

Forsøg på svær klægjord med kalk, gødning og såtid

Experiments on heavy marine clay with lime, fertilizers and sowing time

Th. Jessen

Resumé

På en svær klægjord er gennemført forsøg med kalk, superfosfat og kvælstof og forsøg med kalk og såtid. Forsøgene er gennemført i 13–14 år. I alle år er dyrket korn.

Kalk er tilført som éngangskalkning ved forsøgets anlæg. Superfosfat er tilført i årlige mængder.

Tilførsel af Ca-holdige midler som jordforbedringsmidler giver på de omhandlede jordtyper en god jordstruktur, hvor overskudsvand kan sive gennem overjorden til afdræning. Rodzonekapaciteten bliver større, og der opnås en øget virkning af tilført kvælstofgødning.

Der er opnået store merudbytter i alle dyrkede afgrøder. Tilførsel af kalk har givet en god forrentning af investeret kapital helt op til anvendelse af den største mængde på 80 t pr. ha. Tilførsel af superfosfat har været urentabel.

Der er betydelig vekselvirkning mellem kalk og superfosfat.

Kalkning giver et tidligere tjenligt såbed. Fremskyndet såning i forbindelse med kalkning giver et merudbytte på 1,3 hkg kerne pr. ha.

Nøgleord: Svær klægjord, kalk, superfosfat, kvælstof, såtid, korn.

Summary

Long term experiments were carried out on heavy marine clay soil with lime, fertilizers and sowing time.

Lime was applied in amounts of 10, 20, 40 and 80 t per hectare at the start of the experiment. Superphosphate was applied every year in amounts of 200, 400, 800 and 1600 kg per hectare. Lime contains c. 40% and superphosphate c. 21.5% calcium.

The addition of calcium, both in lime and in superphosphate, produces a better soil structure, a greater root zone capacity and an improved effect of nitrogen fertilization.

There is considerable reciprocal action between lime and superphosphate.

Liming was more economical than the use of superphosphate.

Liming brings forward the sowing time in spring, thereby producing an increase in yield of 1.3 hkg grain per hectare.

Key words: Heavy marine clay, lime, superphosphate, nitrogen, sowing time.

Indledning

Omkring Ringkøbing, Stadil og Nissum Fjorde i Vestjylland findes der flade landstrækninger, hvor jordtyperne er dannet som sedimentaflejringer.

I forbindelse med landvinding og afvandingsprojekter har Statens Planteavlsvforsøg fra midten af halvtredserne og til 1982 gennemført en række kultur- og dyrkningsforsøg på disse sedimentære jordtyper.

Forsøgene er gennemført med sigte på at opnå øget viden om forhold og teknik i forbindelse med dyrkning og udnyttelse af de ofte specielle jordtyper.

Fra naturens hånd er sedimenterne sure og kalkfattige, hvortil kommer, at natriumindholdet ofte er højt. Begge forhold medfører en dårlig jordstruktur. Grundlæggende dræning og kalkning er derfor nødvendig for at opnå rimelige dyrkningsvilkår.

Ved tilførsel af kalkholdige jordforbedringsmidler øges jordens indhold af calcium, og natrium bringes til udvaskning. Der bør på sådanne jordtyper tilstræbes et Ca-indhold på mindst 80% af den totale kationbelægning og et eventuelt Na-indhold bør ikke overstige 10%. Disse kriterier bør være opfyldte, for at overskudsvand kan sive gennem jorden til afdræning.

Jordbrugskalk indeholder ca. 40% calcium og superfosfat ca. 21,5%. Opløseligheden af calcium er større i superfosfat end i jordbrugskalk. Superfosfat er derfor kendt som et hurtigt virkende jordforbedringsmiddel på svære sedimentære jordtyper.

I denne beretning bliver der gjort rede for resultater af et forsøg med tilførsel af kalk, superfosfat og kvælstof. Forsøget lå på en jordtype med et ekstremt stort indhold af ler og silt.

Samtidigt skal omtales resultater af et forsøg med kalk og såtid, der også lå på dette forsøgsareal.

På det samme areal gennemførte Det Danske Hedeselskab i årene 1969–1976 forsøg med forskellige drændybder og drænaftande. Resultater herfra er meddelt i Hedeselskabets Beretning nr. 23 (Larsen & Andersen, 1980).

I kalkforsøg, som gennemføres som markforsøg, vil ukalkede og kalkede parceller ofte ligge sådan i forhold til hinanden, at en individuel jordbehandling og såning under hensyntagen til tjenlighed ikke kan gennemføres. Oftest vil det være såbedsforholdene i det seneste tjenlige led, dvs. ukalket, som bestemmer såtidspunktet også for de kalkled, hvor jorden formentlig har været tjenlig noget før. Eller også må der vælges et kompromis, hvor jorden i intet tilfælde er bekvem.

Kalkning giver en bedre hydraulisk ledningsevne i jorden, som medfører, at kalket jord er før tjenlig til såning end ukalket jord. På svære jordtyper og i tilfælde, hvor det drejer sig om udtalt kalktrang, kan denne tidsforskel være betydelig.

I betragtning af, at tidlig såning i sig selv giver udbyttefordele, og at såning i et dårligt såbed normalt giver anledning til udbyttetab, vil den optimale kalkvirkning ikke altid komme til udtryk i kalkforsøg, som gennemføres som markforsøg.

I ældre forsøg har en udskydelse af sådato på 12 dage medført et udbyttetab i byg på 3 hkg kerne pr. ha (Hansen, 1939). I tilsvarende forsøg 30 år senere har samme tidsinterval medført et tab på 0,5 hkg kerne pr. ha (Anonym, 1967).

Jordbundsforhold og arealets beliggenhed

Forsøgsarealet er beliggende på en sedimentflade i det vestjyske fjordområde på Holmsland syd for Stadil Fjord og vest for Vond Å.

Jorden består af klæg, som er aflejret på fersk- og brakvandstørv. De marine sedimenter har en dybde på ca. 1 m og tykkelsen af det underliggende tørvelag varierer mellem 70 og 150 cm. Lerindholdet er stort i hele sedimentets dybde og jordtypen kan betegnes som en meget svær lerjord (Hansen, 1976).

Natriumindholdet er stort i profilen under plovfureddybde, hvor calciumindholdet samtidig kun udgør 20–28% af den samlede kationbelægning. Det lave calciumindhold og det høje natriumindhold illustrerer i forbindelse med jordens store lerindhold en jordtype, hvor vandafledning og jordstruktur må forventes at være centrale faktorer i forbindelse med jordens udnyttelse.

Resultater af teksturbestemmelser er vist i tabel 1 og resultater af kemiske jordbundsanalyser er vist i tabel 2.

x. 1 N
y. 2 N
z. 3 N

1 N = : Hvede 45, vårsæd 35 kg

Tabel 1. Jordens tekstur, *Soil texture*
(Efter Larsen & Andersen, 1980)

Dybde <i>Depth</i>	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>	Grovsand <i>Coarse sand</i>	Humus <i>Org. matter</i>
cm	vægt %				
0-20	33	49	8	1	9
20-65	47	44	6	-	3
65-86	50	37	5	1	7
86-96	42	39	3	4	12

Forsøgsplaner

Jorden blev systematisk drænet i 1968. I 1969 blev anlagt 2 fastliggende faktorielle forsøg.

Plan I: Kalk, superfosfat og kvælstof

1. Ukalket
 2. 10 t CaCO₃
 3. 20 t CaCO₃
 4. 40 t CaCO₃
 5. 80 t CaCO₃
- tilført pr. ha ved anlæg i 1969

- A. 0 kg superfosfat (0 kg P)
 - B. 200 kg superfosfat (16 kg P)
 - C. 400 kg superfosfat (32 kg P)
 - D. 800 kg superfosfat (64 kg P)
 - E. 1600 kg superfosfat (128 kg P)
- tilført pr. ha årligt

Plan II: Kalk og såtid

1. Ukalket
2. Kalket med 80 t kalk pr. ha i 1970

- A. 1. såtid,
såning, når kalket jord er tjenlig
- B. 2. såtid,
såning, når ukalket jord er tjenlig

Metoder

Forsøg efter plan I er gennemført som et faktorielt forsøg i 2 blokke (1 og 2) med én fællesparcel i hver kombination pr. blok.

Forsøget er gennemført i 14 år med den første afgrøde i 1969 og den sidste i 1982. Med henblik på at måle eftervirkning efter 9 års tilførsel af fosfor er der i forsøgsperiodens sidste 5 år ikke tilført superfosfat i blok 2.

Der er i alle år dyrket korn. I kerneafgrøden er hvert år bestemt indhold af fosfor og kvælstof.

Ved anlæg og derefter hvert 2. år er i dybderne 0-20 og 20-40 cm udtaget jordprøver til bestemmelse af pH, Ft, Kt, Mgt, Nat og Cat. Der er i forsøgsperioden ikke tilført kaliumgødning.

Statistiske beregninger over udbytteresultater og resultater af jordbundsanalyser er foretaget af Dataanalytisk Laboratorium, Lyngby.

Forsøg efter plan II lå som blokforsøg i 2 rækker med inddeling af såtid i blokke og kalk i parceller og med 4 fællesparceller. Der er dyrket byg

Tabel 2. Kemiske jordbundsanalyser, *Soil analyses*
(Efter Larsen & Andersen, 1980)

Dybde <i>Depth</i>	pH (H ² O)	K ⁺ me/100 g jord	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	S	H ⁺	T	Na index
0-20	6,0	0,6	1,6	6,0	11,8	20,0	17,0	37,0	8,0
20-65	6,2	1,0	4,8	10,7	4,3	20,8	11,6	32,3	23,1
65-86	5,9	0,7	4,8	6,7	4,7	16,9	13,4	30,4	28,4
86-96	5,2	0,9	7,5	8,1	5,9	22,4	22,6	45,0	33,5

hvert år og tilført 400 kg superfosfat og ca. 120 kg kvælstof.

Resultater efter plan I

Udbytter

I tabel 3 er vist gennemsnitsresultater for virkning af kalk, superfosfat og kvælstof. Tabellen omfatter udbyttotal for kerne i hver kornart. I højre kolonneblok er givet et gennemsnit af alle kornarter. I tabel 4 er meddelt et gennemsnit af strå-længdemålinger og karakterer for lejesæd.

Der er vekselvirkning mellem kalk, superfosfat og kvælstof. I tabel 5 er i gennemsnit af alle forsøg og afgrøder vist vekselvirkningens karakter og størrelse. Udbytte i hkg kerne og indhold af fosfor og kvælstof i det ubehandlede forsøgsled er herved vist i forhold til det gennemsnitlige udbytte og indhold af alle de respektive behandlede forsøgsled. For kvælstof gælder dog, at der er draget sammenligninger mellem mindste og største N-mængde.

Tabel 3. Hovedvirkning af kalk, superfosfat og kvælstof, 1969–1982.
Mean effect of lime, phosphorus and nitrogen.

	hkg kerne/grain, kg kvælstof/nitrogen og fosfor/phosphorus pr. ha											
	hvede/wheat, 3 fs.			byg/barley, 19 fs.			havre/oats, 5 fs.			gns. average		
	kerne	N	P	kerne	N	P	kerne	N	P	kerne	N	P
t kalk, lime												
0	54,5	96,6	18,3	29,8	51,2	11,0	36,5	64,6	13,4	33,8	58,7	12,3
10	57,9	103,8	22,5	35,9	61,3	13,4	41,8	72,2	15,3	39,3	68,0	14,8
20	62,5	114,5	21,2	41,5	71,3	15,5	45,7	80,0	16,9	44,5	77,7	16,4
40	61,8	112,8	21,4	44,1	75,7	16,6	44,8	78,2	16,4	46,2	80,3	17,1
80	64,8	119,6	22,6	46,9	81,6	17,9	45,8	80,9	18,3	48,7	85,7	18,5
kg superfosfat, phosphorus												
0	57,2	104,7	19,3	34,7	60,1	12,8	40,0	71,0	14,7	38,2	67,1	13,9
200	59,3	106,7	20,1	37,1	63,9	13,8	42,3	73,9	16,9	40,5	70,5	15,1
400	58,4	105,5	23,2	38,0	65,8	14,2	41,1	72,1	15,0	40,9	71,4	15,3
800	63,3	116,1	21,8	42,9	73,8	16,1	45,0	78,7	16,6	45,5	79,4	16,8
1600	63,1	114,4	22,0	45,5	77,4	17,5	46,3	80,1	16,9	47,5	82,0	17,9
LSD	1,94	3,77	3,95	0,72	1,42	0,38	1,25	2,47	1,71	–	–	–
(Ca × P)	***			***		***	***		**			
kvælstof, nitrogen												
1 N ¹⁾	49,4	77,6	18,5	29,5	47,9	11,4	35,7	59,9	14,1	32,9	53,4	14,1
2 N	63,3	110,6	21,9	40,9	68,9	15,3	44,8	77,5	16,3	44,1	75,1	16,3
3 N	68,1	140,2	23,4	48,5	87,8	18,0	48,3	88,0	17,7	50,6	93,7	17,7
LSD	1,50	2,92	3,06	0,56	1,10	0,30	0,97	1,91	1,32	–	–	–
(Ca × N)		*		***	***	**						

¹⁾ 1 N = Hvede 45, vårsæd 35 kg

*** P < 0,001

** P < 0,01

* P < 0,5

Tabel 4. Strållængde og karakter for lejesæd, gennemsnit
Length of straw and marks for lodging

	Strållængde, cm			Karakter for lejesæd		
	hvede <i>wheat</i>	byg <i>barley</i>	havre <i>oats</i>	hvede <i>wheat</i>	byg <i>barley</i>	havre <i>oats</i>
t kalk, <i>lime</i>						
0	82	49	69	–	0,5	0,7
10	84	52	73	–	0,8	1,2
20	86	57	75	–	1,1	1,4
40	87	56	74	–	1,4	1,4
80	88	59	76	–	1,7	1,7
kg superfosfat, <i>phosphorus</i>						
0	85	51	69	–	0,7	0,7
16	85	53	72	–	0,9	1,0
32	85	53	73	–	0,9	1,2
64	86	57	76	–	1,3	1,8
128	87	59	76	–	1,6	1,6
LSD	–	1,04	0,99	–	0,15	0,37
kvælstof, <i>nitrogen</i>						
1 N	79	46	66	–	0,3	0,4
2 N	86	56	74	–	0,8	1,1
3 N	91	62	80	–	2,1	2,4
LSD	–	0,80	0,77	–	0,12	0,29

Vekselvirkningen mellem kalk og superfosfat er negativ. Kalk og superfosfat er samvirkende faktorer på jordstrukturen. I tilfælde, hvor en fosfatvirkning ikke gør sig gældende ved tilførsel af superfosfat, vil tilførsel af superfosfat og eller kalk afsvække virkningen af den konkurrerende faktor. Modsat er vekselvirkningen mellem kalk og kvælstof positiv.

Samme entydighed forekommer ikke med hensyn til udbyttets kvalitet, dvs. kernens procentiske indhold af fosfor og kvælstof.

Tilførsel af supplerende kvælstof har medført et større N-indhold i kernen, hvis størrelse er nogenlunde ens uanset kalkning. Med hensyn til fosforindhold har kalkning medført et svagt øget indhold i kombinationen kalk + superfosfat. Der er ingen vekselvirkning mellem superfosfat og kvælstof.

Som nævnt, er i de sidste 5 år ikke tilført superfosfat i blok 2. I tabel 6 er vist periodens gennemsnitlige udbytte og merudbytte i forhold til årlig tilførsel i samme periode og i forhold til årlig tilførsel i hele forsøgsperioden 1969–1982.

Tabel 5. Vekselvirkning mellem kalk, superfosfat og kvælstof.
Reciprocal action between lime, phosphorus and nitrogen.

	Fosfor <i>Phosphorus</i>	Ukalket <i>Unlimed</i>	Kalket <i>Limed</i>	Merudbytte for kalk, <i>lime</i>
hkg kerne, <i>grain</i>	÷	22,8	41,7	18,9
	+	36,5	45,4	8,9
merudb. for P		13,7	3,7	
kg fosfor, <i>phosphorus</i>	÷	8,3	15,2	6,9
	+	13,3	16,9	3,6
merudb. for P		5,0	1,7	
% P i kerne, <i>grain</i>	÷	0,36	0,36	
	+	0,36	0,37	
hkg kerne, <i>grain</i>	1 N	26,2	34,7	8,5
	3 N	37,6	49,6	12,0
merudb. for suppl. N		11,4	14,9	
kg kvælstof, <i>nitrogen</i>	1 N	42,6	56,1	13,5
	3 N	66,2	88,6	22,4
merudb. for suppl. N		23,6	32,5	
% N i kerne, <i>grain</i>	1 N	1,63	1,62	
	3 N	1,76	1,79	

Tabel 6. Udbytteresultater i eftervirkningsperioden.
Yields in the period of after-effect.

		kg superfosfat årlig, phosphorus/year				
		0	200	400	800	1600
		udbytte yield	merudb. increased yield hkg bygkerne, barley-grain/ha			
1978-1982	+ P	28,8	3,6	3,1	7,8	10,3
1978-1982	+ P	33,6	1,0	2,2	8,2	11,4
1969-1982	+ P	34,7	2,4	3,3	8,2	10,8

Udbytteneiveauet har været betydelig større i gennemsnit af hele forsøgsperioden i forhold til de sidste 5 år. Et sådant mønster iagttages ofte i forbindelse med opdyrkning af nyafvandede lavbundsarealer. Efter nedbrydning af en ompløjet grønsvær følger ofte en afmatningsperiode, som yderligere forstærkes, når udnyttelse sker i ensidigt kornsædskifte.

Det forhold, at der i eftervirkningsperioden ikke er registreret en udbyttenedgang efter indstillet tilførsel af fosfor fremhæver superfosfats værdi som jordforbedringsmiddel på de omhandlede jordtyper og illustrerer samtidig, at superfosfat i det foreliggende tilfælde ikke har haft nogen større betydning som fosfatkilde.

I fig. 1 er for en 13-årig periode med byg vist udbytteresultater fra isolerede kalk- og superfosfatled og fra ubehandlet, dvs. led, hvor faktoriel påvirkning ikke forekommer. Samtidig er vist udbytteresultater fra kombinationen kalk + superfosfat.

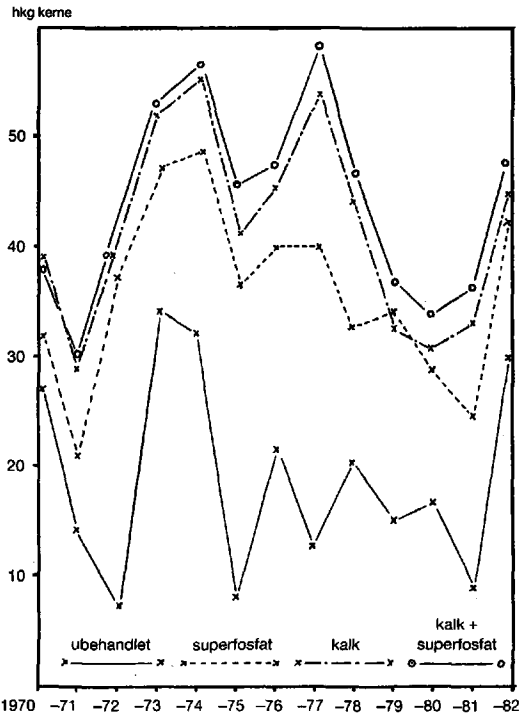


Fig. 1. Udbytteforhold i isolerede led, byg 1970-82.
Yield relation in isolated plots, barley 1970-82.

Udbyttene for kalk og superfosfat er vist som gennemsnit af dels alle ensidige kalk- og dels alle ensidige superfosfatled. Udbyttene for kombinationen kalk + superfosfat er vist som gennemsnit af alle led i begge faktorer.

Tabel 7. Hovedvirkning af kalk og fosfor på pH(H₂O) og Ft, gns. 1969-1982.
Mean effect of lime and phosphorus on pH and Ft.

Dybde, depth	blok	t kalk, lime					kg fosfor/phosphorus, årlig					LSD	
		0	10	20	40	80	0	16	32	64	128		
pH(H ₂ O)	0-20	1	6,6	7,1	7,4	7,5	7,6	7,2	7,3	7,2	7,2	7,3	0,08
		2	6,5	7,0	7,3	7,5	7,6	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2	0,08
	20-40	1	6,6	6,9	7,2	7,4	7,5	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	0,06
		2	6,6	6,9	7,1	7,4	7,5	7,2	7,1	7,0	7,1	7,1	0,09
Ft	0-20	1	11,6	12,6	12,3	12,0	11,4	9,5	10,4	11,0	12,9	16,1	0,86
		2	11,9	12,1	11,9	11,9	11,6	9,5	10,2	11,3	12,4	15,8	0,57
	20-40	1	8,3	9,4	9,0	9,3	8,3	7,9	8,0	8,3	9,1	10,9	0,52
		2	9,4	9,4	9,5	9,5	9,1	8,3	8,4	9,3	9,5	11,4	0,59
	0-20	2	eftervirkning:			1976	9,3	10,3	11,9	15,5	19,8		
				1982	9,8	11,1	11,5	13,6	18,5				

Jordbundsundersøgelser og supplerende undersøgelser

I tabel 7 er vist gennemsnitsresultater af pH(H₂O)- og Ft- bestemmelser på grundlag af prøveudtagninger hvert andet år. Ft- bestemmelser i forbindelse med eftervirkningsperioden i blok 2 er meddelt i bunden af tabellen. Jordens pH og Ft gennem forsøgsperioden er fremstillet i fig. 2 og 3.

Kalkning har medført en ønsket stigning af pH ved alle kalkdoseringer. Det bemærkes, at der

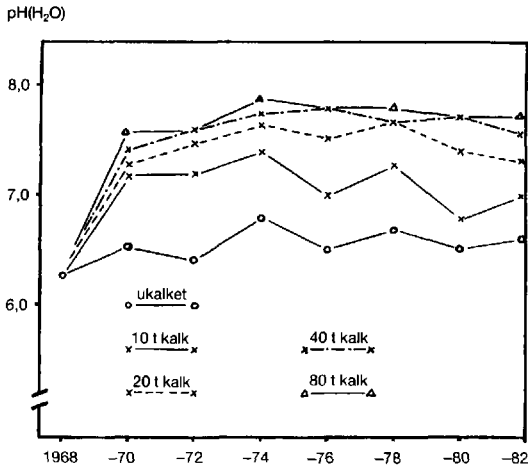


Fig. 2. pH(H₂O) i forsøgsperioden.
pH in the period of experiment.

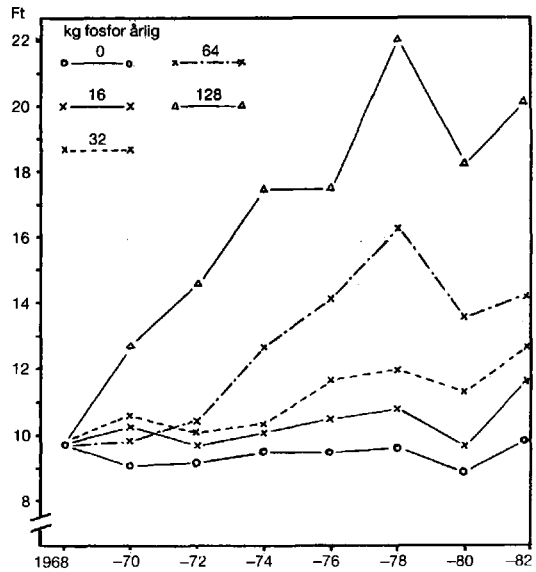


Fig. 3. Ft i forsøgsperioden.
Ft in the period of experiment.

ikke er nævneværdig forskel mellem pH-værdierne ved 40 t kalk og 80 t kalk. Det bekræfter erfaringer om, at det på de omhandlede jordtyper, selv ved tilførsel af store kalkmængder, er vanskeligt at presse jordens pH op på et ønskeligt højt niveau i nærheden af det teoretisk mulige på 8,3.

Tabel 8. Sammenhæng mellem de jordbunds-kemiske forhold og udbytter, gns. 1969-82.
Relation between chemical soil relation and yield.

Ca-tilførsel t pr. ha	Relativ kationfordeling											Relativt udbytte
	pH (H ₂ O)	K ⁺	0-20 cm				pH (H ₂ O)	K ⁺	20-40 cm			
			Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺			Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺		
Kalk	0	6,6	3	5	27	66	6,6	4	9	35	54	100
	4	7,1	3	4	22	71	6,9	4	8	32	57	117
	8	7,4	3	3	19	76	7,2	4	7	29	61	132
	16	7,5	2	3	18	77	7,4	3	7	27	64	137
	32	7,6	2	3	16	80	7,5	3	5	24	69	144
Superfosfat	0	7,2	3	4	21	72	7,2	3	8	30	59	100
	0,6	7,3	3	4	20	73	7,1	3	7	29	61	106
	1,2	7,2	3	4	21	73	7,1	3	7	29	61	107
	2,4	7,3	3	3	19	75	7,1	3	6	28	63	119
	4,8	7,3	3	3	18	76	7,2	3	6	28	63	124

Tilførsel af superfosfat markerer sig med stigninger i jordens Ft i forhold til de tilførte mængder.

Årsresultaterne i jordbundsanalyserne udviser ingen entydig vekselvirkning mellem kalk og fosfor. De omtales derfor ikke nærmere.

I tabel 8 er vist en oversigt over kalks og fosfors virkning på de jordbundskemiske forhold i forhold til det relative udbytte. Der er et entydigt sammenhæng mellem ændringer i jordens pH, jordens kationbelægning og produktiviteten. Stigende pH og Ca-indhold og aftagende Na- og Mg-indhold giver stigende udbytte. Udbyttefremgangen er størst, hvor Ca-tilførslen i form af jordbrugs kalk samtidigt giver et større pH i jorden.

I tabel 9 er i Ft enheder givet en balanceoversigt over jordens fosfattilstand i totalprofilen 0–40 cm. Bortførsel med afgrøden er beregnet ud fra afgrødens fosforindhold i kernen med tillæg af en tredjedel heraf for bortførsel med halm.

Det er bemærkelsesværdigt, at der i forsøgsledene uden fosfortilførsel og i tilsvarende ved tilførsel i små mængder er sket en betydelig stigning i jordens Ft i forhold til det teoretisk beregnede.

Det bekræfter den tidligere bemærkning om, at der ved vurdering af de opnåede merudbytter for tilførsel af superfosfat i det foreliggende tilfælde ikke må tillægges fosfat nogen større betydning som udbyttedannende faktor, men at den opnåede virkning stort set alene må tilskrives en strukturvirkning i jorden.

I vækstperioderne 1977, 1978 og 1979 er i kombinationen med den største kalk- og fosfor-

Tabel 9. Ft enheder i totaldybden 0–40 cm.
Ft units in 0–40 cm depth.

	kg fosfor årligt, <i>every year</i>				
	0	16	32	64	128
Ft ved anlæg, <i>by start</i>	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
+ tilført med superfosfat	0	3,0	6,0	12,0	24,0
+ bortført m. afgrøden	3,5	3,7	3,8	4,2	4,5
Balance	13,1	15,9	18,8	24,4	36,1
Ft ved afslutn., <i>by stop</i>	18,2	19,7	21,6	24,7	33,5

mængde og i en kombination med moderate mængder (20 t kalk og 16 kg fosfor) gennemført tensiometermålinger i byg. Resultaterne for vækstperioden 1979 er vist i fig. 4.

Øget kalk- og fosfortilførsel viser øget udtørring af jorden, som skyldes bedre rodudvikling både i forhold til tid og i forhold til jorddybde. Samme tendens, som ikke er vist i fig. 4, er gældende for årene 1977 og 1978.

Efter afslutning af forsøget er i de samme kombinationer ved Statens Forsøgsstation, Højer udtaget jordprøver til jordfysiske bestemmelser. Et uddrag af analyseresultaterne er vist i tabel 10.

Resultaterne af de jordfysiske undersøgelser viser kun små forskelle. Totalporøsiteten udgør 54–58%. Andelen af drænbare porer er meget lille i undergrunden, hvilket normalt er udtryk for dårlige afvandingsforhold. Andelen af drænbare porer er både i overjorden og i underjorden noget større ved den store kalk-fosfortildeling end ved den moderate. Det samme er tilfældet med hydraulisk ledningsevne (kf).

Tabel 10. Porefordeling, aggregatstørrelsesfordeling, VGD mm, hydraulisk ledningsevne ved forsøgets afslutning, sept. 1982.

Distribution of pores, aggregate size VGD mm and hydraulic conductivity.

	Dybde <i>Depth</i> cm	Porer <i>Pores</i>				VDG, mm 0-5 cm	kf cm/sec 10 ⁻⁴
		Total	Store <i>Coarse</i> >30	Middel <i>Middle</i> 30-0,2	Små <i>Small</i> <0,2		
20 t kalk, 16 kg P	10–15	54,7	5,9	20,5	28,3	5,0	4,7
	30–35	58,2	0,4	25,5	32,3	–	0,18
80 t kalk, 128 kg P	10–15	55,3	7,6	18,8	28,9	2,0	118,5
	30–35	56,6	1,6	23,1	31,9	–	8,1

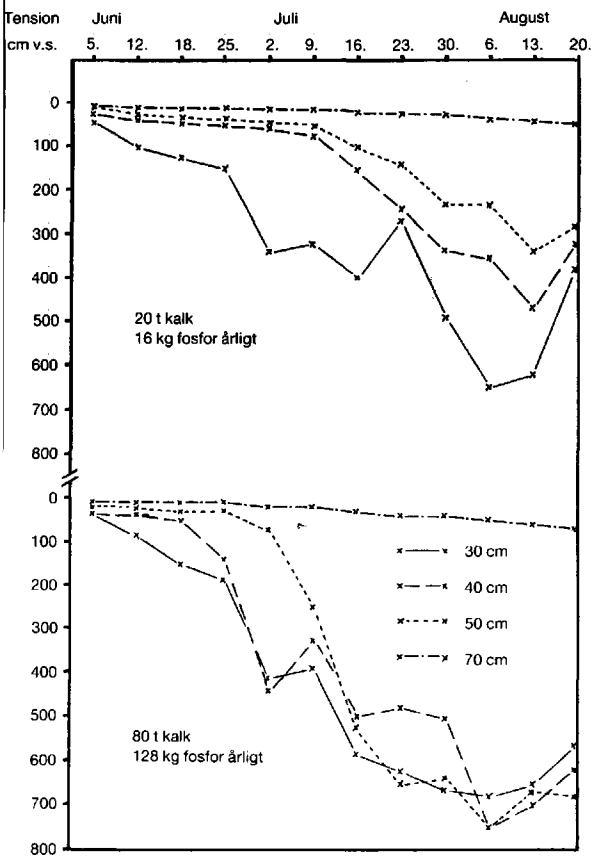


Fig. 4. Udtørring af jorden angivet som tension i byg, 1979.
Tension in barley.

Resultater efter plan II

Fordampning fra overfladen og nedsvining af overskudsvand gennem profilen er bestemmende faktorer for tid med hensyn til en jords tjenlighed til såbedstilberedning. I tabel 11 er givet en oversigt over nedbør i marts og april, vandbalance i april samt dato for gennemført såning.

Sådatoerne kan ikke entydigt forklares ud fra de meddelte nedbørs- og fordampningsdata. År med nedbørsunderskud i april har dog i gennemsnit 1,5 dag kortere tidsinterval mellem 1. og 2. såtid end år med overskud.

Jordens afdræning og udtørring synes i højere grad at være afhængig af nedbørsfordelingen end af den nedbørsmængde, som måtte falde i samme periode. Her skal nævnes, at forsøgsarealet er drænet, og at jorden, trods svær klægjord, har udvist en god drænbarhed.

1. såtid lå på det tidspunkt, hvor der kunne opnås et godt såbed med en passende såbedsstruktur i kalket jord. Ved samme tid var den ukalkede jord våd og tung, og færdsel med traktor og redskaber efterlod generelt dybe spor i den ikke bæredygtige jord.

2. såtid var tidspunktet, hvor man kunne få et acceptabelt såbed i ukalket jord. Da kalkning af de omhandlede jordtyper er en forudsætning for at opnå en god jordstruktur, er der ingen praktiske muligheder for at opnå et lige så godt såbed i ukalket jord som i kalket jord. Det valgte tids-

Tabel 11. Nedbør i marts-april, vandbalance i april, sådato.
Precipitation in March-April, water balance in April, date of sowing.

År	Nedbør, mm		April		Sådato		Tidsinterval antal dage
	marts	april	fordampning	vandbalance	ukalket	kalket	
1970	—	79,5	30,6	48,9	6.5.	30.4.	6
1971	41,3	10,3	49,5	+39,2	22.4.	13.4.	9
1972	63,1	59,6	31,9	27,7	24.4.	23.3.	31
1973	24,0	40,8	19,6	21,2	29.3.	19.3.	10
1974	21,3	0,0	69,0	+69,0	28.3.	14.3.	14
1975	32,2	49,5	23,4	26,1	1.4.	18.3.	13
1976	53,1	20,3	56,8	+36,5	20.4.	31.3.	20
1977	64,4	63,0	43,2	19,8	13.4.	31.3.	13
1978	101,3	8,0	61,2	+53,2	18.4.	7.4.	11
1979	46,2	65,4	36,5	28,9	8.4.	2.4.	6
1980	19,7	12,2	28,6	+16,4	9.4.	2.4.	7
1981	96,4	16,1	76,9	+60,8	24.4.	10.4.	14
1982	46,0	3,0	47,4	+44,4	13.4.	6.4.	7

Gns. 12 dage

punkt for såbedstilberedning vil ofte være et kompromis under hensyntagen til jordens tilstand og tid og lejlighed til at få arbejdet gennemført.

Når såbedet skal tilberedes i ukalket jord, vil det ideelle tidspunkt for såbedstilberedning i kalket jord være forpasset med deraf følgende uheldige konsekvenser for såbed og fremspiring.

Udbytter

Der er foretaget udbyttebestemmelse i kerne og halm. Gennemsnitsresultater samt mål for strå-længde og karakter for lejesæd er vist i tabel 12. Samtidig er vist variationskoefficient (CV) for kerneudbytternes spredning.

Tabel 12. Udbytteresultater i byg, gns. 13 år.
Yield of barley, average 13 years.

	1. såtid, sowing		2. såtid, sowing	
	ukalket	kalket	ukalket	kalket
hkg kerne, grain/ha	44,9	59,2	45,2	57,9
CV	14,9	10,6	13,3	12,7
hkg halm/straw/ha	50,0	53,9	50,0	55,8
Strå-længde, cm . . .	56	67	57	66
Karakter f. lejesæd .	1,4	3,8	1,1	3,4

Såbedets tilstand afspejler sig i kerneudbytternes spredning med den mindste variationskoefficient ved det bedste såbed, 1. såtid på kalket jord, og med den største spredning i det dårligste såbed, 1. såtid på ukalket jord.

I tabel 13 er givet en oversigt over de opnåede merudbytter i kerne for kalk og såtid.

Tabel 13. Udbytte og merudbytter, hkg kerne, ha.
Yield and increase of yield.

	Udbytte		Merudbytte for 1. såtid
	1. såtid	2. såtid	
Kalket jord	59,2	57,9	1,3
Ukalket jord	44,9	45,2	÷0,3
Merudb. f. kalk . . .	14,3	12,7	

Såning i kalket jord, tidsbestemt efter mulighed for såning i ukalket jord, giver i gennemsnit et udbyttetab på 1,3 hkg kerne pr. ha i forhold til rettidig såning, så snart jorden er tjenlig.

Såning i ukalket jord, tidsbestemt efter kalket jords tjenlighed, giver samme udbyttensniveau i forhold til senere såning, når den ukalkede jord er bæredygtig. Den sene såning bør normalt foretrækkes, idet sporgener i marken herved mindskes.

Diskussion

Et pH niveau på 6,6 og et Ft på 9,5 vil på mange jordtyper give et acceptabelt dyrkningsgrundlag. Det samme har ikke været tilfældet på den foreliggende stive klægjord. Overskudsvand kan ikke sive gennem jorden til afdræning, og det er ikke muligt at tilvejebringe et blot nogenlunde tilfredsstillende såbed. Under disse forhold, dvs. ubehandlet, er der i gennemsnit af forsøgsperioden produceret 19,9 hkg kerne i vårsæd pr. ha.

I kombinationen med den største kalk- og fosformængde var jordstrukturen særdeles tilfredsstillende under hele forsøgsperioden. Det gav en hurtig afdræning af overskudsvand. I dette forsøgsled er der tilsvarende høstet 49,1 hkg kerne pr. ha. I de andre kombinationer varierede udbyttensniveauet i forhold til kalk- og superfosfattildelingen.

Begge midler, kalk og superfosfat, har en dobbelt virkning i jorden. De har samme virkning på jordstrukturen og en separat virkning på henholdsvis jordens pH og Ft.

Der kan ud fra de foreliggende forsøgsresultater ikke gives nogen entydig oplysning om, med hvilke vægte disse faktorer hver for sig har bidraget ved den udbyttefremgang, som er opnået ved tilførsel af de respektive midler.

Med hensyn til virkning af superfosfat foreligger der ved det høje Ft dog næppe nogen faglig begrundelse til at antage, at superfosfat har haft væsentlig betydning som fosfatgødning. Dette bekræftes også af den ringe virkning, tilførsel af superfosfat har på afgrødens procentiske indhold af fosfor (tabel 5).

Forsøgsplanen er med hensyn til faktorerne kalk og superfosfat ikke ligestillet i den forstand, at kalk er tilført som engangskalkning ved forsøgets anlæg, medens superfosfat er tilført i årlige mængder. Der er herved indbygget en tidsfaktor

Tabel 14. Økonomisk vurdering af tilførsel af kalk og superfosfat.
Economic estimate by giving lime and phosphorus.

	t kalk, lime, pr. ha			
	10	20	40	80
Udgift til kalk	1100	2200	4400	8800
Merudb. for kalk, hkg/ha	5,5	10,7	12,4	14,9
Kr. pr. ha/år	770	1498	1736	2086
Årlig forrentn. af inv. kapital	70	68	39	24
	kg superfosfat i alt 14 år, year			
	2800	5600	11200	22400
Udgift til superfosfat	2520	5040	10080	20160
Merudb. for sup. hkg/ha	2,3	2,7	7,3	9,3
Kr. pr. ha/år	322	378	1022	1302
Årlig forrentn. af inv. kapital	13	8	10	6

i planen, som kan give anledning til en formodning om, at en stigende virkning af superfosfat kan tænkes at gøre sig gældende i takt med opbygning af et fosfor-calciumdepot i jorden.

Udbyttekurven for superfosfat (fig. 4) viser ingen overbevisende tendens til en sådan øget virkning af tilført superfosfat i relation til tid og i relation til virkning af kalk.

Tilførsel af calciumholdige midler giver en større rodzonekapacitet i jorden. Det giver en mere dyrknings sikker jord.

Økonomisk vurdering og konklusion

En fyldestgørende beregning over det økonomiske resultat af den gennemførte tilførsel af kalk og superfosfat kan ikke gives. Udbyttet er ikke eneste indikator for en økonomisk bevisførelse. Hertil kommer, at kalkens langtidsvirkning i jorden vanskeliggør en fastsættelse af tiden for virkningens ophør, ligesom værdiansættelsen på beregningsfaktorerne kan variere i forhold til sted og tid.

Bortset fra nævnte forhold fås dog et ret godt overblik over en grundforbedrings lønsomhed ved på grundlag af fikserede priser og på grundlag af de opnåede merudbytter at beregne forrentningen af den i forbindelse hermed investerede kapital. En sådan oversigt er vist i tabel 14.

Beregningen er gennemført på følgende prisgrundlag:

- 1 t kalk udbragt i marken 110 kr.
- 100 kg superfosfat 90 kr.
- 1 hkg kerne 140 kr.

Der kan herefter konkluderes:

1. Grundforbedring med Ca-holdige midler er en betingelse for at opnå tilfredsstillende dyrkningsvilkår på stive klægholdige jordtyper.
2. Tilførsel af Ca-holdige midler giver en større hydraulisk ledningsevne i jorden og en større rodzonekapacitet.
3. Kalkning medfører en bedre udnyttelse af tilført kvælstofgødning.
4. Kalket jord giver et tidligere såbed.
5. Tidlig såning på kalket jord giver et merudbytte på 1,3 hkg kerne i forhold til såning, når ukalket jord er tjenlig.
6. Tilførsel af jordbrugskalk har givet en god forrentning selv ved anvendelse af store mængder.

Litteratur

- Anonym* (1967): Såtidsforsøg med vårhvede 1963–1966. Statens Planteavlsvforsøg, Meddelelse nr. 811.
- Hansen, J.* (1939): Såtidsforsøg med byg og havre. Tidsskr. Planteavl 43, 733–743.
- Hansen, L.* (1976): Jordtyper ved danske forsøgsstationer. Tidsskr. Planteavl 80, 742–758.
- Larsen, V. & Andersen, S. Aa.* (1980): Drænforsøg på fed natriumholdig klæg. Hedeselskabets Beretning nr. 23, 1–10.

Manuskript modtaget den 15. marts 1984.