

Kalk, gips, superfosfat og kvælstof til klægholdig lavbundsjord i Skjernådalens og i det vestjyske fjordområde

Liming, spreading gypsum and fertilizing with phosphorus and nitrogen on clay-loam soil in the Western part of Jutland

Th. Jessen

Resumé

På tre lokaliteter i det vestjyske fjordområde, deraf to i Skjernådalens, er på klægholdig lavbundsjord gennemført langvarige forsøg med kalk og superfosfat, i ét tilfælde tillige med kvælstof og gips.

Der er på de sure jorde i Skjernådalens opnået store merudbytter for kalkning. Kalkvirkningen har i alle tilfælde været størst i år, hvor nedbørsmængderne i vækstperioden har været mindst.

Øget kalkning har medført en nedsat fosfor- og kvælstofvirkning, men kalkningen har medført en øget dyrkningssikkerhed, især på jord med en lille rodzonekapacitet.

Nøgleord: Kalk, gips, superfosfat, kvælstof, lavbundsjord.

Summary

In different localities in the Western part of Jutland, especially in the Skjern valley long term experiments with liming, spreading gypsum and fertilizing with phosphorus and nitrogen have been carried out on several types of clay-loam soil. On acid soil large additional yields were obtained by giving lime.

In every case the effect of liming was greatest in dry growing seasons.

By increasing liming the effect of phosphorus and nitrogen was reduced.

The growing stability was increased by liming especially on soils with a small root zone capacity.

Key words: Lime, gypsum, phosphorus, nitrogen, clay-loam.

Tidsskr. Planteavl 86 (1982), 107-118

Indledning

I forbindelse med Skjernådalens afvanding og andre afvandsprojekter i det vestjyske fjordområde har Statens Planteavlsforsøg gennemført en række forsøg med sigte på at indkredse og belyse de problemer, som måtte opstå ved dyrkning og udnyttelse af disse ofte ret specielle jordtyper. Forsøgene er gennemført under regi af »Forsøgsudvalget for de lave arealer omkring Ringkøbing, Stadil og Nissum fjorde m.m.«

Som et led i dette arbejde blev i 1963 etableret to forsøgsarealer i Skjernådalens enge, et tørvejordsareal i Ånum og et klægjordsareal i Stauning. På begge arealer er gennemført forsøg med kalk og gødning. Samtidig har Det Danske Hedeselskab på de samme arealer gennemført kulturtekniske undersøgelser og forsøg. Resultater af disse undersøgelser og forsøg er meddelt af *Larsen og Andersen (1977)*.

Forsøget på tørvejordsarealet i Ånum er afsluttet i 1972. Resultater herfra er omtalt af *Jessen (1977)*.

På klægjordsarealet i Stauning er i perioden 1963 til 1980 gennemført forsøg med kalk, gips, superfosfat og kvælstof. I nærværende beretning redegøres for de opnåede resultater for hele den 18 års forsøgsperiode. Resultater for delperioden 1963–1968 er omtalt af *Mølle og Jessen (1970)*.

Samtidig omtales resultater af et forsøg med kalk og årlig tilførsel af fosfor, et forsøg som i årene 1968–1980 er gennemført på klægblandet humusjord i Hestholm enge, ligeledes beliggende i Skjernådal, og resultater af et forsøg med kalk og superfosfat, som i årene 1960–1980 er gennemført på humusblandet klægjord i Åbjerg enge, Vedersø.

Sidstnævnte forsøg er anlagt og gennemført i forbindelse med en serie tilsvarende forsøg, som i årene 1960–1973 er gennemført på forskellige typer lavbundsjord i det vestjyske fjordområde. Resultater af disse forsøg er omtalt af *Jessen (1975)*.

I beretning nr. 1585 (*Jessen, 1982*) omtales resultater af forsøg med dybpløjning og kalkiblanding, forsøg som i årene 1976–1980 er gennemført på samme klægjordsareal i Stauning som de forsøg med kalk og gødning, der omtales i denne beretning.

Jordbundsforhold

En oversigt over jordens tekstur på de 3 omhandlede forsøgsarealer, I Stauning, II Åbjerg enge, Vedersø og III Hestholm enge er vist i tabel 1. For at lette oversigten er forsøgsarealerne kendetegnet med romertal I, II og III.

Tabel 1. Jordens tekstur i vægtprocent
Soil texture, % of weight

Forsøgsareal <i>Locality</i>	Dybde, cm <i>Depth</i>	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>	Grovsand <i>Coarse sand</i>	Org. stof <i>Org. matt.</i>
I Stauning	0–35	24	39	23	2	11
	35–70	tørv, peat				
	70–100	tørv, peat				
II Åbjerg enge	0–20	38	28	16	2	16
	20–40	37	28	17	2	16
	40–100	tørv, peat				
III Hestholm enge	0–20	22	28	28	12	10
	20–40	17	25	33	16	9

Forsøgsplaner og metodik

Forsøgsplanerne er meddelt i følgende oversigt:

		t CaCO ₃ pr. ha	Ønsket, <i>desirable</i> pH(H ₂ O)
I Stauning	a 1.	22 + 20 t gips	6,6
	2.	22	6,6
	3.	37-40	7,3
	4.	56-68	8,0
	A.	Grundgødet med superfosfat	
	B.	2000 kg superfosfat ekstra, 1963	
	x.	1 N, til korn 20-35 kg	
	y.	2 N	
	z.	3 N	
	b 1.	Ukalket	
	2.	25 i 1. år/year	6,6
	3.	28 i 2. år/year	6,6
	4.	28 i 4. år/year	6,6
5.	21 i 16. år/year	6,6	
A.	Grundgødet med superfosfat		
B.	2000 kg superfosfat ekstra, 1963		
II Åbjerg enge	1.	Ukalket	
	2.	15	6,6
	3.	30	7,3
	4.	53	8,0
	A.	Grundgødet med superfosfat	
	B.	2 × 2000 kg superfosfat ekstra (1960 og 1965)	
		Grundgødning er 23 kg fosfor årligt	
		t CaCO ₃ ved anlæg <i>by start</i>	kg fosfor årligt <i>every year</i>
III Hestholm enge	1.	0	a. 0
	2.	5	b. 15
	3.	10	c. 30
	4.	20	d. 60

Forsøg I a er gennemført som et faktorielt forsøg i 4 marker med én fællesparcel af de i alt 24 mulige kombinationer i hver mark. Oprindeligt blev forsøget anlagt i 2 sædskifter, et ensidigt kornsædskifte og et sædskifte med vekselafgrøder. Samstemmende med det generelle dyrkningsmønster i de øvrige arealer i Skjernådalens enge blev efterhånden gennemført ensidig korn dyrkning på hele forsøgsarealet.

Forsøg I b er anlagt for at undersøge, om der kan spares kalk ved at indskyde en udluftnings- og udvaskningsperiode mellem jordens opdyrk-

ning og kalkning. Kalkdoseringen er ved hver kalkning sket på grundlag af en behovsbestemmelse. Forsøget er gennemført som et rækkeforsøg med 2 fællesparceller og er placeret umiddelbart ved siden af mark 1 i forsøg I a.

Der er i hele forsøgsperioden foretaget dyrkning og udbyttebestemmelse på ukalket jord. Forsøget er dermed et vigtigt supplement til forsøg I a, idet der her ikke forekommer et ukalket forsøgsled.

Da forsøget er gennemført med samme antal år i alle parceller men med et ulige antal år i de forskellige kalkningsled, kan forsøget ikke opgø-

res med samme antal år i de forskellige forsøgsled.

Forsøg II er anlagt i 1960 og omfatter de mulige kombinationer af 4 kalkled og 2 fosforled og er gennemført som rækkeforsøg med 6 fællesparceller. Som afgrøde er overvejende dyrket byg.

Forsøg III er anlagt som faktorielt forsøg i 1968 med én fællesparcel pr. faktorkombination. Som afgrøde er alle årene dyrket byg.

Alle forsøg er gennemført med 30 m² store parceller med et værnebælte på 2,5–3,0 m mellem parcellerne. Gødningen er, hvor den ikke er fastsat af forsøgsplanen, gennemført under hensyn til jordtypen og de stedlige dyrkningsbetingelser.

Jordbundsanalyser

Der blev udtaget jordprøver til kemisk analyse ved forsøgenes anlæg og derefter årligt i Stauning og Åbjerg enge og hvert andet år i Hestholm enge og i alle forsøg ved forsøgenes afslutning.

For forsøgene i Stauning og Åbjerg enge, forsøg I og II, er i tabel 2 vist en oversigt over analyseresultaterne ved forsøgenes anlæg og afslutning. I fig. 1 er for samme forsøg vist pH(H₂O) i tidsintervaller gennem forsøgsperioden på grundlag af 3 og 4 årigt gennemsnit.

I tabel 3 er vist gennemsnit af pH(H₂O) og Ft bestemmelser i forsøget i Hestholm enge, forsøg III.

Tabel 2. Jordbundsanalyser ved anlæg og ved afslutning af forsøgsperioden
Soil-analyses at the beginning and the end of the experiment

	År year	Dybde depth	t CaCO ₃	pH (H ₂ O)	Ft	Kt	Rel. fordeling				Omb. kap.	
							K	Na	Mg	Ca		
I Stauning	1963	0–20	–	5,1	3,8	16,0	3	5	37	55	32	
		20–35	–	4,9	2,8	15,7	2	6	45	48	35	
		35–75	–	4,1 ¹⁾	–	–	–	–	–	–	–	
	1980	0–20	22	22	6,2	5,6	13,4	2	1	12	85	
			38	38	6,7	5,9	13,9	2	1	10	87	
			62	62	7,3	6,1	13,6	1	1	8	90	
		20–35	22	22	5,7	4,4	11,6	1	1	13	85	
			38	38	6,2	4,5	10,9	1	1	12	86	
			62	62	7,0	4,8	10,6	1	1	8	90	
		35–60	22	22	4,3	2,5	11,4	–	–	–	–	
			38	38	4,3	2,5	10,1	–	–	–	–	
			62	62	4,3	2,3	9,6	–	–	–	–	
II Åbjerg enge	1960	0–20	–	5,8	1,8	4,1	1	2	14	83		
		20–40	–	5,7	1,4	5,2	1	3	31	65		
	1980	0–20	0	0	5,7	6,4	16,0	2	1	12	85	
			15	15	6,0	6,3	17,2	2	1	12	85	
			30	30	6,3	6,6	15,5	2	1	10	87	
			53	53	6,6	6,8	15,2	2	1	9	88	
		20–40	0	0	5,5	5,0	14,7	2	2	12	84	
			15	15	5,6	4,6	13,5	2	1	12	85	
			30	30	6,0	5,1	13,6	1	2	11	86	
			53	53	6,1	5,2	12,6	1	1	10	88	
			0	0	3,9	2,2	8,6	1	2	15	82	
	40–60	15	15	3,6	1,8	7,7	1	2	15	82		
30		30	3,8	2,2	8,0	1	2	15	82			
53		53	3,8	2,0	6,5	1	2	13	84			

¹⁾ Larsen & Andersen (1977).

Tabel 3. Jordbundsanalyser, Hestholm enge, forsøg III
Soil analyses

Dybde depth cm	kg P årligt	pH(H ₂ O) t CaCO ₃					t CaCO ₃	Ft kg P årligt				
		0	5	10	20	Gns.		0	16	32	64	Gns.
Gns. 1968-1980												
0-20	0	4,9	5,1	5,7	6,0	5,4	0	7,9	7,8	9,1	10,4	8,8
	16	4,9	5,1	6,0	6,0	5,5	5	8,6	8,5	10,4	10,8	9,6
	32	4,9	5,4	5,4	6,2	5,5	10	8,6	9,8	9,6	9,5	9,4
	64	4,8	5,2	5,5	6,3	5,5	20	5,6	9,4	10,2	11,4	9,2
	Gns.	4,9	5,2	5,7	6,1		Gns.	7,7	8,9	9,8	10,5	
20-40	0	5,0	5,1	5,5	5,6	5,3	0	11,4	11,6	9,5	12,4	11,2
	16	4,9	5,0	5,6	5,6	5,3	5	16,1	16,3	18,7	14,3	16,4
	32	5,0	5,2	5,4	5,7	5,3	10	14,3	17,3	14,7	13,1	14,9
	64	5,0	5,1	5,3	5,9	5,3	20	9,8	13,7	12,1	18,5	13,5
	Gns.	5,0	5,1	5,5	5,7		Gns.	12,9	14,7	13,8	14,6	
1980												
40-60	0	4,6	4,7	4,9	5,0	4,8	0	9,3	20,0	9,0	18,0	14,1
	16	4,8	4,9	4,9	4,4	4,8	5	9,3	18,6	19,6	19,0	16,6
	32	4,8	4,9	4,7	4,9	4,8	10	14,9	19,6	9,5	9,8	13,4
	64	4,9	4,7	5,1	4,8	4,9	20	19,6	11,8	9,1	19,0	14,9
	Gns.	4,8	4,8	4,9	4,8		Gns.	13,3	17,5	11,8	16,5	

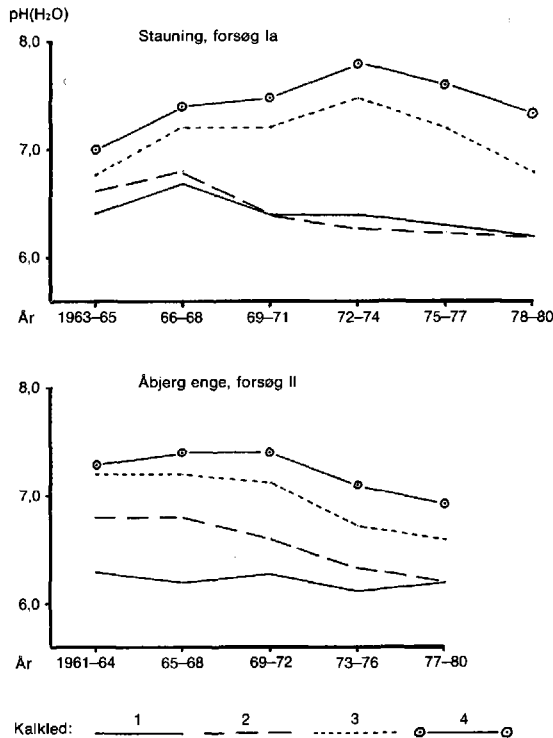


Fig. 1. pH(H₂O) i forsøgsperioden, 0-20 cm.
pH(H₂O) in the period of experiment.

Udbytteresultater

I nedenstående oversigt er vist antal dyrkede afgrøder i de enkelte forsøg:

		Antal afgrøder					
		Byg	Havre	Hvede	Sennep	Hestebønne	Græsmarksafgr.
Stauning	Ia	23	18	10	2	1	8
Stauning	Ib	10	5	2			
Åbjerg enge	II	17	6	6	1	1	3
Hestholm enge	III	17					

I tabellerne 4, 5, 6 og 7 er vist de gennemsnitlige udbytter i hkg kerne og frø og græstørstof pr. ha. I tabel 4, 5 og 7 er kun medtaget enkeltvirkninger. I tabel 6 er medtaget vekselvirkning.

Hovedtabeller over alle enkeltdataer samt data

over strållængde, lejesæd og resultater af mineralstofanalyser fra udvalgte forsøgsled i korn- og græsmarksafgrøder fås ved henvendelse til Statens Forsøgsstation, 6280 Højer.

På Stauningarealet er på et tilstødende restare-

Tabel 4. Udbytte i hkg kerne og tørstof pr. ha, forsøg Ia, Stauning, gns. 1963–80

Yield in grain and dry matter, hkg per ha

	t CaCO ₃				Kvælstofled		
	22+20 t gips	22	37–40	56–68	1 N	2 N	3 N
Byg	43,1	42,4	45,1	47,1	41,0	44,5	47,1
Havre	53,4	53,3	52,9	54,5	51,8	54,1	54,7
Hvede	49,4	49,1	50,5	51,7	46,7	50,4	53,4
Gns. grundgødet	47,4	47,2	48,6	50,4			
Gns. 2000 kg sup. ekstra	48,6	47,9	49,2	50,8			
Kløvergræs	97,3	98,5	100,3	101,1	–	–	–
Græs	113,3	115,7	114,7	116,8	99,4	118,4	127,5
Sennep	16,9	17,4	17,8	18,8	16,0	18,3	19,0
Hestebønne	29,3	29,6	29,9	30,1	–	–	–

Tabel 5. Udbytte i hkg kerne pr. ha, forsøg Ib, Stauning, gns. 1963–80

Yield in grain, hkg per ha

		Gns. alle afgr.	Byg
Ukalket jord	Grundgødet	37,9	–
	2000 kg superfosfat ekstra	40,6	–
	Gns. ukalket	39,2	33,6
Kalket jord	Kalket ved anlæg af forsøg	49,1	43,7
	Kalket i 2. år	51,0	45,6
	Kalket i 4. år	49,3	43,5
	Kalket i 16. år	47,8	47,8
	Grundgødet	49,5	–
	2000 kg superfosfat ekstra	50,0	–
	Gns. kalket	49,8	44,5

Tabel 6. Udbytte i hkg kerne pr. ha, forsøg II, Hestholm enge, gns. 1968–80
Yield in grain, hkg per ha

kg fosfor årligt	t CaCO ₃				Gns.	Relativ
	0	5	10	20		
0	39,7	46,9	51,5	50,2	47,1	100
15	45,6	49,5	53,7	53,2	50,5	107
30	47,6	52,8	54,6	56,3	52,8	112
60	49,2	55,5	52,3	56,8	53,5	114
Gns.	45,5	51,2	53,0	54,1		
Relativ	100	113	117	119		

Tabel 7. Udbytte i hkg kerne og tørstof pr. ha, forsøg III, Åbjerg enge, gns. 1968–80
Yield in grain and dry matter, hkg per ha

	t CaCO ₃			
	0	15	30	53
Byg	52,1	52,3	54,3	54,7
Hvede	57,3	56,8	57,3	58,5
Havre	51,2	51,5	51,2	51,0
Vårhvede	29,7	31,7	33,2	33,7
Gns. grundgødet	49,5	50,0	51,5	52,5
Gns. 2000 kg sup. ekstra	50,7	51,0	51,9	51,8
Kløvergræs	97,3	98,5	100,3	101,1
Græs	113,3	115,7	114,7	116,8
Sennep	16,9	17,4	17,8	18,8
Hestebønne	29,3	29,6	29,9	30,1

al ved moderat kalkning gennemført orienterende dyrkning af ene kornafgrøder. Et sammendrag af de opnåede høstudbytter er vist i tabel 8. Samtidig er vist landsgennemsnit af forsøgsstationernes udbytter af byg og havre for 10 års perioden 1970–1979.

I dyrkningsperioden er der iagttaget ret kraftige angreb af havrenematoder. I enkelte år er angrebsgraden undersøgt ved optællinger af æg og larver i jordprøver. Resultater fra optællinger samt en oversigt over høstudbytter i de år, hvor optællingerne er gennemført, er vist i tabel 9.

Selv om angrebsgraden af havrenematoder undertiden har været meget stor har udbytteneiveauet i havre ligget betydeligt over landsgennemsnittet. Deles høstresultaterne i de år, hvor der er foretaget optællinger af havrenematoder, op i forhold til en angrebsgrad på under eller over 50.000 æg/larver pr. kg jord er i gennemsnit af alle afgrøder høstet henholdsvis 49,9 og 47,6 hkg kerne pr. ha. De tilsvarende værdier for havre alene er 51,6 og 47,0 hkg.

Tabel 8. Ensidig korndyrkning på Stauningarealet
Continuous growing of grain in Stauning

Mark	Antal år			hkg kerne pr. ha		
	Byg	Havre	Hvede	Byg	Havre	Hvede
I	4	13	–	43,2	48,8	–
II	4	10	3	43,6	50,5	46,9
III	5	5	7	42,7	55,5	43,4
IV	14	3	–	45,7	55,0	–
V	16	–	–	47,1	–	–
VI	10	3	4	47,4	50,4	54,3
Gns.				45,0	52,0	47,3
Landsgns. forsøgsstationer				45,5	43,5	

Tabel 9. Angrebsgrad af havrenematoder og høstudbytte
Attack of Heterodera avenae and yield of harvest

	Havrenematoder antal æg og larver pr. kg jord				hkg kerne pr. ha B = byg, H = havre, Hv = hvede			
	1974	–77	–79	–80	1974	–77	–79	–80
I	8.000	63.000	14.000	47.000	H 43,7	B 48,0	H 56,5	H 47,9
II	59.500	83.000	27.200	41.200	H 38,1	B 44,9	H 59,3	Hv 40,7
III	7.600	123.000	122.500	22.100	H 49,0	B 45,5	H 61,1	H 53,6
IV	10.100	18.000	24.500	74.200	H 42,9	B 48,9	H 59,6	B 53,7
V	0	4.000	22.900	3.700	B 48,0	Hv 49,2	B 60,5	B 39,1
VI	0	23.000	37.000	106.200	Hv 52,7	B 43,6	Hv 53,5	H 41,9

Diskussion

Udbytteresultaterne vil i det følgende især blive omtalt på grundlag af udbytteforholdene i byg. Byg har været den mest dominerende afgrøde og giver dermed det mest sikre grundlag for vurdering af de opnåede forsøgsresultater.

Udbytteneiveau og dyrkningssikkerhed

I tabel 10 er givet en oversigt over den gennemsnitlige jordbundsreaktion og de opnåede udbytter i byg på alle forsøgsarealer. Samtidig er meddelt variationskoefficienter.

Vurderet ud fra den gennemsnitlige jordbundsreaktion har det på arealerne i Stauning og Åbjerg enge ikke været muligt at opnå den ønskede jordbundsreaktion i led 3 og 4 på henholdsvis 7,3 og 8,0 ved den gennemførte kalkning. Variationskoefficienterne viser mindre spredning i udbytte-

resultaterne ved øget kalkning, et udtryk som især er bemærkbar på de sure arealer i Stauning og Hestholm enge.

Gips- og kalkvirkning

På stive lerholdige jorder beror kalkens mangesidede virkning tillige især på det forhold, at kalkning her medfører en bedre jordstruktur. Et tilnærmet indtryk af det merudbytte, som på jorden i Stauning er opnået på grund af en sådan strukturvirkning, fås ved at sammenligne virkning af 20 t gips med virkning af øget kalkning (17–20 t). Begge grundforbedringsmidler er Ca-holdige stoffer, hvoraf gips indeholder ca. 23% og kalk ca. 40% calcium.

Af tabel 10, forsøg Ia, fremgår, at der for tilførsel af 4640 kg calcium i gips i forhold til led 2 er

Tabel 10. Jordens pH, hkg kerne pr. ha i byg, variationskoefficienter, gns. alle år
Soil-pH, hkg barley per ha, coefficient of variation

	t CaCO ₃	pH (H ₂ O)	hkg byg	Rela- tiv	Variations- koefficienter
Stauning, forsøg Ib	Ukalket	5,2	33,6	100	30
	Kalket	6,7	43,7	130	14
plan Ia	22 + 20 t gips	6,5	43,1	128	14
	22	6,5	42,4	126	15
	37-40	7,1	45,1	134	14
	56-68	7,4	47,1	140	14
Åbjerg enge, forsøg II	Ukalket	6,2	52,1	100	15
	15	6,5	52,3	100	14
	30	6,9	54,3	104	15
	53	7,1	54,7	105	15
Hestholm, forsøg III	Ukalket	5,0	45,5	100	18
	5	5,1	51,2	113	14
	10	5,5	53,0	117	12
	20	5,6	54,1	119	10

opnået et merudbytte på 0,7 hkg kerne. For tilførsel af ca. 8000 kg calcium i kalk er opnået et merudbytte på 2,7 hkg. Omregnes virkning af 4640 kg calcium i gips til virkning af 8000 kg (ækv. 20 t kalk) fås en andel på 1,2 hkg, som, ud af det totale merudbytte på 2,7 hkg, kan tilskrives en strukturvirkning.

På stiv marskjord ved Ribe (Hansen, 1969) og ved Skærbæk (Kjellerup, 1973) er opnået større merudbytter på grund af en forbedret jordstruktur.

I forsøg Ib, Stauning, er som før nævnt søgt belyst, om der ved at udskyde kalkningen i forhold til jordens opdyrkning kan spares kalk. Et sammendrag af de opnåede resultater er vist i tabel 11.

Der er ikke opnået nogen fordele ved at udsky-

de kalkningen. At indskyde en udvaskningsperiode mellem opdyrkning af sur, pyritholdig jord og kalkning kan kun med rimelighed overvejes, hvor der i dyrkningslaget findes udvaskbare rester fra en svovl-pyritomsætning. Og i så fald foreligger der ingen faglig begrundelse for, at en sådan skal vare mere end 1-2 år.

Der er opnået store merudbytter for kalkning af de sure arealer Stauning og Hestholm i Skjernådalens enge. Kalkningen har samtidig medført en øget dyrknings sikkerhed. På arealet Åbjerg enge i Vedersø har kalkvirkningen været betydelig mindre. De opnåede merudbytter må dog betragtes i relation til en højere jordbundsreaktion og et i forvejen højere udbytt niveau.

En opdeling af de opnåede merudbytter for kalkning i forhold til vækstperiodens nedbørsforhold er vist i nedenstående opstilling:

Tabel 11. Kalkning i forhold til jordens opdyrkning
Liming in relation to the year of cultivation

	hkg bygkerne pr. ha		pH(H ₂ O)		Merudb. for kalk	
	ukalket	kalket	gns. alle år	t CaCO ₃	<150 mm	>150 mm
Udbytt niveau, gns. 1963-80	33,6	44,5				
Kalket i 2. år, gns. periode	33,4	45,6				
Kalket i 4. år, gns. periode	30,5	43,5				
Kalket i 16. år, gns. periode	32,5	47,8				
Stauning forsøg Ia			6,5	40	2,4	6,8
Åbjerg enge forsøg II			6,3	53	1,1	4,5
Hestholm enge forsøg III			4,9	20	5,3	11,1

På alle arealer har merudbytteerne for kalk været størst i de år, hvor der har været det største nedbørsunderskud.

Fosforvirkning

Virkning af fosfor på lavbundsjord er undersøgt i tidligere forsøg (Jessen & Mølle, 1970, og Jessen, 1975).

Resultater af disse forsøg viser, at der på sure kalktrængende lavbundsjord ofte opnås et betydeligt merudbytte ved tilførsel af fosfor, og at denne virkning mindskes ved kalkning.

Forsøgene i Stauning og Åbjerg enge viser samme aftagende fosforvirkning ved øget kalkning. Det fremgår af en oversigt i tabel 12, som viser virkning af ekstra tilført fosfor i relation til kalkning.

Tabel 12. Merudbytte for ekstra fosfor i relation til kalk
Increase of yield with extra phosphorus

	kg superfosfat ekstra	Kalkled				
		1	2	3	4	Gns.
Stauning	2.000	1,2	0,7	0,6	0,4	0,7
Åbjerg enge	4.000	1,2	1,0	0,4	÷0,7	0,5

På grund af en uheldig jordvariation kan vekselvirkningen mellem kalk og fosfor ikke tolkes entydigt på Hestholm arealet (forsøg III). Virkningen af kalk og fosfor er derfor, som fremstillet i tabel 13, kun vist ud fra de opnåede gennemsnitlige merudbytter.

Tabel 13. Virkning af kalk og fosfor, faktorielt gennemsnit. Hestholm enge
Factor effect of lime and phosphorus

Merudbytte, hkg kerne pr. ha					
t CaCO ₃			kg fosfor årligt		
5	10	20	15	30	60
5,7	7,5	8,6	3,4	5,7	6,4

På den sure jord i Hestholm enge er der opnået store merudbytter ved tilførsel af fosfor, selv om Ft er relativt højt. De høje Ft bør dog vurderes i relation til jordens lave rumvægt og til det forhold, at bestemmelsen af jordens Ft på humusholdig lavbundsjord ofte er mere usikker end på almindelig mineraljord.

Med henblik på økonomisk dyrkning har det med de nuværende prisrelationer mellem kalk og fosfor, hvor forholdet i foreliggende tilfælde er ca. 1 : 4,5, næppe mere end hypotetisk interesse at diskutere virkning af øget tilførsel af fosfor på bekostning af en mangelfuld kalkning. Der bør primært kalkes til en passende jordbundsreaktion og kalktilstand, hvorefter tilførsel af fosfor bør ske under hensyntagen til jordens fosfattilstand og afgrødernes behov.

Kvælstofvirkning

På Stauning arealet er alle afgrøder i forsøg Ia dyrket ved 3 kvælstofniveauer. De tildelte kvælstofmængder er i løbet af forsøgsperioden i takt med nedbrydningen af organisk materiale i pløjelaget blevet forøget til omtrent det dobbelte af de mængder, der blev tildelt ved forsøgets anlæg. En oversigt over de opnåede resultater for tilførsel af kvælstof er vist i tabel 14.

Tabel 14. Udbytte og merudbytte for kvælstof i hkg kerne pr. ha, Stauning
Yield and increase of yield in grain with nitrogen

	Udbytte 20-35 N	Merudbytte	
		40-70 N	60-150 N
Byg	41,0	3,5	7,1
Havre	51,8	2,3	2,9
Hvede	46,7	3,7	6,7

Ved kalkning øges den kemiske og biologiske omsætning i jorden. Herved øges den mængde kvælstof, som frigøres fra jordens N-lager og går over i den kvælstofpulje, der udnyttes ved afgrødernes forsyning med kvælstof. Behovet for supplerende tilførsel for at opnå en given produktion aftager i takt hermed. Et udtryk for denne vekselvirkning mellem kalk og kvælstof ved

korndyrkning er på Stauning arealet vist i følgende opstilling samt i fig. 2:

Kalkning	kg kvælstof pr. ha		Merudbytte for ekstra N
	20-35 hkg kerne pr. ha	60-105	
Moderat	43,8	51,3	7,5
Optimal	49,0	53,6	4,6
Merudb. for kalk	5,2	2,3	

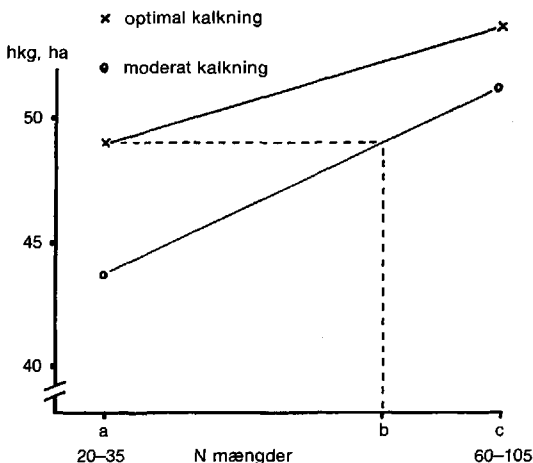


Fig. 2. Vekselvirkning mellem kalk og kvælstof.
Reciprocal action between lime and nitrogen.

Samme udbytte, som er opnået ved moderat kalkning og ret stærk kvælstofgødning, kan, som det fremgår af fig. 2, opnås ved optimal kalkning og en væsentlig svagere kvælstofgødning.

Ved optimal kalkning skal i henhold til fig. 2 kun tilføres yderligere 20-35 kg kvælstof for at øge udbyttet til samme niveau som ved moderat kalkning og stærk kvælstofgødning, $\text{kg N} = (ac-ab)x$, hvor x er lig forholdet mellem merudbytte ved moderat og optimal kalkning, i dette tilfælde $7,5 : 4,6 = 1,63$.

Ved moderat kalkning var mertilførslen 40-70 kg kvælstof. Kalk indgår således ved optimal kalkning som »kvælstofkilde« set i forhold til moderat kalkning. Denne effekt skyldes formentlig en hurtigere frigivelse af organisk bundet kvælstof. Da vekselvirkningen mellem kalk og kvælstof er negativ, aftager effekten af optimal kalk-

ning, jo mere udbyttet presses op ved kvælstoftilførsel.

Økonomisk vurdering og konklusion

En fyldestgørende beregning over de gennemførte kalkningers økonomiske resultat kan ikke gives på grundlag af de foreliggende forsøgsresultater. Dels umuliggør kalkens langtidsvirkning i jorden en påvisning af virkningens ophør, og dels påvirkes der ved kalkning faktorer, som kan have økonomiske følgevirkninger, uden at disse indgår som en del af det målte udbytte.

Bortset herfra fås dog et ret godt indtryk af det økonomiske resultat ved at beregne forrentningen af den til en kalkning investerede kapital. En sådan kalkule er for klægiordsarealets vedkommende i Stauning vist i fig. 3 og i tabel 15.

Beregningen er gennemført på grundlag af 17 års dyrkning af byg og er anskueliggjort ved at dele udbyttekurven i håndterlige mængder på 10 t CaCO_3 pr. ha. Udbyttekurven er konstrueret på grundlag af de i marken tilførte kalkmængder og de ved hver kalkdosering målte udbytter.

Følgende priser er benyttet ved beregningen:

1. Kalk pr. t udbragt i marken 80,00 kr.
2. Byg pr. hkg 110,00 Kr.

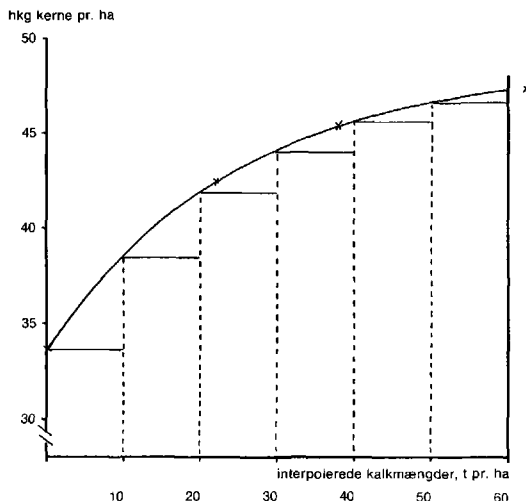


Fig. 3. Kalkningsøkonomi på klægjord. Stauning.
Economic of liming on loam-soil.

Tabel 15. Kalkningsøkonomi ved bygdyrkning på klægjord. Stauning
Economy of liming by growing of barley in clay-loam

Kalktillæg à 10 t kalk	opsummeret kalkmængde	merudbytte pr. tillæg årlig		udgift til kalkning	kapitalfor- rentning
		hkg kerne pr. ha	kr.		
1.	10	4,9	539	800	67
2.	20	3,3	363	800	45
3.	30	2,1	231	800	29
4.	40	1,5	165	800	21
5.	50	1,0	110	800	14
6.	60	0,7	77	800	10
I alt	60	13,5	1485	4.800	Gns. 31

På Hestholm arealet er på tilsvarende måde 1. tillæg af 10 t kalk blevet forrentet med 103%, medens 2. tillæg af samme mængde er blevet forrentet med 19%.

På arealet i Åbjerg enge har der i intet tilfælde kunnet opnås en forrentning på over 10%.

Kalkning har på alle arealer medført en betydelig stigning af jordbundsreaktionen. Stigningen har været størst ved de største kalkmængder. Reaktionsstallene har i den sidste del af forsøgsperioden vist en faldende tendens. For at opretholde et ønsket højt pH-niveau bør snarest gennemføres en vedligeholdelseskalkning.

De største merudbytter for kalkning er på alle arealer opnået i de år, hvor nedbørsunderskuddet i vækstperioden har været størst. Kalkning bør værdsættes højt på klæggholdige jordtyper og er en forudsætning for at opnå et godt dyrkningsresultat og for at opretholde et stabilt udbyttensniveau.

Litteratur

- Hansen, L.* (1963): Strukturforsøg på marskjord. Tidsskr. Planteavl 73, 25-37.
- Jessen, Th.* (1973): Kalkning og gødskning af veldrænet mosejord. Tidsskr. Planteavl 77, 547-567.
- Jessen, Th.* (1975): Kalk og superfosfat til lavbundsjord. Tidsskr. Planteavl 79, 517-535.
- Jessen, Th.* (1982): Dybpløjning og kalkning af lagdelt klægjord med sur undergrund. Tidsskr. Planteavl 86, 119-126.
- Kjellerup, C. M.* (1973): Drænings- og strukturforsøg på marskjord. Tidsskr. Planteavl 77, 471-494.
- Larsen, V. & Andersen, Sv. Aa.* (1977): Afvanding af pyritholdig jord og drænvandets kvalitet. Det Danske Hedeselskab, Forsøgsvirksomhedens ber. nr. 17, 69 pp.
- Mølle, Kr. G. & Jessen, Th.* (1970): Fastliggende forsøg med gips, kalk og gødning på klægjord i Skjernådaalen 1963-68. Tidsskr. Planteavl 74, 130-144.

Manuskript modtaget den 18. november 1981.