7 opbevaret i drivhus vinteren over, og i 1960 benyttet til et eftervirkningsforsøg efter følgende plan:

1 = grundgødet, 2 og 5, 3 og 6, 4 og 7 = grundgødet + henholdsvis 2, 4 og 6 g N tilført i kalksalpeter, hvor forsøgsleddene 5, 6 og 7 indeholdt ionbyttere fra forsøg I. Der blev grundgødet



Figur 2. Forsøg III. Tomatudbytte som funktion af tiden. Gennemsnit af kar og spande. De ved kurverne tilføjede tal refererer til forsøgsbehandling, beskrevet under forsøg III.

med 8 g svovlsur kali, 6 g superfosfat og 15 ml 10 pct. H_3PO_4 pr. kar og spand. Forsøgs-og grundgødninger blev iblandet hele jordmængden. Vanding som i forsøg I, dog med opsamlet regnvand i stedet for ledningsvand. Afgrøden var tomater af sorten Potentat, plantet den 18. maj og ryddet den 15. september 1960.

Resultaterne fremgår af figur 2, der viser tomatudbyttet som funktion af tiden. Kurverne i fig. 2 viser meget nær samme form og placering i koordinatsystemet som fig. 1, hvilket betyder, at andet års virkningen er af samme størrelsesorden som første års virkningen. Udbyttene er lidt lavere i fig. 2, sandsynligvis på grund af forhold, som senere plantning, mindre antal solskins-timer i 1960 end i 1959 og mindre naturlig kvælstofreserve i andet års jorden.

IV. Rammeforsøg med sammenligning af ionbytter- og salpetertilført nitrat til tomater og agurker

Til afprøvning af ionbyttewirkningen under forsøgsbetingelser, der ligger praksis nærmere end karforsøg, anlagdes et rammeforsøg i en 1 m bred, 12 m lang og 30 cm dyb drivhusbænk, der deltes i 12 parceller a 1 m². Forsøgsplanen var:

a = 1 g N på ionbytter ved anlæg + 1/2 g N i kalksalpeter hver uge i 8 uger
 b = 1 - - i kalksalpeter - - + 1/2 g - - - - - 8 -

Disse mængder var pr. plante, og der plantedes 4 planter pr. parcel. De 6 parceller anvendtes til agurker (sort: Butcher), og de 6 andre til tomater (sort: Potentat). Jordblandingen består efter rumfang af 80 pct. Blangstedgaardjord og 20 pct. sphagnum. Der grundgødedes med 100 g svovlsur kali og 100 g superfosfat pr. m² (1000 kg/ha). Planterne udplantedes den 24. juni 1960.

Tabel 4. Planternes højde i cm pr. plante.
 Gennemsnit af 12 planter

Art	13/7 1960		25/7 1960		18/8 1960	
	a	b	a	b	a	b
Agurker højde i cm.....	28.7	27.3	75.2	72.4	—	—
relativ.....	100	95	100	96	—	—
Tomater højde i cm.....	19.2	16.0	40.2	35.3	103	99
relativ.....	100	83	100	88	100	96

Tabel 4 viser planternes højde som funktion af gødskning og tidspunkt i vækstperioden. Det fremgår, at planterne i ionbytterparcellerne er højere end i salpeterparcellerne, at forskellen er størst for tomaterne og aftagende med vækstperiodens længde.

Tabel 5 viser, at gennemsnitsvægten af agurkerne er nogenlunde ens forsøgsleddene imellem indenfor samme plukkeperiode, men faldende med tiden. Det mest reelle sammenligningsgrundlag er derfor en korrektion af antallet beregnet for samme gennemsnitsvægt, f.eks. 200 g. Det fremgår da af tabel 5, at der i første plukkeperiode er opnået 1,1 agurker mere pr. plante i forsøgsled a, indtil

Tabel 5. Udbytte af agurker. Antal og gennemsnitsvægt pr. agurk
Gennemsnit af 12 planter

Forsøgs- led	Indtil 1/9 1960		Indtil 14/9 1960		Indtil 28/9 1960	
	antal pr. plante	vægt pr. agurk	antal pr. plante	vægt pr. agurk	antal pr. plante	vægt pr. agurk
a	2.0	277	5.5	229	11.3	200
a korr. . .	2.8	200	6.3	200	11.3	200
b	1.2	290	4.5	225	10.7	196
b korr. . .	1.7	200	5.1	200	10.5	200

14/9 1960 1,2 agurker mere eller 19 pct. mere, og at det samlede merudbytte er 0,8 agurker eller 7 pct. højere udbytte i a. Merudbyttet er således mest fremtrædende i første plukkeperiode.

Udbyttet er ikke særlig stort, hvilket skyldes den sene udplantning i koldhus uden mulighed for at fyre om natten.

Tabel 6. Udbytte af tomater, kg pr. plante

	Indtil 1/10 røde	Indtil 14/10 røde	14/10 røde + grønne
a	0.15	0.69	3.06
b	0.03	0.42	2.77

Det fremgår af tabel 6, at der ved anvendelsen af ionbyttertilført nitrat har været et merudbytte, der næsten udelukkende opnås først i plukkesæsonen. Også i dette tilfælde måtte forsøget afbrydes, og de resterende tomater plukkes grønne, da planterne midt i oktober begyndte at lide under for lidt lys og varme.

DISKUSSION

RICHARDS (1954) angiver, at tomater hører til vore mest salttolerante afgrøder og viser, at en ledningsevne af mættet jordekstrakt på 10 millimhos/cm reducerer udbyttet med 50 pct. i forhold til udbyttet på den tilsvarende ikke saltholdige jord. Som sammenligning nævnes, at der kun skal 4 millimhos/cm til at reducere udbyttet af agurker med 50 pct.

EATON (1942) finder i et vandkulturforsøg med tomater, at ved høj saltkoncentration nedsættes frugtudbyttet forholdsvis mere end den vegetative part.

Sammenholdes disse opgivelser med de fundne resultater, ses det af tabel 1, at forsøgsled 4 (6 g N i Ks. ved anlæg) ved forsøgets begyndelse har en ledningsevne af mættet jordekstrakt på 10 millimhos/cm og et høstudbytte på 2,7 kg tomater. Som tilsvarende ikke saltholdige (og ikke næringsstofmanglende) jord vil det være rimeligt at sammenligne med forsøgsled 7 (6 g N på bytter) med et udbytte på 4,1 kg, hvilket giver en udbyttereduktion på 65 pct.

Når en udbyttereduktion på 50 pct. ikke opnås, skyldes det sikkert først og fremmest det forhold, der klart fremgår af fig. 1 og 2, at en *udbyttereduktion på grund af saltskade er en variabel funktion af tidspunkt i vækstperioden*, størst i den første del og mindst senere i vækstperioden. Dette forhold gælder både den vegetative udvikling (tabel 4) og frugtudbyttet (fig. 1 og 2, tabel 5 og 6).

Derved indføres en biologisk tidsfaktor, der gør bestemmelsen af en standardiseret udbyttereduktion af en given planteart under opgivne betingelser meget vanskelig. Både fig. 1 og 2 viser (for forsøgsleddene 4 og 7) en udbyttereduktion på 50 pct. ved slutningen af 4. plukkeperiode, 2 måneder efter plukning af de første frugter. Før dette tidspunkt er udbyttereduktionen større, og efter er den mindre.

Endnu vanskeligere bliver det, når man skal sammenligne saltkoncentrationens indflydelse på to eller flere plantearter med forskellig vækstrytme. Her vil den biologiske tidsfaktor gøre en sammenligning næsten umulig. Som før nævnt, fandt RICHARDS (1954), at agurker er meget mere følsomme for høj saltkoncentra-

tion end tomater, men tabel 4, der viser højden af tomater og agurker, som er dyrket og behandlet under fuldstændig ens forhold, viser for samme datoer, at højdereduktionen er størst for tomaterne. Tages der derimod hensyn til, at tomaterne har en væsentlig længere vegetativ udvikling, giver tabel 4 ens højdereduktion for agurker og tomater henholdsvis den 25. juli og den 18. august.

En medvirkende årsag til fremkomsten af en sådan biologisk tidsfaktor er sikkert det forhold, at forsøg I og III, såvel som de fleste af de af Richards (1954) refererede forsøg er udført under stærkt faldende saltkoncentration igennem forsøgsperioden, men endog forsøg IV – med meget moderate og delte gødningstilførsler – viser en biologisk tidsvariation.

Spørgsmålet, om man i ledningsbestemmelsen eller i ledningsevne af mættet jordekstrakt eller eventuelt i andre metoder finder den bedste målestok for saltkoncentrationens indflydelse på planternes vækst, skal ikke uddybes her, men blot nævnes, at det forholdsvise høje ledningstal i den ugødede jord (tabel 1) delvis må bero på den såkaldte »gipsfejl«, der tidligere er diskuteret af POULSEN (1956), LUNDSTEN (1958) og KLOUGART (1959).

Både i figur 1 og 2 fremtræder kurven for forsøgsled 6 og 7 som s-formede kurver i første plukkeperiode, hvilket tyder på, at nitratfrigørelsen fra den store ionbytttermængde har været for hurtig i vækstsæsonens begyndelse og har medført en svagere saltskade. Forsøg I's forsøgsled 9 og 10 og forsøg IV viser, at man opnår næsten den samme fordel af en mindre ionbytttermængde kombineret med senere tilførsel af salpeter som af en større ionbytttermængde tilført ved anlæg. En sammenligning af resultaterne fra kar og spande i forsøg I viser, at der ved ionbytteriblanding i jorden er opnået både en beskyttelse mod saltskade og mod for stærk udvaskning af senere tilført kalksalpeter.

Resultaterne i tabel 2 og 3 svarer til opgivelser af FRIIS NIELSEN (1960) med hensyn til optagne mængder og relativt indhold. Forskydningerne i planternes kemiske sammensætning ved stigende kvælstoftilførsel er i overensstemmelse med de af STEENBJERG (1954) fundne principper. Dog er det her fundne calciumindhold i blade + stængel højere end angivet i litteraturen, hvilket dels

kan skyldes, at planterne står i koldhus og dels jordens og vandingsvandets høje kalciumindhold.

Resultaterne i forsøg II og III viser, at den mikrobielle nedbrydning af ionbytteren i jorden er ringe, og eftervirkningen derfor meget stor og sandsynligvis flerårig.

KONKLUSION

Resultaterne fra karforsøgene viser, at en tilførsel af nitrat på ionbytter sammenlignet med den tilsvarende tilførsel af salpeter kan ske uden stigning af jordens ledningstal, og derfor uden salt-skade på den pågældende afgrøde (tomater). Iøvrigt synes en mindre ionbyttermængde iblandet i jorden også at forhindre en for stærk udvaskning af senere tilført kalksalpeter. Karforsøgene viser også, at en udbyttereduktion på grund af saltskade ikke er en konstant størrelse, men en funktion af tidspunktet i vækstperioden. Nedbrydningen af ionbyttere indblandede i jorden er ringe, og eftervirkningen næste år derfor stor. Rammeforsøg med forholdsvis små gødningsmængder viser – ligesom karforsøg – en fordel både i merudbytte og tidlighed ved anvendelse af ionbyttere.

Disse positive resultater synes at berettige en nøjere afprøvning af rentabiliteten ved anvendelsen af ionbyttere.

SUMMARY

Nitrate fertilization by means of anion exchange resins

Previous pot experiments (Poulsen 1959) showed that it is possible to add large amounts of nitrate, absorbed on an anion exchange resin to the soil without increasing the value of soil conductivity and without causing salt injuries to the crop (Yellow Mustard) in question.

The present work comprises four experiments. In experiment I a comparison is made of a) addition of increasing amounts of nitrate to soil as Ca-salt (table I, No 2, 3 and 4), and b) addition of similar amounts of nitrate absorbed on an anion exchange resin, Dowex 2 (table 1, No. 5, 6 and 7) and c) addition of resin and later additions of nitrate (table 1, No. 9 and 10). These experiments were carried out in pots with 15 kg soil and pails with 13 kg soil. The crop was tomato (Potentat).

For the biggest amounts added (6 g N) the yield was highest in b and only a little smaller in c, while it was low in a. The results indicate, that incorporation of resins in the soil protects the plants against salt

injury and prevents too heavy leaching of nitrate. It is shown in figures 1, that the yield of tomatoes is earlier from the resin pots than from the nitrate pots, and it is also shown, that the yield reduction caused by salt injury is a function of the stage of development. Table 2 shows the amounts of N, K, Ca, Mg and P taken up, and table 3 shows the relative content of these nutrients in dry matter of tomatoes (T) and stalk + leaves (B).

Experiment II concerns the problem of degradation of the resin itself in the soil. The skeleton of the resin contains N, parts of which might have been released during the growing season. Therefore, a comparison is made between a) pots without nitrogen, b) pots with 263 ml Dowex 2 on chloride form and c) pots with 263 ml Dowex 2 on nitrate form (corresponding to 5 g exchangeable N). The yield of tomatoes was a) 385 g pr. plant b) 505 g and c) 2651 g. From this it is concluded, that the degradation is very low and less than 4 per cent of the skeleton.

When the degradation is small, the effect of the resins next year must be large. To try this, the pots with soil and soil mixed resins from experiment I (No. 1-7) were kept in the greenhouse during the winter and next year used for experiment III, in which the same increasing amounts of nitrate were added to these pots.

The results of these treatments are shown in figure 2, which appears to be very similar to figure 1, indicating that the effect of the previously used resins is quite as good as the first year.

In experiment IV the response of the resins has been tried under conditions nearer to practice. In a greenhouse the soil was divided into plots between vertical plates and the following treatments were compared:

a = 1 g N on resin per plant at once and then 0,5 g N in nitrate every week in 8 weeks.

b = 1 g N in nitrate per plant at once and then 0,5 g N in nitrate every week in 8 weeks.

The experiment was carried out with tomato and cucumber, six plots of each. Even with these relatively small applications of nitrogen there is a good response to the applied resin as indicated by table 4, which shows the height of the plants, and table 5 and 6 showing the yield of cucumber and tomatoes, respectively.

LITTERATUR

- Deuel, H. und Hutschneker, 1954.* Über die Selektivität von Ionenaustauschern. Potassium Symposium 41-70. International Potash Institut, Zürich.
- Eaton, F. M. 1942.* Toxicity and accumulation of chloride and sulfate salts in plants. Journ. Agr. Res. 64: 357-399.

- Klougart, A.* 1959. Ledningstallet og måling af jordvædskens saltkoncentration. *Horticultura* 13. årg. nr. 10.
- Lundsten, T.* 1958. Saltindholdet i drivhusjord. Metoder til bestemmelse af jordens saltkoncentration. *Horticultura* 12. årg. nr. 3.
- Nielsen, B. Friis.* 1960. Tørstofudbytte og næringsstofoptagelse i tomat ved magnesiumtilførsel. *Tidsskr. for Planteavl* Bd. 63, 884-897.
- Poulsen, E.* 1956. Jordens saltkoncentration og målemetoder. *Horticultura*, 10. årg. nr. 10.
- Poulsen, E.* 1959. Nitrate fertilization by means of ion exchange. *Physiol. Plant.* Vol. 12, 826-833.
- Richards, L. A.* 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* U. S. Department of Agriculture.
- Samuelsen, O.* 1952. *Ion Exchangers in Analytical Chemistry.* Almqvist og Wiksell, Stockholm.
- Steenbjerg, F.* 1954. Manuring, plant production and the chemical composition of the plant. *Plant and Soil*, 5, 226-242.