



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG

Oversigt over **Landsforsøgene 2013**



*Foto på omslaget:
Janne Aalborg Nielsen, Videncentret for Landbrug,
Planteproduktion*

Læs mere om Oversigt over
Landsforsøgene 2013 på
www.landbrugsinfo.dk/oversigten

Scanprint a|s

Oversigt over Landsforsøgene 2013

Forsøg og undersøgelser i
Dansk Landbrugsrådgivning

Samlet og udarbejdet af
LANDBRUG & FØDEVARER, PLANTEPRODUKTION
ved chefkonsulenterne
Jon Birger Pedersen og Carl Åge Pedersen



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG

Planteproduktion

Agro Food Park 15 T +45 8740 5000
Skejby F +45 8740 5010
DK 8200 Aarhus N vfl.dk

Aktiviteterne er blandt andet støttet af:



Se 'European Agricultural Fund for Rural Development' (EAFRD)

Se i øvrigt afsnittet Sponsorer og uvildighed.



Gødskning

Stigende mængder kvælstof

Det er af både økonomiske og miljømæssige årsager vigtigt at kunne bestemme kvælstofbehovet på markniveau så nøjagtigt som muligt. Forsøgene er grundlaget for de kvælstofnormer, der årligt indstilles til NaturErhvervstyrelsen, og de belyser, hvad de underoptimale kvælstofnormer koster i udbytte. Metoden til at beregne den optimale kvælstofmængde er beskrevet i afsnittet Sorter, priser, midler og udviklingsstadier.

Kvælstofbehovet på den enkelte mark afhænger blandt andet af jordtypen og jordens indhold af organisk stof og kvælstof. Jordfysiske parametre påvirker markens udbyttepotentiale og jordens evne til at frigøre kvælstof og dermed kvælstofbehovet. Jordens dyrkningshistorie, herunder forfrugt og tidligere års tilførsel af let omsætteligt organisk stof i form af husdyrgødning og afgrøderester, påvirker også kvælstofbehovet. Desuden har klimaet i vækstsæsonen betydning for kvælstofbehovet.

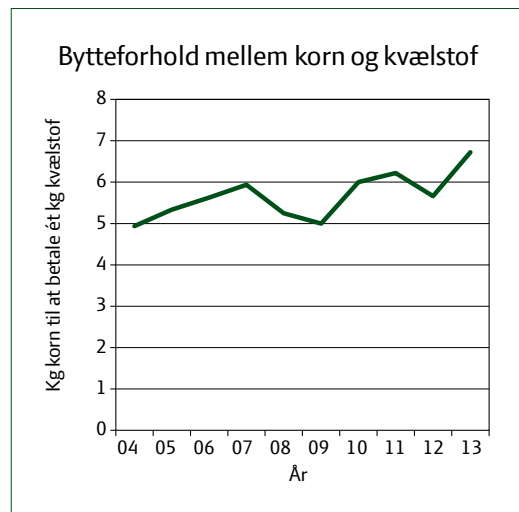
Forsøgene viser derfor en stor variation i kvælstofbehovet mellem markerne. En del af variationen kan skyldes, at bestemmelsen af kvælstofbehovet i enkeltforsøgene er behæftet med en relativt stor usikkerhed. Det kan i nogen grad sløre den systematiske variation som følge af forskelle i forfrugt, eftervirkning af husdyrgødning m.m.

Den store variation i kvælstofbehovet mellem enkeltforsøgene betyder, at man skal være meget forsigtig med at drage konklusioner om en afgrødes normale kvælstofbehov ud fra gennemsnitsresultater af forsøgsserier med mindre end cirka ti forsøg. Sidst i afsnittet er der i tabel 7 en oversigt over resultaterne af de seneste ti års forsøg i forskellige afgrøder, opdelt efter forfrugt og jordtype. Tabel 7 kan bruges som udgangspunkt for at forudsige kvælstofbehovet og udbyttekurven i den enkelte mark.

Alle forsøg med stigende mængder kvælstof i 2013 er etårige. Det vil sige, at forsøgsarealet i årene forud er gødet som den omgivende mark. Derfor kan resultaterne ikke bruges som udtryk for, hvad det på lang sigt koster at reducere kvælstofmængden.

I 2013 er bytteforholdet mellem korn og kvælstof således, at der skal avles 6,7 kg korn for at betale 1,0 kg kvælstof. Som gennemsnit af årene har bytteforholdet typisk svinget mellem 5 og 6 omkring dette niveau, men det har svinget meget i de senere år. Se figur 1. Bytteforholdet har i 2013 været dårligere end i de fleste andre år. Bytteforholdet har afgørende indflydelse på den optimale kvælstofmængde. Hver gang bytteforholdet ændres 1 enhed, ændres den optimale kvælstofmængde i korn med cirka 5 kg kvælstof pr. ha.

Den økonomisk optimale kvælstofmængde er beregnet ved to korrektioner af kornprisen efter proteinindhold, henholdsvis 0,00 og 2,72 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein ud fra prisen for den respektive kornart. Der er kun korrigeret for protein op til en proteinprocent på 12,0. Korrektionerne svarer til, at der sælges foderkorn (ingen korrektion for protein), eller at kornet fodres op til svin (2,72 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein). Dette svarer til den gennemsnitlige værdi af protein, regnet



Figur 1. Udvikling i bytteforholdet mellem korn og kvælstof i perioden 2004 til 2013. Bytteforholdet angiver, hvor mange kg korn der skal avles for at betale for 1 kg kvælstof. Bytteforholdet påvirker den optimale kvælstofmængde.

Tabel 1. Stigende mængder kvælstof til vårbyg i 2013 og i gennemsnit fra 2008 til 2012. (N1)

Vårbyg	2008-2012			2013					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha ²⁾
Forfrugt korn									
Antal forsøg	28	28	28	6	6	6	6	6	6
Grundgødet	0,0	10,0	34,6	0	8,7	57	48,1	-	-
40 N	0,0	10,1	11,7	0	8,7	70	10,8	7,3	7,3
80 N	0,0	10,4	20,1	0	9,4	84	18,3	12,0	13,0
120 N	0,4	11,2	24,6	0	9,9	93	20,9	11,9	13,8
160 N	1,5	11,7	26,6	0	10,6	101	22,0	10,1	13,1
200 N	2,3	12,5	27,0	1	11,3	106	21,1	6,4	10,5
LSD						7	3,2		
					2008-2012	2013			
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha					35 (8-82)	55 (32-82)			
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha					133 (74-216)	111 (87-136)			
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha					27,0 (12,6-41,7)	21,0 (16,4-29,0)			
Proteinkorrigeret optimum					151 (78-240)	128 (93-165)			
Forfrugt sukkerroer									
Antal forsøg	11	11	11	2	2	2	2	2	2
Grundgødet	0,0	9,4	38,0	0	8,6	41	35,1	-	-
40 N	0,1	9,3	16,3	0	8,6	61	17,4	13,9	13,9
80 N	0,6	9,7	26,5	0	8,7	77	29,8	23,5	23,7
120 N	1,7	10,5	33,0	0	9,7	99	40,3	31,2	33,2
160 N	2,9	11,1	35,2	0	10,4	109	41,8	29,9	33,1
200 N	3,6	11,6	33,7	0	11,1	119	43,4	28,7	33,3
LSD						10	1,9		
					2008-2012	2013			
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha					46 (25-100)	74 (48-100)			
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha					136 (112-151)	153 (153-153)			
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha					34,8 (23,1-42,8)	42,5 (41,3-43,7)			
Proteinkorrigeret optimum					151 (124-200)	168 (164-171)			

¹⁾Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje.²⁾ Proteinkorrekationen er foretaget med en pris på protein på 2,72 kr. pr. pct.-enhed protein pr. hkg.

ud fra gennemsnittet af de seneste fem års priser på korn og soyaskrå. I maltbyg er der derimod en øvre grænse for, hvor meget protein der må være i kornet. Her er der behov for at se på risikoen for at overstige denne grænse ved en forøgelse af kvælstoftildelingen. Omvendt er der for brødhvede krav om en proteinprocent på minimum 12 procent. Her er det vigtigt, at først og fremmest kvælstofmængden afpasses, så dette nås. Ved at anvende en del af gødningen som sengødskning forøges proteinindholdet, men den samlede kvælstofmængde er mere afgørende.

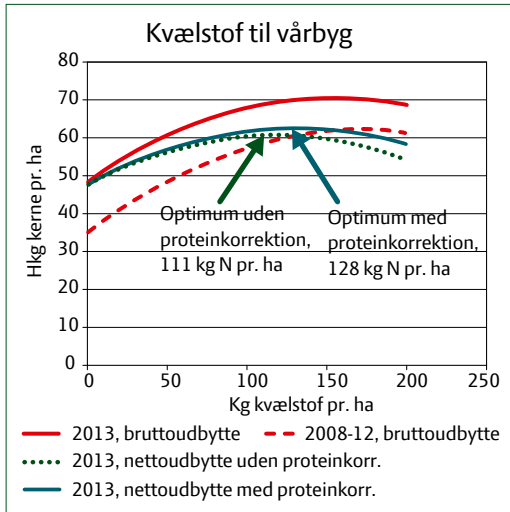
Kvælstof til vårbyg

Vårbyg med forfrugt korn

Den optimale kvælstofmængde til vårbyg med forfrugt korn er i årets seks forsøg bestemt til 111 kg kvælstof pr. ha, hvilket er 22 kg mindre end i

årene forud. Indholdet af tilgængeligt kvælstof i jorden (N-min), målt før anlæg af forsøgene, har været 20 kg kvælstof højere end normalt. Se tabel 1. Det høje indhold af N-min kan skyldes, at fem af de seks forsøg er gennemført på lerjord. I tre af forsøgene har forsøgsarealet fået tilført en betydelig mængde husdyrgødning i årene forud.

Udbyttet i det ugødede forsøgsled er meget stort, sammenlignet med de foregående år, mens merudbyttet for at tilføre kvælstof i 2013 er lidt lavere. Ved optimum er der i 2013 høstet 69,1 hkg eller 8,5 hkg pr. ha mere end i årene forud. Proteinindholdet er betydeligt lavere end i de foregående år ved samme kvælstofniveau. Det meget store udbytte i 2013 skyldes dels, at en større del af forsøgene er gennemført på lerjord, dels de gode vækstbetingelser for vårbyg i 2013.



Figur 2. Bruttoudbytte for stigende mængder kvælstof til vårbyg med forfrugt korn i 2013 og 2008 til 2012. Nettoudbytte med og uden korrektion for protein i 2013.

I foderbyg giver en højere proteinprocent en højere værdi af kornet. Derfor stiger den optimale kvælstofmængde fra 111 kg, hvor der ikke regnes med en værdiforøgelse af kornet ved stigende

proteinindhold, til 128 kg kvælstof pr. ha, hvor der indregnes en værdi af protein til 2,72 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg. Selv ved tilførsel af 160 kg kvælstof pr. ha i 2013 er proteinindholdet betydeligt under 11,0 procent, som er grænsen for maltbyg. Se figur 2.

Vårbyg med forfrugt sukkerroer

Den optimale kvælstofmængde til vårbyg med forfrugt sukkerroer er i to forsøg på Lolland-Falster bestemt til 153 kg kvælstof pr. ha, hvilket er 17 kg pr. ha mere end i de foregående år. Udbytteerne i 2013 er meget store og i gennemsnit 77,6 hkg pr. ha. Der er ikke i nogen af forsøgene tilført husdyrgødning i årene forud. Proteinindholdet er ligesom ved forfrugt korn meget lavt i 2013.

Vårbyg med forfrugt majshelsæd

I ét forsøg i Sønderjylland på JB 1 med majshelsæd som forfrugt på et areal, hvor der er tilført betydelige kvælstofmængder i husdyrgødning i tidligere år, og hvor der indgår kløvergræs i sædskiftet, er der høstet et meget stort udbytte i det ugødede forsøgsled. Alligevel er der opnået et betydeligt merudbytte for tilførsel af ekstra kvælstof, og den optimale kvælstofmængde er bestemt til 144 kg kvælstof pr. ha. Se Tabelbilaget, tabel N1.

Tabel 2. Stigende mængder kvælstof til vårhvede. (N2)

Vårhvede	2010-2012			2013					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>									
<i>Antal forsøg</i>	8	8	8	3	3	3	3	3	3
Grundgødet	0	11,1	28,8	0	10,6	57	35,6	-	-
50 N v. såning	0	10,9	11,4	0	10,7	79	14,2	10,2	10,2
100 N v. såning	0	11,7	20,9	0	11,4	101	23,6	16,3	17,3
150 N v. såning	0	12,8	25,6	0	12,8	121	27,6	16,9	18,8
200 N v. såning	0	13,6	27,6	0	13,5	131	29,4	15,3	16,3
100 N v. såning + 50 N st. 55	0	13,2	23,3	0	13,4	130	29,5	18,1	17,7
120 N v. såning + 30 N st. 55	0	12,9	25,4	0	13,0	117	24,6	13,2	12,7
150 N v. såning + 30 N st. 55	0	13,5	26,4	0	13,7	134	29,8	16,4	17,4
LSD						12,1	6,1		
LSD 2-8						13,2	5,5		
2010-2012 2013									
51 (9-100) 37 (18-61)									
152 (107-195) 153 (121-173)									
26,7 (15,1-38,4) 29,3 (20,2-35,0)									
165 (134-209) 169 (131-200)									

Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha

Gns. optimale N-mængder, kg N pr. ha

Gns. merudb. ved optimalt N-niveau, hkg pr. ha

Gns. optimale N-mængder, korrigeret for protein, kg N pr. ha

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje. ²⁾ Proteinkorrektionen er foretaget med en pris på protein på 2,72 kr. pr. pct.-enhed protein pr. hkg.

Kvælstof til vårhvede

I tre forsøg i vårhvede er den optimale kvælstofmængde bestemt til 153 kg kvælstof pr. ha.

Vårhvede dyrkes normalt til fremstilling af brød. Vårhvede har tidligere typisk være dyrket på lavbundsarealer, men med stigende krav om efterafgrøder og med det deraf følgende stigende vårsædsareal samt vårhvedens gode kvalitetsegenskaber som brødhvede er der interesse for en øget dyrkning. For at belyse kvælstofbehovet i vårhvede på mineraljord blev der i 2010 påbegyndt en forsøgsserie med stigende mængder kvælstof. I 2013 er der gennemført tre forsøg efter denne forsøgsplan. Kvælstof er tilført før såning, og i de sidste tre forsøgsled er der suppleret med en sengødskning i vækststadium 55. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 2. De tre forsøg fordeler sig på JB 1, 4 og 7. Til to af forsøgsarealerne er der tilført betydelige mængder husdyrgødning i årene forud. Forfrugten er korn.

Udbyttet i det ugødede forsøgsled er stort i 2013 i forhold til de foregående år, men der er opnået samme merudbytte for kvælstoftilførsel. Proteinprocenten er på samme niveau som i de foregående år. Ved tilførsel af 150 kg kvælstof pr. ha før såning er der opnået et proteinindhold på 12,8 procent, hvilket er tilstrækkeligt til at opfylde kvalitetskravet til vårhvede til brød på 11,5 procent. Ved en samlet tilførsel af kvælstof på 150 kg pr. ha er afprøvet en deling af gødskningen med en stigende andel af kvælstofmængden, tilført i vækststadium 55. Tilførsel af 100 kg kvælstof ved såning, suppleret med 50 kg i vækststadium 55, har resulteret i en stigning i proteinprocenten på 0,6 procentenheder i forhold til samme mængde, tildelt på én gang.

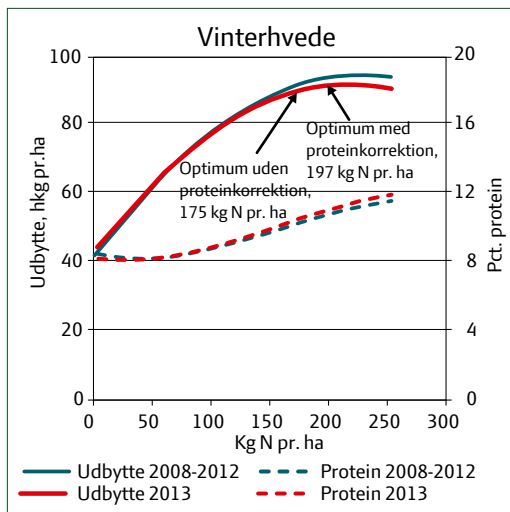
Kvælstof til vinterhvede

I vinterhvedeforsøgene er kvælstoftildelingen i hovedparten af forsøgene sket ad to gange. På grund af det sene forår er gødningen udbragt lidt senere end planlagt. I hovedparten af forsøgene er første gødningstilførsel med 50 kg kvælstof pr. ha sket medio april, mens resten er udbragt ultimo april.

Vinterhvede med forfrugt korn

Den optimale kvælstofmængde til vinterhvede med forfrugt korn er uden korrektion for proteinindhold bestemt til 175 kg kvælstof pr. ha i gennemsnit af 11 forsøg i 2013. Det er 12 kg kvælstof lavere pr. ha end i årene forud. Se figur 3 og tabel 3.

Ét forsøg er gennemført på henholdsvis JB 1 og JB 4, mens resten af forsøgene er gennemført på JB



Figur 3. Udbytte og merudbytte samt proteinindhold i kerne i vinterhvede med forfrugt korn i 2013 og i perioden 2008 til 2012.

5 til 7. I seks af forsøgene er der tilført betydelige mængder husdyrgødning i årene forud.

Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er i 2013 på niveau med de foregående år, men merudbyttet for at tilføre kvælstof er betydeligt mindre. Proteinindholdet i kernerne er på samme niveau i 2013 ved samme kvælstofniveau som i foregående år.

Op til en kvælstoftilførsel på 200 kg kvælstof pr. ha har marginaloptagelsen i kerne i 2013 været 47 procent af det tilførte kvælstof. I de foregående år var marginaloptagelsen i kerne 49 procent. Dertil kommer en optagelse af kvælstof i halm, der normalt udgør omkring 20 procent af optagelsen i kerne. Inklusive optagelsen i halm er der optaget 59 procent af det tilførte kvælstof i årene 2008 til 2012. Se figur 4.

Med et kvalitetstillæg på 2,72 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein op til 12,0 procent protein stiger den optimale kvælstofmængde i 2013 fra 175 uden korrektion for protein til 197 kg kvælstof pr. ha.

Vinterhvede efter vinterraps og andre forfrugter

Tre ud af fire forsøg med vinterraps som forfrugt er gennemført på JB 3 og 4, og i alle fire forsøg er der tilført betydelige mængder husdyrgødning i årene forud. I 2013 er der bestemt en optimal kvælstofmængde på kun 111 kg kvælstof pr. ha, hvilket er

Table 3. Stigende mængder kvælstof til vinterhvede. (N3)

Vinter-hvede	2007-2012		2013					
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettommerudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Nettommerudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
Forfrugt korn								
Antal forsøg	41	42	11	11	11	11	11	11
Grundgødet	8,4	41,6	0	8,6	55	43,0	-	-
50 N	8,2	21,2	0	8,3	80	21,5	17,5	17,1
100 N	8,7	37,6	0	9,1	107	35,9	28,5	29,4
150 N	9,8	47,1	0	10,1	130	43,5	32,9	35,8
200 N	10,8	50,5	0	11,1	148	47,0	32,9	37,8
250 N	11,5	52,2	1	11,7	158	48,0	30,6	36,9
LSD					9	4,7		
				2008-2012		2013		
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha				37 (9-60)		38 (17-66)		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha				187 (98-265)		175 (102-221)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha				52,0 (18,9-84,0)		46,9 (20,8-73,2)		
Gns. proteinindhold ved optimum				10,5 (9,1-13,1)		10,4 (8,9-12,1)		
Gns. optimal N-mængde korr. for protein				205 (115-300)		197 (117-235)		
Forfrugt vinterraps								
Antal forsøg	20	20	4	4	4	4	4	4
Grundgødet	8,2	51,5	0	9,4	77	54,4	-	-
50 N	8,2	19,3	0	9,4	104	19,6	15,6	15,6
100 N	8,9	32,9	0	11,1	133	26,3	18,9	21,8
150 N	9,7	39,2	1	12,3	150	27,0	16,5	21,7
200 N	10,8	41,3	1	13,4	163	27,1	13,0	20,2
250 N	11,2	42,5	1	14,0	169	26,6	9,2	17,3
LSD					13	11,6		
				2008-2012		2013		
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha				47 (14-100)		36 (18-57)		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha				167 (92-217)		110 (79-187)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha				71,3 (28,3-54,2)		29,5 (18,4-51,9)		
Gns. proteinindhold ved optimum				10,0 (8,9-11,2)		10,8 (10,6-11,2)		
Gns. optimal N-mængde korr. for protein, kg N pr. ha				189 (102-135)		131 (102-211)		

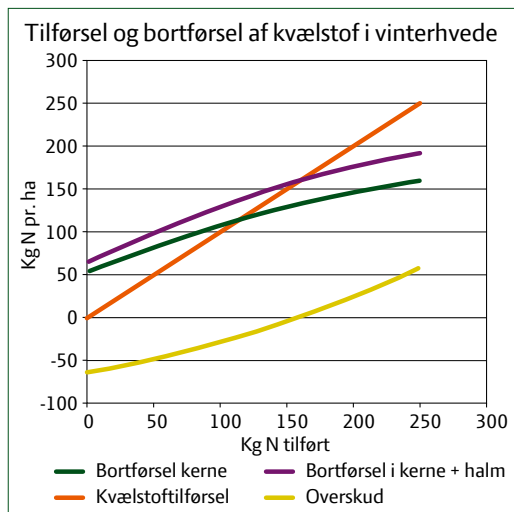
¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje. ²⁾ Protein-korrektionen er foretaget med en pris på protein på 2,72 kr. pr. pct.-enhed protein pr. hkg.

57 kg kvælstof pr. ha mindre end i årene forud. Merudbyttet for tilførsel af kvælstof er betydeligt lavere end i årene forud. Det samme gælder udbytte-niveauet. Proteinprocenten ved samme kvælstofniveau er betydeligt højere i 2013 end i årene forud. Årsagen til den markante afvigelse mellem resultaterne i 2013 og i årene forud kan være, at alle forsøg i 2013 er tilført husdyrgødning i årene forud, og at de overvejende er gennemført på JB 3 og 4.

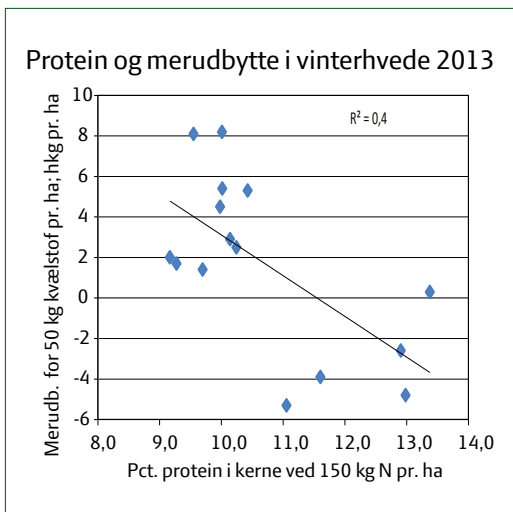
Der er desuden gennemført ét forsøg på JB 1 med majshelsæd som forfrugt. I dette forsøg er der bestemt en optimal kvælstofmængde på 189 kg kvælstof pr. ha ved et udbytte-niveau på 69 hkg pr. ha. Forsøget er tilført betydelige mængder husdyrgødning i årene forud.

Kvælstofbalancen ved stigende kvælstoftilførsel
I figur 4 er vist tilførsel af kvælstof, bortførsel og forskellen mellem tilførsel og bortførsel af kvælstof i vinterhvede med forfrugt korn i gennemsnit af forsøgene 2008 til 2012. Bortførslen af kvælstof er vist for kerne alene og for summen af kerne + halm, hvor det er antaget, at bortførslen i halm udgør 20 procent af bortførslen i kerne.

Der er ligevægt mellem tilførsel og bortførsel op til en kvælstoftilførsel på 150 kg pr. ha. Fra 150 til 250 kg kvælstof pr. ha stiger overskuddet af kvælstof fra 0 til 50 kg pr. ha.



Figur 4. Sammenhæng mellem tilførsel og bortførsel af kvælstof i vinterhvede med forfrugt korn. Beregnet ud fra forsøg 2008 til 2012.



Figur 5. Sammenhæng mellem merudbytte for at gå fra en tilførsel på 150 til 200 kg kvælstof pr. ha og proteinprocenten i kerne i 15 forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede i 2013.

Protein som indikator for kvælstofbehov i vinterhvede

Det er tidligere på baggrund af landsforsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede vist, at proteinindholdet i den indhøstede kerne kan bruges til at vurdere, om vinterhveden har været tilstrækkeligt forsynet med kvælstof. En information, der kan bruges fremadrettet til at justere kvælstoftildelingen til de enkelte marker. Er proteinindholdet under 10,0 procent, er der stor sandsynlighed for, at der kunne være opnået en større indtjening ved at have forøget kvælstofmængden. Er proteinindholdet i den høstede vare derimod over 12 procent, vil det sandsynligvis ikke være tilfældet.

I figur 5 er sammenhængen mellem merudbytte ved at forøge kvælstofmængden fra 150 til 200 kg kvælstof pr. ha vist som funktion af proteinindholdet ved tilførsel af 150 kg kvælstof pr. ha. Ved proteinprocenter på under godt 10 procent er der i de fleste af forsøgene opnået merudbytte for at tilføre yderligere 50 kg kvælstof pr. ha, mens det ikke har været tilfældet i forsøg, hvor proteinprocenten har været over 11 procent.

Kvælstof til vinterbyg

I årets fire forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterbyg er der bestemt en optimal kvælstofmængde på 158 kg kvælstof pr. ha. Det er 6 kg kvælstof lavere end i årene forud.

Forsøgene er gennemført på JB 1 til 6, og i tre af forsøgene er der tilført væsentlige mængder husdyrgødning i årene forud. Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er større i 2013 end i årene forud, mens merudbyttet for kvælstof er på samme niveau. Indholdet af N-min ved vækstsæsonens begyndelse er betydeligt under indholdet i de foregående år.

Proteinprocenten er ved tilførsel udover 100 kg kvælstof pr. ha stærkt påvirket af kvælstoftilførslen. Korrektion af prisen for stigende proteinindhold bevirker, at den økonomisk optimale kvælstofpris stiger fra 158 til 183 kg kvælstof pr. ha.

Kvælstof til vinterrug og tritiale

Der er for første gang i flere år gennemført forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterrug. Der er en forøget interesse for dyrkning af vinterrug til svinefoder, fordi vinterrug ofte giver større udbytte end vinterhvede og vinterbyg, specielt på sandjord.

Der er i 2013 gennemført to forsøg i Nordvestjylland på JB 4 og JB 6, hvor der er tilført moderate mængder husdyrgødning i årene forud. Udbyttet ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde er 77,2 hkg pr. ha. Marginaloptagelsen i kerne alene af kvælstof har været 54 procent af den tilførte kvælstofmængde op til 160 kg kvælstof pr. ha, hvilket er meget højt, sammenlignet med andre kornarter. Den optimale kvælstofmængde er bestemt til 138 kg kvælstof pr. ha uden korrektion for

Table 4. Stigende mængder kvælstof til vinterbyg. (N4)

Vinterbyg	2007-2012		2013					
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub., uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub., med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>								
<i>Antal forsøg</i>	13	13	4	4	4	4	4	4
Grundgødet	9,6	26,7	0	9,5	40	31,2	-	-
50 N	9,1	19,8	0	9,1	68	23,5	19,4	18,9
100 N	10,1	35,3	0	9,9	88	34,4	26,7	27,4
150 N	11,5	41,8	0	11,1	111	42,2	31,1	33,8
200 N	13,0	43,6	0	12,2	127	45,2	30,6	35,3
LSD					11	11,8		
LSD 2-5					10,4	10,0		
			2007-2012		2013			
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>			53 (12-100)		25 (8-32)			
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>			164 (113-196)		158 (96-201)			
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>			48,8 (32,9-80,6)		45,1 (18,6-72,9)			
<i>Gns. proteinindhold ved optimum</i>			11,3 (9,6-13,1)		10,9 (10,4-11,5)			
<i>Gns. optimal N-mængde korr. for protein</i>			186 (123-250)		183 (122-222)			

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje. ²⁾ Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 2,72 kr. pr. pct.-enhed protein pr. hkg.

Table 5. Stigende mængder kvælstof til vinterrug. (N5)

Vinterrug	1994-2003		2013					
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub., uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub., med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>								
<i>Antal forsøg</i>	21	21	2	2	2	2	2	2
Grundgødet	10,3	34,1	0	7,4	35	32,3	-	-
40 N	9,0	13,8	0	6,2	49	20,6	16,0	14,8
80 N	9,5	24,0	0	7,5	76	36,3	28,4	29,1
120 N	10,9	27,3	0	8,9	97	41,2	30,0	33,4
160 N	12,4	29,7	0	10,2	119	46,0	31,4	37,9
200 N	-	-	0	10,5	121	45,4	27,4	34,5
LSD								
			1993-2002		2013			
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>			34 (8-99)		15 (10-21)			
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>			118 (0-250)		138 (114-161)			
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>			29,5 (0-47,1)		44,9 (37,1-52,7)			
<i>Gns. proteinindhold ved optimum</i>			8,7 (6,7-10,3)		9,4 (8,8-10,0)			
<i>Gns. optimal N-mængde korr. for protein</i>			138 (67-210)		159 (131-187)			

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje. ²⁾ Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 2,72 kr. pr. pct.-enhed protein pr. hkg.

protein. Ved korrektion af afregningsprisen for protein øges den optimale kvælstofmængde til 159 kg kvælstof pr. ha.

I tabel 5 er resultaterne i 2013 sammenlignet med et gennemsnit af resultaterne af ældre forsøg. Udbyttet i 2013 og kvælstofbehovet ligger betydeligt over disse resultater. Det kan skyldes, at der i 2013 er dyrket hybridrug, mens det ikke har været tilfælde

det i flere af de ældre forsøg. Desuden er forsøgene i 2013 gennemført på lerjord.

Der er gennemført ét forsøg i tritcale på JB 3 med forfrugt korn. Der er bestemt en optimal kvælstofmængde på 103 kg kvælstof pr. ha ved et udbytte-niveau på 54 hkg pr. ha uden hensyntagen til proteinprocent.

Tabel 6. Stigende mængder kvælstof til vinterraps. (N6)

Vinterbyg	2008-2012	2013			
	Udb. og merudb., std.-kvalitet, hkg pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Pct. olie i tørstof	Udb. og merudb., std.-kvalitet, hkg pr. ha	Nettomerudbytte, hkg pr. ha
Forfrugt korn					
Antal forsøg	7	2	2	2	2
Grundgødnet	25,4	0	52,5	29,5	-
50 N	7,3	0	52,2	9,2	7,0
100 N	11,9	0	51,2	14,7	11,0
150 N	15,0	0	50,8	19,2	14,0
200 N	16,6	0	50,1	22,4	15,6
250 N	18,1	0	49,8	23,9	15,5
LSD	3,8			13,0	
			2008-2012	2013	
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha			25 (12-39)	60 (22-98)	
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha			202 (81-254)	204 (172-236)	
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha			16,8 (3,2-27,6)	23,0 (12,0-34,0)	

¹⁾Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje.

Kvælstof til vinterraps

I tabel 6 er vist resultaterne af to forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterraps i 2013. Der er ikke givet kvælstof til nogen af forsøgene i efteråret i 2013. Dette var tilfældet for nogle af forsøgene i årene forud.

Kvælstofmængden om foråret er tilstræbt udbragt ad to gange. I det ene forsøg i 2013 er kvælstof udbragt ultimo marts og medio april. I det andet forsøg er hele kvælstofmængden på grund af det sene forår først tildelt i begyndelsen af april.

I forsøgene i 2013 er der opnået både et stort grundudbytte og et højt merudbytte. Den optimale kvælstofmængde er beregnet til 204 kg kvælstof pr. ha, hvilket er samme niveau som i årene forud.

Andre forsøg med stigende mængder kvælstof

I kernemajs er der gennemført tre forsøg med stigende mængder kvælstof. Tilsvarende er der gennemført fire forsøg i majshelsæd. Resultaterne heraf fremgår af afsnittet om majs. I frøgræs er der gennemført forsøg med strategier for kvælstoftilførsel til alm. rajrgræs. Der er gennemført forsøg med stigende kvælstofmængder til energipil samt til rørrgræs og strandsvingel.

Oversigt over forsøg med stigende mængder kvælstof

I tabel 7 ses et sammendrag af flere års forsøg med kvælstof til forskellige afgrøder. Beregningen af den optimale kvælstofmængde er foretaget uden korrektion for protein, bortset fra i majshelsæd.

Den optimale kvælstofmængde skal derfor korrigeres for prisen på protein i tilfælde af, at kornet opfodres. Ved en pris på protein på 2,72 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg korn er denne korrektion 15 til 20 kg kvælstof pr. ha.

For afgrøder, hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er der anvendt de seneste ti års forsøg, mens der for andre afgrøder er anvendt forsøg fra en længere årrække.

Hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er de opdelt efter forfrugt, jordtype og tilførsel af husdyrgødning til forsøgsarealet de foregående år. Der er ikke tilført husdyrgødning til forsøgsafgrøden, bortset fra vinterraps, hvor der kan være tilført en vis mængde om efteråret.

I vårbyg er udbyttet i det grundgødede forsøgsled større på JB 5 og 6 end på JB 1 til 4. Udbyttet på sandjord er præget af, at de fleste forsøg er vandet i år, hvor der har været vandingsbehov. Kvælstofbehovet er i forsøg uden husdyrgødning højest på sandjorden. Det kan skyldes, at indholdet af N-min ved vækstsæsonens begyndelse er lavest på JB 1 til 4. Det største kvælstofbehov er bestemt på JB 7 til 9, hvor udbyttet også er størst. Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er langt større efter kløvergræs end efter andre forfrugter, og den optimale kvælstofmængde er med denne forfrugt beregnet til kun 35 kg kvælstof pr. ha. Det skyldes dels eftervirkningen af selve afgrøden, dels af den husdyrgødning, der er afsat under afgræsning af arealet.

Tabel 7. Optimale kvælstofmængder uden hensyntagen til proteinindholdet

Afgrode	Forfrugt	Periode for forsøg	JB nr.	Husdyr- gødning i sæd- skiftet	Antal forsøg	N-min, kg N pr. ha	Udb. og merudb., hkg pr. ha						Økonomisk optimalt udbytte, hkg pr. ha	Økonomisk optimal N-tilførsel, kg N pr. ha	
							Handelsgødning, kg N pr. ha								
							0	40	80	120	160	200			
Vårbyg	Korn	2004-2013	1-4	Nej	10	25	32,7	12,9	22,8	27,4	29,0		62,2	135	
Vårbyg	Korn	2004-2013	1-4	Ja	36	39	33,2	10,2	17,0	19,8	20,4		53,7	109	
Vårbyg	Korn	2004-2013	5-6	Nej	12	44	39,0	13,0	19,5	24,3	25,7		65,6	120	
Vårbyg	Korn	2004-2013	5-6	Ja	14	62	36,1	12,3	19,4	23,1	23,9		59,4	114	
Vårbyg	Korn	2004-2013	7-9	Nej	8	46	36,7	12,9	23,1	27,5	30,5		66,7	140	
Vårbyg	Sukkerroer	2004-2013	5-6	Nej	9	56	35,3	12,4	20,9	25,3	26,3		61,1	119	
Vårbyg	Sukkerroer	2004-2013	7-9	Nej	9	48	39,2	16,3	27,9	33,3	35,4		74,4	133	
Vårbyg	Kartofler	1998-2013	1-4	Nej	15	28	25,3	15,2	23,8	28,3	30,3		57,8	131	
Vårbyg	Kløvergræs	1999-2013	1-4	Ja	19	49	48,2	2,6	2,7	1,4	0,6		51,9	30	
Havre	Korn	1999-2013	1-4	Ja/nej	11	42	29,9	11,7	18,3	20,3	20,4		50,7	99	
Vinterrug	Korn	1999-2012	1-4	Ja/nej	8	19	31,0	12,6	22,3	27,6	30,3	32,1	63,4	159	
							Handelsgødning, kg N pr. ha								
							0	50	100	150	200	250			
Vinterhvede	Korn	2004-2013	1-4	Ja	16	36	39,8	15,8	25,9	30,4	31,3	31,6	71,7	148	
Vinterhvede	Korn	2004-2013	5-6	Nej	47	43	40,7	20,7	36,9	45,1	48,3	49,3	90,1	184	
Vinterhvede	Korn	2004-2013	5-6	Ja	15	40	42,5	21,1	36,8	45,9	50,2	52,2	93,8	184	
Vinterhvede	Korn	2004-2013	7-9	Nej	31	41	43,6	19,2	35,2	43,9	47,8	49,3	92,2	186	
Vinterhvede	Raps	2004-2013	1-4	Ja	4	45	57,8	16,3	24,2	26,3	25,3	24,7	84,7	116	
Vinterhvede	Raps	2004-2013	5-9	Ja	6	38	52,5	17,8	28,0	33,7	33,8	34,9	87,2	145	
Vinterhvede	Bælgsæd	1999-2013	1-4	Ja/nej	8	39	35,7	23,7	35,9	43,9	45,1	47,8	82,7	173	
Vinterhvede	Bælgsæd	1999-2013	5-6	Ja/nej	11	41	54,6	18,2	32,0	39,6	42,3	42,3	99,1	176	
Vinterhvede	Kløvergræs mv.	1999-2013		Ja	Ja	5	50,2	58,8	14,0	20,3	20,9	17,7	13,3	80	
Vinterbyg	Korn	2003-2012	1-4	Ja	6	28	24,9	17,7	28,9	32,2	32,0		57,5	130	
Vinterbyg	Korn	2003-2012	5-9	Ja/nej	9	35	34,8	19,3	33,1	37,6	38,3		73,7	146	
Triticale		1999-2013	1-9	Nej	12	26	18,9	11,3	21,0	24,9	26,2	26,8	44,5	144	
Vinterraps ¹⁾		1999-2013	1-4	Ja/nej	6	42	2.563	544	908	1.170	1.347	1.478	3.896	168	
Vinterraps ¹⁾		1999-2013	5-9	Ja/nej	17	27	2.605	779	1.369	1.711	1.926	2.018	4.564	187	
							Udb. og merudb., kg frø pr. ha						Kg frø pr. ha		
							0	40	80	120	160	200			
Alm. rajgræs ²⁾		1999-2001	1-9	Ja/nej	16		537	291	528	674	730	721	1.211	149	
							0	20	40	60			1.229	46	
Rødsvingel ^{2), 3)}		1999-2001	1-9	Ja/nej	19		1.040	86	137	181					
							100	130	160	190			1.306	110	
Engrapgræs ²⁾		2005-2008	1-9	Ja/nej	10		1.129	110	140	113					
							Udb. og merudb., hkg sukker pr. ha						Hkg sukker pr. ha	92	
Sukkerroer ²⁾			4-7	Ja/nej	12		97,5	23,4	31,9	34,4	33,2				
							Udb. og merudb., hkg knolde pr. ha						Hkg knolde pr. ha	232	
							0	50	100	150	200	250			
Kartofler ²⁾		1997-2002	1-4	Ja/nej	15	30	347	72	121	154	176	191	554		
							Udbytte og merudb., afgrodeenh. pr. ha						Afgrode- enh. pr. ha		
							0	50	100	150	200	250			
Majshelsæd ⁴⁾		-	2003-2012	1-4	Ja	8	68	124,9	6,1	11,4	9,9	10,9	10,9	135,0	79
Majshelsæd ⁴⁾		-	2003-2012	5-9	Ja	9	82	124,6	9,5	12,7	11,9	15,1	13,5	137,3	107

¹⁾ Vinterraps: Efterårstilførsel af kvælstof ikke medregnet.²⁾ Kopi fra Oversigt over Landsforsøgene 2012.³⁾ Rødsvingel er tildelt ca. 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.⁴⁾ Eksklusive 20 kg N pr. ha i startgødning.

I havre er der ved samme udbyttensniveau bestemt et betydeligt mindre kvælstofbehov end i vårbyg.

I vinterhvede er der en betydeligt højere økonomisk optimal kvælstofmængde på JB 5 og 6 end på JB 1 til 4. Udbytteforskellen mellem disse jordtyper er 20 hkg pr. ha. Kvælstofbehovet på JB 7 er endnu højere. Ved forfrugt raps er der generelt tildelt husdyrgødning i sædskiftet. Kvælstofbehovet er lavt, samtidig med at udbyttet i det ugødede forsøgsled er stort. Udbyttensniveauet er generelt højere end efter korn. Også i vinterhvede efter kløvergræs (inklusive lucerne til slæt) er der et betydeligt mindre kvælstofbehov end efter korn.

Forsøgene i vinterrug og tritcale er overvejende gennemført på JB 1 til 4. I forhold til udbyttensniveauet er der fundet et stort kvælstofbehov i tritcale.

I tabel 7 er vist resultaterne af alle forsøg med kartofler, sukkerroer, alm. rajgræs og rødsvingel til frø uden opdeling efter forfrugter og husdyrgødning i sædskiftet forud for afgrøden. I kartofler er der fundet et stort kvælstofbehov, mens behovet i sukkerroer har været beskedent. I rødsvingel er der kun målt på forårstilførsel af kvælstof. De fleste forsøg er derudover tildelt cirka 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.

Mange års forsøg med stigende mængder kvælstof har vist, at behovet varierer meget fra mark til mark. De vigtigste faktorer ved fastsættelsen af kvælstofbehovet er forfrugten, dyrkningshistorien inklusive tilførslen af husdyrgødning i de tidligere år, udbyttensniveauet og jordtypen. En mere præcis fastsættelse af kvælstofbehovet kan ske ud fra en bestemmelse af jordens N-min indhold i det tidlige forår.

Prisrelationernes betydning for den optimale kvælstofmængde

I de senere år har prisen på både kvælstof, korn og protein svinget meget. Forholdet mellem kornpris og kvælstofpris påvirker den optimale kvælstofmængde, men prisen på protein kan være endnu mere afgørende.

I tabel 8 er vist en beregning af den økonomisk optimale kvælstofmængde til vinterhvede ved forskellige priser på vinterhvede, kvælstof og protein. Beregningen er foretaget på 45 vinterhvedeforsøg i perioden 2009 til 2013 med forfrugt korn.

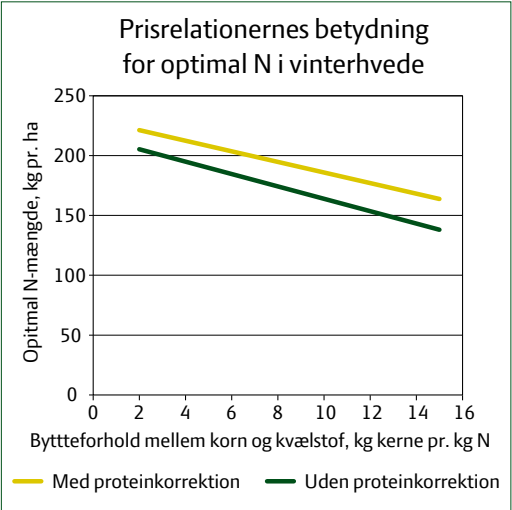
Den optimale kvælstofmængde kan for eksempel ved en kornpris på 140 kr. pr. hkg, en kvælstofpris

Tabel 8. Prisrelationernes betydning for den optimale kvælstofmængde i vinterhvede, 45 forsøg fra 2009 til 2013 med forfrugt korn

Kr. pr. kg N	Værdi af protein, kr. pr. pct.enhed protein pr. hkg	Kr. pr. hkg				
		80	110	140	170	200
Optimal kvælstofmængde, kg kvælstof pr. ha						
4,00	0,00	189	197	201	204	206
8,00	0,00	164	177	186	191	195
12,00	0,00	139	159	171	179	184
4,00	2,72	217	219	219	220	224
8,00	2,72	192	198	200	209	211
12,00	2,72	168	180	187	192	195

på 8,00 kr. pr. kg og uden korrektion for protein beregnes til 186 kg kvælstof pr. ha. Hvis kornprisen falder til 80 kr. pr. hkg, og kvælstofprisen stiger til 12 kr. pr. kg, falder den optimale kvælstofmængde til 164 kg pr. ha. Kvælstofprisen betyder meget ved lave kornpriser, hvor den optimale kvælstofmængde falder 6 til 7 kg pr. ha ved en ændring i kvælstofprisen på 1,00 kr. pr. kg. Kornprisen har tilsvarende størst betydning ved høje kvælstofpriser, hvor den optimale kvælstofmængde ændres med 12 kg kvælstof ved en ændring i prisen på 30 kr. pr. hkg.

Korrektionen af den optimale kvælstofmængde for værdien af protein har stor betydning. Ved en kornpris på 140 kr. pr. hkg og en kvælstofpris på 8 kr. pr. kg kvælstof stiger den optimale kvælstofmængde fra 186 kg kvælstof pr. ha til 200 kg, hvis



Figur 6. Betydning af bytteforholdet (antal kg korn til at betale 1,0 kg kvælstof) for den optimale kvælstofmængde i vinterhvede. Beregnet ud fra 45 forsøg med forfrugt korn i perioden 2004 til 2013.

prisen på protein er 2,72 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

Betydningen af bytteforholdet mellem vinterhvede og kvælstof for den optimale kvælstofmængde kan også ses i figur 6.

Sammenligning med kvælstofnormer

Landbruget har side 1994 maksimalt måttet tilføje den kvælstofmængde, der fremgår af de årlige kvælstofnormer i bekendtgørelsen fra NaturErhvervstyrelsen. Siden 1999 har denne kvælstofnorm ligget minimum 10 procent under den økonomisk optimale kvælstofmængde. På grund af stigende udbytter, korrektioner for værdien af protein til foder mv. ligger de lovpligtige kvælstofnormer cirka 16 procent under den økonomisk optimale kvælstofmængde, forudsat at man må korrigere normen til udbytniveauet på ejendommen.

Udgangspunktet for kvælstofnormerne er hovedsageligt resultater af landsforsøgene, der danner udgangspunkt for fastsættelse af de økonomisk optimale kvælstofmængder. NaturErhvervstyrelsen foretager derefter en reduktion til det politisk fastsatte niveau.

I tabel 9 er vist en sammenligning af forsøgene med de kvælstofnormer, der er gældende for 2013 til 2014. For hvert forsøg er beregnet NaturErhvervstyrelsens kvælstofnorm ud fra jordtypen, forfrugten, kvælstofprognosen, eftervirkning af husdyrgødning og efterafgrøder. Tilsvarende er normudbyttet beregnet for det enkelte forsøg ud fra jordtypen og forfrugten.

Normen er for vårbyg for forsøgene 2004 til 2013 beregnet til 101 kg kvælstof pr. ha, som udtrykker den kvælstofmængde, som landmanden måtte tilføje i gennemsnit til forsøgene, hvis der ikke korrigeres for udbytniveau. Denne mængde er cirka 20 procent under den opnåede økonomisk optimale kvælstofmængde i forsøgene som gennem-

snit af optimum uden og med korrektion af den økonomisk optimale kvælstofmængde for værdien af protein. Det ses også, at normudbyttet på 54,9 hkg pr. ha er godt 5 hkg mindre end det, der er opnået i forsøgene. Hvis kvælstofnormen korrigeres for det større udbytte, ligger normerne kun cirka 14 procent under den økonomisk optimale kvælstofmængde.

For 2013 er udbyttet og den optimale kvælstofmængde lidt større. Normen er også lidt højere, hvilket er et udtryk for, at flere af forsøgene ligger på lerjord, og kvælstofprognosen er positiv.

I vinterhvede er billedet det samme. I vinterhvede har den optimale kvælstofmængde i 2013 været lavere end i de foregående år, hvorfor også forskellen mellem den økonomisk optimale kvælstofmængde og normen er mindre end i de foregående år. NaturErhvervstyrelsens norm ligger cirka 17 procent under de økonomisk optimale kvælstofmængder, fundet i forsøg.

Kvælstofprognose og kvælstofbehov

Kvælstofprognosen for 2013 viser et lidt større kvælstofbehov end normalt. På lerjord har den forudsagt et øget behov i hele landet på 5 kg kvælstof pr. ha, mens kvælstofbehovet er forudsagt normalt på blandede sand- og lerjorder og på grovsandede jorder i hele landet. Det er beregnet, at kvælstofprognosen på landsplan ville resultere i en forøgelse af kvælstofkvoten med 3.500 ton, svarende til lidt over 1 kg kvælstof pr. ha landbrugsareal.

I gennemsnit for hele landet har nedbøren i perioden september 2012 til februar 2013 været 15 mm større end gennemsnittet af de foregående 11 år. Mernedbøren har varieret mellem landsdelene, men forskellene har ikke været så store, at de

Tabel 9. De økonomisk optimale kvælstofmængder i forsøg, sammenlignet med NaturErhvervstyrelsens normer, beregnet for hvert enkelt forsøg

Afgrøde	Periode	Antal forsøg	Udbytte, hkg pr. ha	Optimal N uden proteinkorr., kg N pr. ha	Optimal N med proteinkorr., kg N pr. ha	Norm uden korrektion for udbytte for 2013/14, kg N pr. ha	Normudbytter, hkg pr. ha
Vårbyg	2013	9	72,0	124	143	109	59,4
	2004-2013	122	60,5	118	135	101	54,9
Vinterhvede	2013	16	87,0	160	181	150	76,1
	2004-2013	157	87,2	167	189	148	79,6

har betinget en regionalisering af kvælstofprognosen.

Kvælstofprognosen er en forudsigelse af forskellen mellem kvælstofbehovet i det aktuelle år og kvælstofbehovet i et normalt år. Kvælstofprognosen beregnes ud fra forskellen mellem N-min indholdet i det aktuelle år og det gennemsnitlige N-min indhold i de foregående 11 år. Prognosen gælder for korn og forårssåede afgrøder og skal i henhold til lovgivningen anvendes, uanset om der tilføres husdyrgødning til afgrøden eller ej. Prognosen gælder ikke for afgrøder med stor kvælstofoptagelse i vinterhalvåret, fordi N-min indholdet her er lavt og forskellene fra år til år derfor ubetydelige.

Kvælstofprognosen for 2013 er beregnet på grundlag af målinger på 150 marker i KVADRATNETTET i februar, suppleret med modelberegninger.

Resultaterne af N-min målingerne samt modelberegningerne er sammenholdt med det gennemsnitlige N-min indhold, målt i perioden 2002 til 2012. Grundlaget for modellen er resultaterne af N-min målinger, oplysninger om vejrforhold samt jordtype- og dyrkningsforhold i KVADRATNETTET.

Resultaterne viser, at N-min indholdet i foråret 2013 på lerjord i hele landet har været lavere end gennemsnittet af de foregående 11 år.

Kvælstofprognosen er vist i tabel 10. Værdierne gælder for grovsandet jord (JB 1 og JB 3), finsandet jord (JB 2 og JB 4) og lerjord m.m. (JB over 4). Prog-

Tabel 10. Kvælstofprognosen 2013. Prognosen angiver afvigelser fra det normale behov for tilførsel af kvælstof (kg kvælstof pr. ha). Mernedbøren har varieret mellem landsdelene, men forskellene har ikke været så store, at de har betinget en regionalisering af kvælstofprognosen i 2013

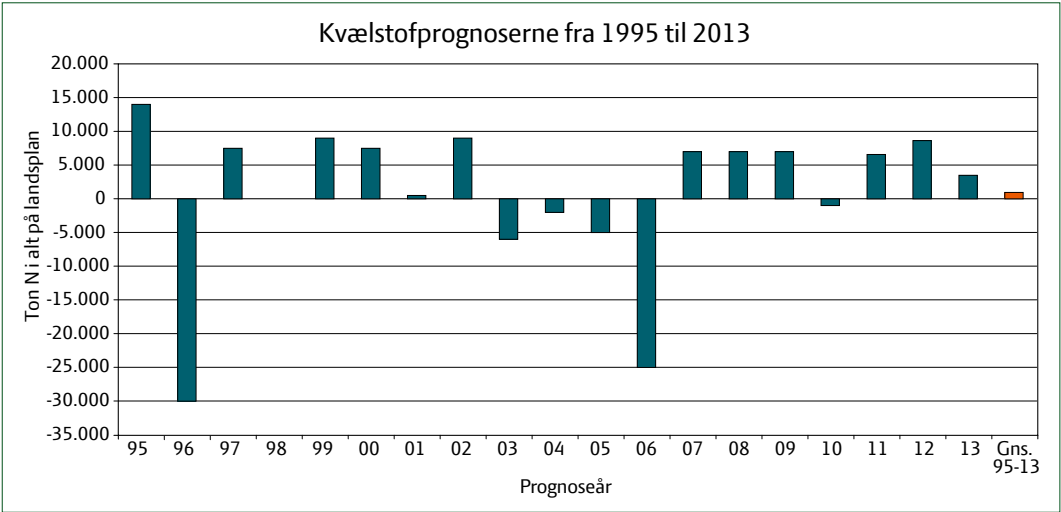
Område	Grovsand, JB 1 og 3	Finsand, JB 2 og 4	Lerjord, JB over 4
Hele landet	0	0	5

nosen viser afvigelser fra det normale behov for tilførsel af kvælstof. I år har der således kunnet tilføres fra 0 til 5 kg ekstra kvælstof pr. ha, afhængigt af jordtype

Prognosen er udarbejdet af Videncentret for Landbrug, Planteproduktion i samarbejde med Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Prognosen er indstillet til NaturErhvervstyrelsen af Fødevareministeriets Udvalg vedr. kvælstofnormer, -prognoser og kvælstof i husdyrgødning. NaturErhvervstyrelsens bekendtgørelse om kvælstofprognosen for 2013 er trådt i kraft i uge 12.

Kvælstofprognoserne fra 1995 til 2013

Kvælstofprognoserne fra 1995 til 2013 er vist i figur 7. I en periode på 19 år er der 13 år med positiv kvælstofprognose (større kvælstofbehov end „normalt“) og seks år med negativ prognose (mindre kvælstofbehov end „normalt“). Det fremgår, at kvælstofprognoserne i gennemsnit over årene er meget tæt på 0. I gennemsnit af alle 19 år har



Figur 7. Kvælstofprognoserne fra 1995 til 2013 på landsplan.

prognosen angivet et merbehov på i alt cirka 950 ton kvælstof pr. år på i alt 1,9 mio. ha. Til sammenligning er den gennemsnitlige tilførsel af kvælstof i handels- og husdyrgødning i Danmark cirka 410.000 ton.

Gødningstyper og gødningsstrategier

Bejdsning og gødskning af vinterhvede om efteråret

I tre forsøg i vinterhvede er der opnået signifikante merudbytter for placering af diammoniumfosfat og svovlsur ammoniak om efteråret. Effekten skyldes hovedsageligt kvælstof. Der er ikke opnået merudbytter for bejdsning med Protinus eller tilførsel af zink og mangan ved coatning af diammoniumfosfat eller svovlsur ammoniak.

Der er gennemført tre forsøg, hvor bejdsning med Protinus er sammenlignet med en standardbejdse (Prothioconazol), og hvor effekten af tilførsel af diammoniumfosfat og svovlsur ammoniak om efteråret er afprøvet. Forsøgsplan og -resultater fremgår af tabel 11. Med Protinusbejdse tilføres 320 gram zink, 80 gram mangan og 2 gram jern pr. ha ved en udsædsmængde på 200 kg pr. ha og bejdsning med 400 gram Protinus pr. 100 kg udsæd. Bejdsningen er gennemført oveni standardbejdsen. I forsøgsled 3 og 4 er kvælstof og fosfor i diammoniumfosfat placeret ved såning. I forsøgsled 4 er diammoniumfosfat coatet med 310 gram zink og 165 gram mangan pr. 100 kg gødning. I forsøgsled 5 og 7 er placeret svovlsur ammoniak ved såning, hvor gødningen er coatet i forsøgsled

7 med 300 gram mangan pr. 100 kg gødning. Idet der er tilført 100 kg gødning pr. ha, svarer angivelserne også til gram tilført mikronæringsstof pr. ha. I forsøgsled 6 er 20 kg kvælstof i svovlsur ammoniak tilført om foråret.

Forsøgene er gennemført på JB 4 til 6 på Øerne i sorten Hereford og med korn som forfrugt. Fosfortallene varierer mellem forsøgene mellem 2,2 og 3,0. I ét af forsøgene er der målt et meget højt zinktal (Znt) på 15,9, mens det i de to andre forsøg ligger mellem 2 og 4. Zinktallet varierer i dansk jord typisk mellem 2 og 7. Generelt forventes korn eller andre afgrøder i Danmark ikke at være hæmmet af zinkmangel, mens det andre steder i verden er et stort problem.

Effekt af bejdsning og gødskning på indholdet af næringsstoffer i planten er målt i en planteprøve i vækststadie 11 til 13 tre til fem uger efter såning. Indholdet af kvælstof og fosfor er forøget i de forsøgsled, hvor der er tilført henholdsvis kvælstof og fosfor om efteråret. Bejdsning med Protinus, der indeholder zink, har forøget zinkindholdet i planterne, mens coatning af diammoniumfosfat med zink ikke har forøget indholdet. Tilførsel af diammoniumfosfat har forøget manganindholdet, mens dette ikke har været tilfældet for svovlsur ammoniak til trods for, at det har den samme forsurende effekt.

Der er ikke opnået merudbytte for bejdsning med Protinus. Placering af diammoniumfosfat ved såning har resulteret i et signifikant merudbytte. Størstedelen af dette merudbytte skyldes effekten af kvælstof, idet placering af svovlsur ammoniak har givet næsten samme merudbytte. Tilførsel af

Tabel 11. Bejdsning med Protinus, placering af kvælstof og fosfor samt coatning med zink og mangan til vinterhvede. (N7)

Bejdsning	Kg N efterår	Kg P efterår	Kg N forår	Coat- ning af gødning	Stadie 11-12					Protein i kernetør- stof, pct.	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
					Planteprøve						
					Frem- spiring, kar. 0-10 ¹⁾	N, pct. i tørstof	P, pct. i tørstof	Zn, ppm i tørstof	Mn, ppm i tørstof		
2013. 3 forsøg i vinterhvede											
1. Standardbejdse ²⁾					10	4,8	0,40	29	67	10,8	74,9
2. Standardbejdse +Protinus					10	4,6	0,37	33	62	10,7	0,3
3. Standardbejdse ²⁾	18	20			10	5,3	0,48	31	72	10,5	3,8
4. Standardbejdse ²⁾	18	20		Zn, Mn ³⁾	10	5,3	0,46	31	72	10,7	4,4
5. Standardbejdse ²⁾	18				10	5,2	0,38	29	63	10,7	3,1
6. Standardbejdse ²⁾			20		10	4,7	0,39	27	62	10,8	2,3
7. Standardbejdse ²⁾	18			Mn ³⁾	10	5,2	0,38	31	65	10,6	3,2
LSD											2,2

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen fremspiring. ²⁾ Som standardbejdse er anvendt Prothioconazol.
³⁾ Led 4 tilført 310 gram zink og 165 gram mangan pr. ha. Led 7 tilført 330 gram mangan pr. ha.

20 kg kvælstof ekstra om foråret i stedet for om efteråret har givet et lidt lavere merudbytte end ved placering om efteråret. Coatning af diammoniumfosfat med zink og mangan eller coatning af svovlsur ammoniak med mangan har ikke resulteret i merudbytter, sammenlignet med at tilføre de ubehandlede gødninger.

Efterårstildeling af kalium og kvælstof til vinterrug

To års forsøg med tilførsel af kvælstof og kalium til vinterrug om efteråret tyder ikke på, at der er behov for tilførsel af kalium om efteråret til vinterrug, selv ved lave kaliumtal. Derimod kan der i nogle tilfælde opnås et merudbytte for tilførsel af kvælstof, men mindst samme merudbytte opnås normalt ved at tildele samme kvælstofmængde om foråret.

Ved dyrkning af vintersæd på sandjord angives tilførsel af kalium at kunne forbedre overvintringen. Tilførsel af kalium giver et højere sukkerindhold i afgrøden, hvilket gør den mere frostresistent. Tilførsel af kvælstof til vintersæd om efteråret kan blive mere aktuel, jo mindre kvælstof jorden stiller til rådighed for afgrøden. For at afprøve behovet for tilførsel af kalium og kvælstof på sandjord blev der i 2012 påbegyndt en forsøgsserie, hvor effekten af 30 kg kalium eller 30 kg kvælstof, tildelt ved såning af vinterrug, undersøges. Kvælstofmængden om efteråret gives oven i den kvælstofmængde, der gives om foråret. I praksis vil kvælstofkvoterne resultere i, at en kvælstoftildeling om efteråret udløser en mindre kvælstoftildeling om foråret, hvilket skal indgå i vurderingen af resultaterne. I 2013 er der gennemført fire forsøg, hvoraf ét af forsøgene ikke er medtaget i gennemsnittet, fordi kaliumtallet om efteråret ved anlæg var 12,6 og dermed langt højere end fastsat i forsøgsbetingelserne. Forsøgsplan og forsøgsresultater fremgår af tabel 12.

Forsøgene er sået fra 14. september til 9. oktober. Alle forsøg er gennemført på JB 1. Forud for anlæg er der målt kaliumtal fra 2,7 til 3,2. Indholdet af plantenæringsstoffer i alle forsøgsled er bestemt i en planteprøve, udtaget midt i november. Resultaterne af disse analyser viser, at kvælstof- og kaliumindholdet ligger på et højt niveau. Tilførsel af kalium har forøget indholdet af kalium i tørstof markant. Variationen i indholdet af både kalium og kvælstof mellem forsøgslokaliteterne er begrænset. I alle forsøgsled har overvintringen været tilfredsstillende.

Der er ikke opnået signifikante merudbytter for tilførsel af kvælstof og kalium om efteråret. I ét af de

Tabel 12. Kalium og kvælstof til vinterrug om efteråret. (N26)

Vinterrug	Pct. i plantetørstof, november		Udb. og merudb., hkg pr. ha	Nettomerudbytte, hkg pr. ha
	Pct. kvælstof	Pct. kalium		
2013. Antal forsøg				
1. Ugødet om efteråret	2	2	3	
1. Ugødet om efteråret	4,8	3,1	53,8	-
2. 30 kg N om efteråret	5,0	3,2	-0,3	-3,2
3. 50 kg K om efteråret	5,2	3,8	1,3	-3,1
4. 30 kg N og 50 kg K om efteråret				
	4,9	3,6	0,7	-5,8
LSD			ns	
2012. 4 forsøg				
1. Ugødet om efteråret	5,5	3,9	56,6	-
2. 30 kg N om efteråret	5,6	3,8	3,6	1,3
3. 50 kg K om efteråret	5,5	3,9	1,4	-0,6
4. 30 kg N og 50 kg K om efteråret				
	5,6	3,9	3,9	0,2
LSD			2,2	

tre enkeltforsøg er der opnået et signifikant merudbytte. I 2012 blev der i gennemsnit af fire forsøg opnået signifikante og rentable merudbytter for at tilføre kvælstof om efteråret, men kvælstoftilførslen om efteråret blev her ikke modsvaret af en reduktion i tilførslen om foråret.

Flydende gødning til vinterhvede

Seks forsøg med DanGødning tilsat ureasehæmmeren Agrotain har givet et lavere merudbytte end en fast NS 27-4 gødning, både ved tilførsel af gødningen ad to gange og på én gang.

12 landsforsøg fra 2008 til 2010 viste ved tilførsel til vinterhvede en lidt dårligere kvælstofeffekt af flydende amidholdige gødninger (DanGødning, Flexgødning) end af en fast ammoniumnitratbase-ret gødning. Effekten af gødninger blev forbedret ved at tilsætte ureaseinhibitoren Agrotain (nBT PT (N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide)). Se Oversigt over Landsforsøgene 2010, side 213 til 217. I 2013 er der gennemført seks forsøg, hvor en NS 27-3 fra DanGødning A/S er sammenlignet med faste NS-gødninger. I den flydende gødning er 52 procent af kvælstoffet på amidform, 26 på ammonium- og 22 procent på nitratform. Den flydende gødning er ifølge producenten tilsat Agrotain. I den faste gødning er halvdelen på ammonium- og den anden halvdel på nitratform. Forsøgene er gennemført sammen med forsøg med stigende mængder kvælstof, men kun de forsøgsled, som indgår i afprøvningen af den flydende gødning, er vist i tabel 13.

Tabel 13. Afprøvning af flydende gødningstyper i vinterhvede. (N8)

Vinterhvede	Antal udbringninger	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
2013. 6 forsøg		Alle forsøg		4 forsøg med udslag for kvælstof			
1. 150 N i NS 27-4	2	10,6	121	76,4	9,9	123	83,3
2. 150 N i NS 27-4	1	10,5	121	0,9	10,0	127	1,4
3. 150 N i Dangødning	2	10,3	113	-2,7	9,7	114	-4,3
4. 150 N i Dangødning	1	10,2	113	-1,8	9,5	115	-2,1
5. 100 N i NS 27-4	2	9,7	101	-6,1	9,0	101	-8,5
6. 200 N i NS 27-4	2	11,5	137	3,3	10,8	144	5,9
LSD			8	6,1		5	2,7

Forsøgene er gennemført på JB 3 til 7. I fem forsøg er forfrugten vinterhvede og i ét forsøg vinterraps. Tidspunktet for første udbringning af kvælstof varierer fra 26. marts til 15. april. Anden tildeling er sket fra 15. april til 14. maj. Ved tilførsel af hele kvælstofmængden på én gang er udbringning sket på det første tidspunkt. Vejrforholdene ved anden udbringning har været præget af tørt vejr de første otte til ti dage efter udbringning, og temperaturen har ligget på 5 til 8 grader C på udbringningsdagen.

Resultaterne af forsøgene er vist både som gennemsnit af alle seks forsøg og for de fire af de seks forsøg, hvor der er udslag for tilførsel af kvælstof fra 100 til 200 kg kvælstof pr. ha. I to af forsøgene er der ikke udslag, hvorfor det i disse forsøg ikke er muligt at teste gødningernes kvælstofeffekt på udbyttet ved en tilførsel på 150 kg kvælstof pr. ha. I alle seks forsøg er der dog et pænt udslag af stigende gødningstilførsel, op til 200 kg kvælstof pr. ha på kvælstofudbyttet, som således kan bruges til at vurdere gødningernes effekt.

Tilførsel af kvælstof på én gang i forhold til ad to gange har både for fast og flydende gødning resulteret i et beskedent merudbytte i kerne, mens kvælstofudbyttet har været det samme. Flydende gødning i form af DanGødning NS 27-3 med Agrotain har givet et mindre udbytte i kerne end den faste NS 27-4 gødning, uanset om gødningen er udbragt ad én eller to gange. Det samme er tilfældet for kvælstofudbyttet, hvor forskellen er signifikant, både som gennemsnit af alle seks forsøg og i de fire forsøg med udslag for kvælstof. I sidstnævnte forsøg er også forskellen på kerneudbyttet signifikant.

Flydende gødning til vinterraps

To forsøg med sammenligning af effekten af en fast NS 26-14 med en flydende NS 20-10 med ureaseinhibitoren Agrotain viser ikke sikre forskelle i gødningernes effekt.

Der er gennemført to forsøg i vinterraps med sammenligning af effekten af en fast NS 26-14 gødning med den flydende gødning NS 20-10. I den faste gødning er 73 procent af kvælstofindholdet på ammonium- og 27 procent på nitratform. I den flydende gødning er 49 procent af kvælstofmængden på amid-, 37 på ammonium- og 15 procent på nitratform. Forsøgene indgår i en forsøgsserie med stigende mængder kvælstof til vinterraps, men i tabel 14 er kun vist forsøgsled, der er relevante for sammenligning af gødningstyper.

Forsøgene er gennemført på JB 4 og 6. I ét af forsøgene er gødningerne udbragt på én gang først i april. Flydende gødning er udbragt ni dage senere end den faste gødning, fordi der har været nattefrost, mens tilførslen i det andet forsøg er delt med en tilførsel af 50 kg kvælstof pr. ha i begyndelsen af marts og resten midt i april. Anden gødningstildeling i dette forsøg er blevet udsat på grund af nattefrost.

I begge forsøg er der målt merudbytter for tilførsel af kvælstof op til 250 kg kvælstof pr. ha. Der er målt samme effekt af de to gødningstyper.

Tabel 14. Gødningstyper til vinterraps. (N6)

Vinterraps	Gødnings-type	Plantebestand ved beg. vækst, kar. 0-10 ¹⁾	Pct. olie i tørstof	Udb. og merudb. std.-kvalitet, hkg pr. ha
2013. 2 forsøg				
1. 150 N	Fast	10	50,8	48,8
2. 150 N	Flydende	10	51,3	0,3
3. 200 N	Fast	10	50,1	3,2
4. 200 N	Flydende	10	50,5	2,5
5. 100 N	Fast	10	51,2	-4,6
6. 250 N	Fast	10	49,8	4,6
LSD				

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen planter.

Sensorgødskning af vinterraps

I to forsøg i 2013 er det undersøgt, hvordan forskelle i kvælstofoptagelse henover marken om efteråret påvirker kvælstofbehovet om foråret. Desuden er afprøvet tre forskellige sensorer, der alle kan måle et udtryk for biomassen på arealet. Greenseeker, Isaria og Yara N-Sensor har kunnet måle variationen i kvælstofoptagelse inden for marken relativt præcist. I 2012 viste tilsvarende forsøg, at kvælstofbehovet om foråret varierede med halvdelen af forskellene i kvælstofoptagelse om efteråret. Udslaget for tilførsel af kvælstof udover markens grundgødskning er i 2013 så beskedent, at det ikke er muligt at beregne kvælstofbehovet om foråret ud fra optagelsen om efteråret.

I efteråret 2011 blev der anlagt to forsøg med det formål både at undersøge forskellige sensorers evne til at bestemme kvælstofoptagelsen i vinterraps om efteråret og at undersøge, om behovet for tilførsel af kvælstof om foråret kan fastlægges ud fra efterårsoptagelsen. Begge forsøg blev anlagt i Nordjylland. Forsøgene viste, at alle tre sensorer kunne beskrive optagelsen af kvælstof om efteråret ret præcist, og at områder i marken med stor kvælstofoptagelse om efteråret havde et lavere udslag for kvælstof om foråret. Resultaterne fremgår af Oversigt over Landsforsøgene 2012, side 257 til 261.

I efteråret 2012 blev der anlagt to forsøg efter samme forsøgsplan. Forsøgene er anlagt på marker med stor jordbundsvariation. Jordbundsanalyserne viser en variation i jordbundstype fra JB 2, 3, 4 til 11 i de to marker. Markerne er tilført kvælstof om efteråret i handelsgødning, husdyrgødning eller kartoffelfrugtsaft. Om foråret er begge marker tilført 80 kg kvælstof pr. ha. Forsøgsbehandlingerne fra 40 til 160 kg kvælstof pr. ha er tilført udover denne mængde.

I tabel 15 fremgår det, at der i begge marker kun er høstet et beskedent merudbytte for tilførsel af kvælstof i de to marker.

Sammenligning af de tre sensorer

Alle tre sensorer måler refleksionen af lys fra afgrøden ved forskellige bølgelængder og kan herfra beregne det såkaldte Reflection Vegetation Index (RVI), der er tæt korreleret til biomassen.

Yara N-Sensor måler med fire sensorer, der er monteret på taget af traktoren. Sensorerne måler cirka 6 meter på hver side af traktoren. Yara N-Sensor har været forhandlet i en årrække i Danmark og forhandles med og uden en ekstern lyskilde. I un-

Tabel 15. Merudbytte for tilførsel af kvælstof til vinterraps i to forsøg med afprøvning af forskellige plantesensorer. (N10)

Vinterraps	Mark 1	Mark 2	Mark 1	Mark 2
	Pct. olie i tørstof		Udb. og merudbytte, hkg frø pr. ha	
2013				
Ekstra 40 N	51,9	51,6	38,9	38,8
Ekstra 80 N	50,9	50,9	2,9	1,3
Ekstra 120 N	49,5	48,5	4,0	-0,3
Ekstra 160 N	47,5	48,6	2,1	2,3
LSD			2,5	ns

dersøgelsen er anvendt modellen uden lyskilde (Yara N-Sensor TM WB).

Isaria måler med to frontmonterede sensorer. Sensoren er ny i Danmark.

Greenseeker er også afprøvet med fire frontmonterede sensorer.

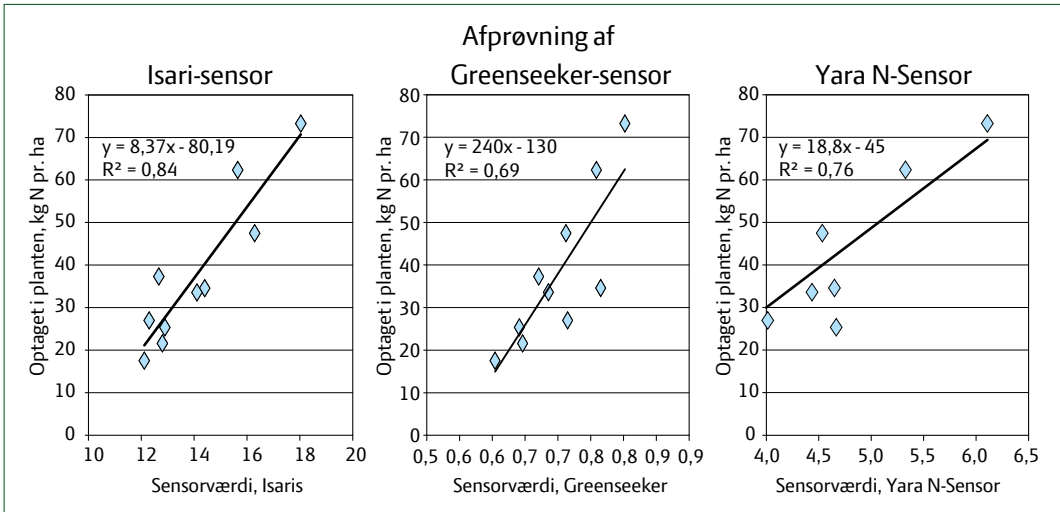
Sensorerne sammenlignes i forsøget på deres evne til at måle kvælstofoptagelsen om efteråret i de to marker.

Forsøgsarealet er målt med de tre forskellige sensorer om efteråret den 18. november og om foråret den 14. april.

Kvælstofoptagelsen i vinterrapsen er bestemt ved planteklip af de overjordiske dele den 19. november otte til ti steder i markerne. Planteklippene er placeret i parcellerne henover arealet for at få så stor en variation som muligt i kvælstofoptagelsen mellem parcellerne. Det giver det bedste grundlag for at vurdere de enkelte sensorer. I figur 8 er vist sammenhængen mellem sensorværdi og kvælstofoptagelse for de tre afprøvede sensorer i mark 2.

Betydningen af kvælstofoptagelsen om efteråret for kvælstofbehovet om foråret

Et andet formål med forsøget er at undersøge, om kvælstofoptagelsen om efteråret har betydning for kvælstofbehovet om foråret. I Tyskland og England er der udviklet metoder, der ud fra en bestemmelse af efterårsoptaget kvælstof i vinterraps kan forudsige behovet for kvælstoftilførsel om foråret. I forsøgene i 2011 til 2012 blev der registreret en vekselvirkning mellem sensorværdien og merudbyttet for kvælstof om foråret. Ud fra sammenhængen mellem sensorværdi og kvælstofoptagelse i afgrøden blev det beregnet, at kvælstofbehovet om foråret varierede inden for marken med halvdelen af variationen i kvælstofoptagelse om efteråret. I



Figur 8. Sammenhæng mellem sensorværdi og kvælstofoptagelse i mark 2. De tre sensorer bestemmer kvælstofoptagelsen lige præcist. Samme resultat blev fundet i 2012.

områder i marken med stor kvælstofoptagelse om efteråret skulle der således tilføres mindre kvælstof om foråret.

I det ene forsøg i 2013 har kvælstofoptagelsen varieret om efteråret, bestemt ved planteklip, fra 23 til 52 kg kvælstof pr. ha, mens det i det andet forsøg har varieret fra 18 til 72. Beregnet ud fra sensormålingerne er variationen i kvælstofoptagelsen om efteråret udtrykt ved standardafvigelsen henholdsvis 7 og 13 kg kvælstof pr. ha i de to marker. Standardafvigelsen på efterårsoptagelsen af kvælstof var tilsvarende i to marker i 2011 til 2012 fra 14 til 22 kg kvælstof pr. ha.

Betydningen af kvælstofoptagelsen om efteråret for kvælstofbehovet om foråret er undersøgt i en statistisk analyse af, om variationen i udbyttet henover forsøgsarealet kan forklares af kvælstoftildelingen om foråret, sensormålingen om efteråret og vekselvirkningen mellem sensormåling og kvælstoftildeling om foråret. Sensorværdien om efteråret er et udtryk for kvælstofoptagelsen om efteråret. I 2012 kunne udbyttet forklares ud fra disse parametre, og det kunne videre estimeres, at jo større sensorværdien var om efteråret, jo mindre var udslaget for kvælstof om foråret.

I forsøgene i 2013 er der ikke udslag for kvælstof i nogen af de to forsøg, og variationerne i udbytterne henover forsøget kan derfor ikke forklares ud fra variationen i kvælstoftildeling. Derimod kan sensormålingerne om efteråret i begge marker

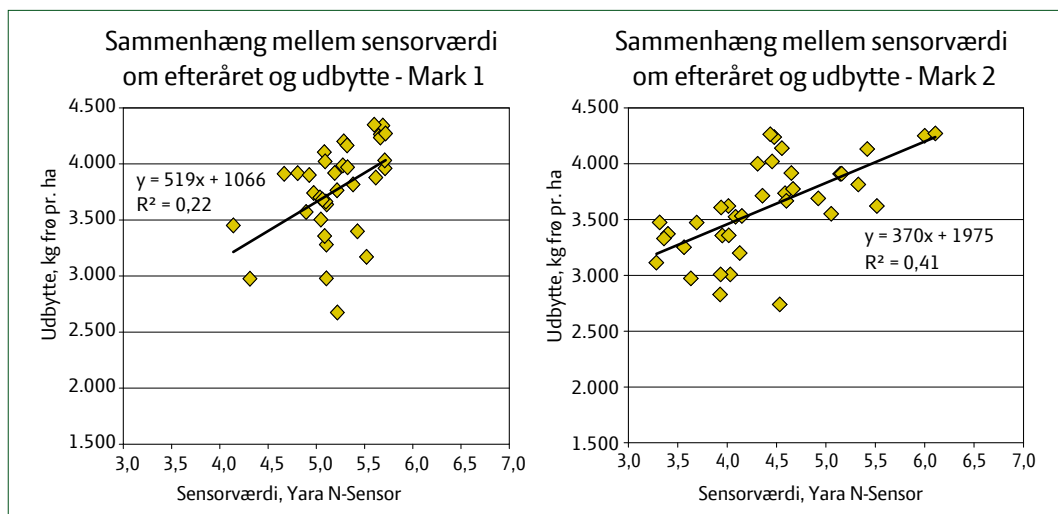
forklare en betydelig del af udbyttevariationen. Se figur 9. De største udbytter er opnået i områder i marken, hvor kvælstofoptagelsen om efteråret har været størst. I 2013 har en mindre kvælstofoptagelse om efteråret ikke kunnet kompenseres af en større kvælstoftilførsel om foråret.

En lav sensorværdi om efteråret har ikke kunnet kompenseres af en høj kvælstoftilførsel om foråret.

Resultaterne af forsøgene i 2012 til 2013 kan ikke på samme måde som i 2011 til 2012 anvendes til at beregne, hvor meget kvælstoftilførslen kan ændres som følge af variationen i kvælstofoptagelsen om efteråret. Det skyldes det beskedne udslag for tilførsel af kvælstof udover markens grundgødskning.

To års forsøg med afprøvning af Greenseeker, Isaria samt Yara N-Sensor til bestemmelse af variationen i kvælstofoptagelsen om efteråret i vinterraps og til herudfra at bestemme kvælstofbehovet om foråret i fire marker viser,

- > at Greenseeker, Isaria og Yara N-Sensor alle har været i stand til relativt præcist at bestemme variationen i kvælstofoptagelsen inden for marken om efteråret
- > at variationen i kvælstofoptagelsen inden for markerne har været betydelig
- > at udbytterne ved høst har været størst, hvor



Figur 9. Sammenhæng mellem sensormåling med Yara N-Sensor i november og udbyttet i vinterraps. Hvor der er målt de højeste sensorværdier om efteråret (størst kvælstofoptagelse), er der opnået størst udbytte.

kvælstofoptagelsen om efteråret har været størst

- > at der baseret på to forsøg i 2012 har været størst udslag for kvælstof om foråret, hvor optagelsen i kvælstof om efteråret har været mindst
- > at der vil kunne opnås et merudbytte på i størrelsesordenen 0,5 hkg frø pr. ha i vinterraps ved at variere kvælstoftildelingen om foråret efter variationen i kvælstofoptagelse om efteråret.

Placering af NPK-gødninger til vårbyg

Tre forsøg med placering af NPK-gødninger til vårbyg med stigende indhold af fosfor og kalium har resulteret i et merudbytte for stigende tilførsel af fosfor og kalium. Merudbytterne er dog ikke signifikante. På kort sigt er merudbyttet for tilførsel af fosfor og kalium ikke rentabelt, men tilførsel af fosfor og kalium er nødvendig for at vedligeholde markens frugtbarhed.

Tilførsel af fosfor og kalium med handelsgødning er ofte mindre end afgrødernes bortførsel. Det skyldes dels en faldende tilførsel, dels en stigning i udbytterne, set over mange år. I samarbejde med Yara Danmark A/S er der gennemført en forsøgsserie for at belyse effekten af stigende tilførsel af fosfor og kalium ved placering af gødning ved såning af vårbyg. Stigende tilførsel af fosfor og kalium er opnået ved at anvende NPK-gødninger med stigende indhold af fosfor og kalium i forhold til kvælstof. Der er tildelt 110 kg kvælstof pr. ha i alle forsøgs-

led. Vårbyg bortfører ved et udbyttensniveau på 70 hkg pr. ha og 3,5 ton halm pr. ha 123 kg kvælstof, 23 kg fosfor og 83 kg kalium pr. ha. For at erstatte bortførslen af fosfor og kalium skal der anvendes en NPK 18-4-14 i vårbyg ved dette udbyttensniveau. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 16.

Forsøgene er gennemført på lerjord (JB 6 til 8) med et højt udbyttensniveau. Forfrugten er i to forsøg sukkerroer og i ét forsøg frøgræs. Der er tilstræbt lave fosfortal (Pt). I en jordprøve, udtaget ved anlæg, varierede fosfortallet mellem 1,8 og 2,7 og kaliumtallet fra 6,2 til 11,5.

Indholdet af næringsstoffer i en planteprov er bestemt midt i maj og midt i juni. I planteproven, udtaget midt i maj, ses et stigende indhold af fosfor og kalium med stigende tilførsel af næringsstofferne. Stigningen er mest udtalt for kalium. I planteproven, udtaget midt i juni, ses ingen sikker påvirkning af tilførslen af næringsstoffer på indholdet.

Stigende tilførsel af fosfor og kalium har resulteret i et stigende udbytte. Tilførsel af fosfor alene har givet et merudbytte, mens dette ikke er tilfældet med kalium. Merudbyttet for at tilføre fosfor alene er mindre, når der tilføres både fosfor og kalium. Der er merudbytte for fosfor i alle tre forsøg, mens det kun er i forsøget med frøgræs som forfrugt, der er merudbytte for tilførsel af kalium. Merudbytterne for stigende mængder fosfor og kalium er ikke signifikante. I ét af de tre forsøg er merudbyttet signifikant.

Tabel 16. Stigende mængder fosfor og kalium ved placering af gødning til vårbyg. (N11)

Vårbyg	Kg P	Kg K	Planteprov og bedømmelse medio maj				Planteprov og bedømmelse medio juni				Procent råpro-tein i kerne-tørstof	Udbyt-te, kg kvæl-stof pr. ha	Udb. og mer-udb.-, hkg kerne pr. ha	Netto-mer-udbyt-te, hkg kerne pr. ha
			Fosfor-mangel, kar 0-10 ¹⁾	N, pct. i tør-stof	P, pct. i tør-stof	K, pct. i tør-stof	Fosfor-mangel, kar 0-10 ¹⁾	N, pct. i tør-stof	P, pct. i tør-stof	K, pct. i tør-stof				
2013. 3 forsøg														
1. Yara Bela, NS 27-4	0	0	1	5,3	0,33	2,8	0	2,7	0,30	2,0	9,2	90	72,3	-
2. Yara Mila, NPK 25-2-6 m. Mg, S, B	7	25	0	5,2	0,32	2,9	0	2,6	0,28	1,9	8,8	88	1,1	-0,8
3. Yara Mila, NPK 21-3-10 m. Mg, S, B	14	51	0	5,1	0,34	3,0	0	2,6	0,29	2,0	9,0	92	2,5	-1,4
4. Yara Mila, NPK 18-4-14 m. Mg, S, B	22	83	0	5,1	0,35	3,3	0	2,7	0,30	2,2	9,2	95	3,5	-2,8
5. Triplesuperfosfat	22	0	0	5,3	0,35	2,7	0	2,7	0,31	2,0	9,3	94	1,7	-0,5
6. Kaliumklorid	0	83	1	5,0	0,31	3,2	0	2,6	0,30	2,2	9,0	88	-0,3	-4,4
LSD													ns	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen fosformangel.

Nettomerudbyttet for tilførsel af stigende mængder fosfor og kalium er negativt. Dette er dog kun ud fra en étårig betragtning. På længere sigt er det specielt for fosfors vedkommende nødvendigt at erstatte bortførslen, og på jorder med lave til middel fosfortal bør tilførslen af fosfor over en sædskifteperiode minimum svare til bortførslen.

Fosfor til vårbyg

Af Simon Mundus, Københavns Universitet og Leif Knudsen, Videncentret for Landbrug

Otte forsøg med placering af 30 kg fosfor ved såning af vårbyg har resulteret i et merudbytte på 2,2 hkg pr. ha. Der er ikke sammenhæng mellem fosfortallet (Pt) og merudbytte for tilførsel af fosfor. DGT-metoden har heller ikke kunnet vise sammenhæng med merudbytte. Der har været meget begrænset fosformangel på de udvalgte forsøgslokaliteter, hvilket i sig selv gør det vanskeligt at vise sammenhænge mellem en jordanalyse og udslag for fosfor.

Analysemetoder til bestemmelse af fosforbehov

Jordanalyser er i mange årtier brugt i Danmark og i udlandet til at fastlægge behovet for at tilføre fosfor til de enkelte afgrøder. Traditionelle jordanalyser foretages ved at ryste en kendt mængde jord med en væske, der kan ekstrahere den plantetilgængelige del af fosfor fra jorden. Siden 1987 er i Danmark brugt den såkaldte Olsen-P metode, hvor ekstraktionsvæsken består af natriumhydrogenbicarbonat, kalibreret til en pH på 8,5. Denne metode ekstraherer typisk kun 15 til 20 procent af den uorganiske fosformængde i jorden, og den organiske del af fosforen bestemmes ikke. Metoden er udviklet i USA og bruges i en række lande. Den er udviklet på basiske jorder, og den egner sig formentlig mindst til sandjorder med lavt reaktions-

tal. I slutningen af 1980'erne blev der gennemført en række landsforsøg i vårbyg, hvor merudbyttet for fosfor blev sammenholdt med fosfortallet (Pt) i forsøgsarealet. Her blev der kun fundet en svag sammenhæng mellem fosfortallet og merudbyttet for fosfor. Derimod er der i flere fastliggende forsøg, hvor der på samme lokalitet ved forskellig fosfortilførsel er bygget forskellige fosforniveauer op, fundet en god sammenhæng mellem fosfortallet og udslaget for tilførsel af fosfor.

Med henblik på at udvikle og afprøve en ny metode til bestemmelse af fosfortilgængelighed i jord blev der i 2012 påbegyndt et treårigt projekt af Københavns Universitet, Yara Danmark A/S og Videncentret for Landbrug. Projektet er finansieret af Fødevareministeriets GUDP-midler.

DGT-metoden

Diffusive Gradients in Thin-films eller bare DGT-metoden, som den normalt benævnes, er en nyere metode til måling af plantetilgængelige næringsstoffer som kobber, zink og fosfor. Metoden er oprindelig udviklet til måling af tungmetaller i vandmiljøet, men har i de senere år fundet stor anvendelse i sedimenter og jord, og der er efterhånden en betydelig mængde resultater, som viser, at den har nogle fordele i forhold til de gængse ekstraktioner.

DGT-enheden er en lille rund plasticenhed cirka 4 cm i diameter. Se billede.

DGT-metoden er baseret på et simpelt diffusionsprincip. DGT-enheden består af to dele: En resingel, der er en gel, placeret bagerst, der kan binde fosfor meget stærkt. Foran resingelen ligger en diffusionsgel, hvorigennem fosfor frit kan diffundere.



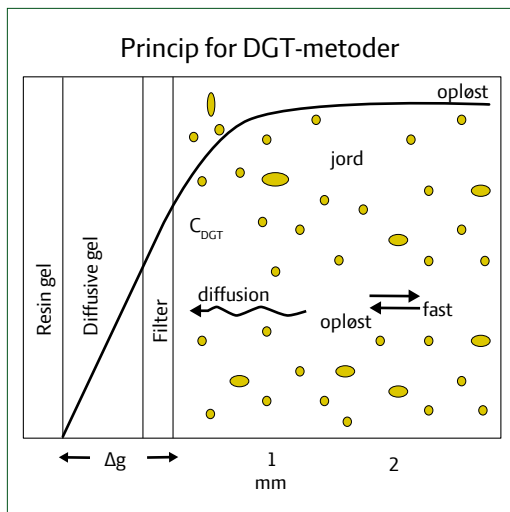
Billedet viser DGT-enheden. Diameteren er 4 cm. Enheden placeres i fugtig jord. Enheden virker som en kunstig planterod, hvor fosfor skal diffundere fra jorden ind igennem en diffusionsgel, før det bindes i en resin gel. (Foto: Simon Mundus, Københavns Universitet).

Disse geler er beskyttet af et filter. Når DGT-enheden placeres på en fugtig jordprøve, vil fosfor blive transporteret fra jordvæsken og hen til resingelen på grund af koncentrations-gradienten. De faktorer, som bestemmer mængden af fosfor, opsamlet i resingelen, er derfor diffusionshastigheden, og hvor hurtigt jorden kan frigive fosfor, når noget bliver bundet i DGT'en. Disse processer er meget lig dem, som bestemmer planteoptaget, hvor man længe har kendt til den såkaldte udtømningszone omkring roden. Denne betyder, at man også her vil have en transport mod roden på grund af koncentrationsgradienten.

Efter 24 timer fjernes DGT-enheden fra jorden, og man måler, hvor meget fosfor der er blevet opsamlet, og derefter udregnes en gennemsnitlig koncentration ved overfladen af enheden. Denne betegnes C_{DGT} og bruges som et mål for plantetilgængeligheden. Se figur 10.

Potteforsøg 2012

Efter en forscreening blev der indsamlet 24 jorder fra hele Danmark. Derudover blev der indhentet i alt 11 jorder fra Norge, Sverige og Finland. De danske jorder dækkede et bredt spektrum med reaktionstal fra 4,3 til 8,2, lerindhold fra 4,0 til 21,6 procent og variation i både indholdet af kalk og organisk stof. Fosfortal (Pt) blev analyseret på Kø-



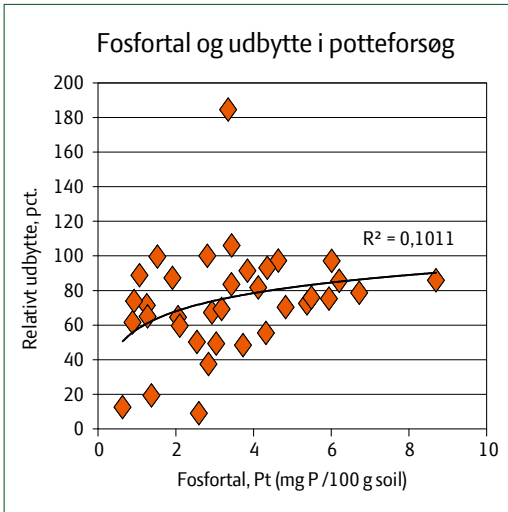
Figur 10. Skematisk præsentation af DGT-enheden. Kurven repræsenterer koncentrations-gradienten gennem DGT'en og den omkringliggende jordvæske. Justeret fra Davison et al. (2005).

benhavns Universitet og varierede fra 0,6 til 8,7. Fosfortal (Pt) fra 2 til 4 betegnes som middel. For DGT-metoden blev C_{DGT} målt til at være mellem 43 og 409 μg pr. liter, hvor resultater under 65 tidligere har vist sig at resultere i fosformangel i hvede.

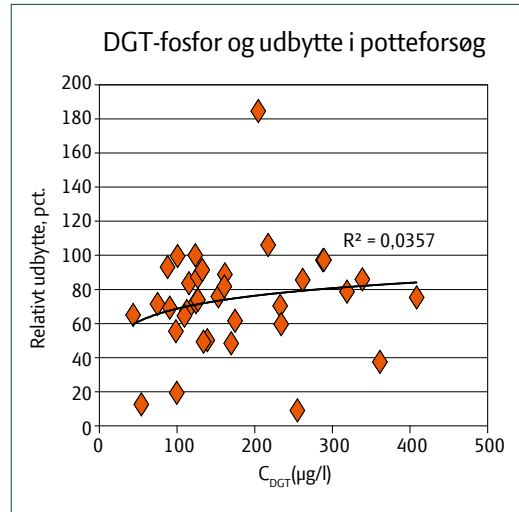
Vårbyg af sorten Quench blev dyrket i pletter med 1,5 kg jord, tilført 0,3 gram kvælstof pr. kg jord, tilført som NK 22-0-12 m. S, Mg, B. For hver jord blev fire pletter dyrket uden fosfor, og fire pletter blev dyrket med fosfor, tilført som calciumfosfat, tilført i en mængde af 0,35 gram fosfor pr. kg jord. Efter 45 dage blev planterne høstet. Der var en overraskende høj effekt af fosfortilførslen og en stor forskel i udbytterne mellem de forskellige jorder. Kun 18 af de 24 danske jorder viste over 10 procent effekt af fosfortilførslen på udbyttet. Dette tyder på, at fosfortilførslen har en stor effekt på den tidlige vækst. Hverken Olsen-P (fosfortallet, Pt) eller DGT-metoden viste nogen brugbar sammenhæng med merudbyttet. Se figur 11 og 12. Samtidig er sammenhængen mellem de to metoder også relativt svag, hvilket understøtter, at de i stor udstrækning måler noget forskelligt.

Markforsøg 2013

Der blev valgt otte forsøgslokaliteter ud fra de gennemførte potteforsøg. Planen var at gennemføre markforsøg på lokaliteter, både hvor potteforsø-



Figur 11. Sammenhæng mellem fosfortal (Pt) og relativt udbytte i potteforsøg. Relativt udbytte udtrykker forholdet i udbytte mellem potter uden tilførsel af fosfor og med tilførsel af fosfor.



Figur 12. Sammenhæng mellem DGT-fosfor (C_{DGT}) og relativt udbytte i potteforsøg. Relativt udbytte udtrykker forholdet i udbytte mellem potter uden tilførsel af fosfor og med tilførsel af fosfor.

gene gav udslag for tilførsel af fosfor, og hvor de ikke gav udslag, for at få det bedst mulige grundlag for at validere metodens egnethed til at forudsige fosforbehovet. Udover forsøg i Danmark blev der anlagt forsøg i Sverige, Norge og Finland. På grund af forskellige praktiske forhold var det ikke muligt at anlægge forsøg på en række af de lokaliteter, hvor jordprøverne til potteforsøgene var udtaget. Derfor viste det sig nødvendigt dels at flytte forsøgslokaliteten inde i marken, dels at vælge flere helt nye lokaliteter.

Ved anlæg af forsøgene er der udtaget to jordprøver. Den ene jordprøve er analyseret for tekstur samt reaktionstal, fosfortal, kaliumtal og magnesiumtal på Agrolab i Tyskland tilsvarende andre jordprøver i landsforsøgene. Den anden jordprøve har Københavns Universitet analyseret for DGT-fosfor.

De otte forsøg i Danmark er anlagt med ét forsøg på JB 1 og JB 4 og seks forsøg på lerjord. Fosfortallene (Pt) har varieret i forsøgene fra 1,6 til 8,3. Reaktionstallet på JB 1 er bestemt til 5,5, på JB 4 til 6,2, mens det på lerjord har varieret fra 6,5 til 8,0. Alle forsøg er gennemført i vårbygssorten Quench.

Forsøgene er gennemført med tre behandlinger. Se tabel 17. Hele forsøget er tilført 110 kg kvælstof og 60 kg kalium pr. ha i form af en bredspredt NK 22-0-12 m. S, Mg, B.

Cirka 30 dage efter såning har Københavns Universitet udtaget en planteprøve, bestående af det senest udviklede blad.

En visuel bedømmelse af fosformangel i vækststadiet 51 til 59 har ikke vist tegn på fosformangel i nogen af forsøgene.

Resultaterne fra DGT-analyserne viser, at flere af jorderne har relativt lave C_{DGT} -værdier i forhold til det, som tidligere er fundet i lignende undersøgelser. Der er fundet en svag sammenhæng mellem DGT-metoden og fosfortallet.

Udbytter og merudbytter

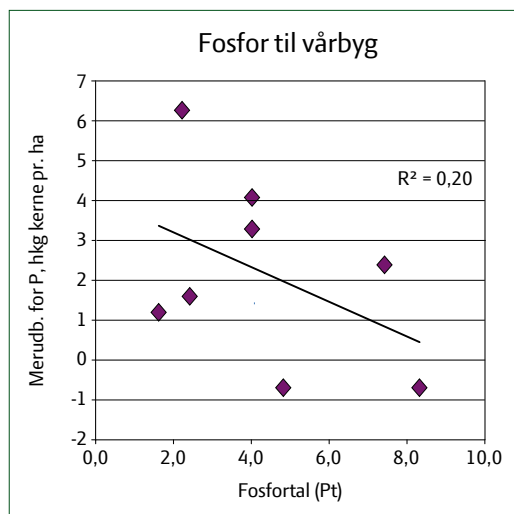
Resultatet af forsøgene fremgår af tabel 17. Der er opnået et signifikant merudbytte på 2,2 hkg

Tabel 17. Placering og bredspredning af fosfor til vårbyg. (N12)

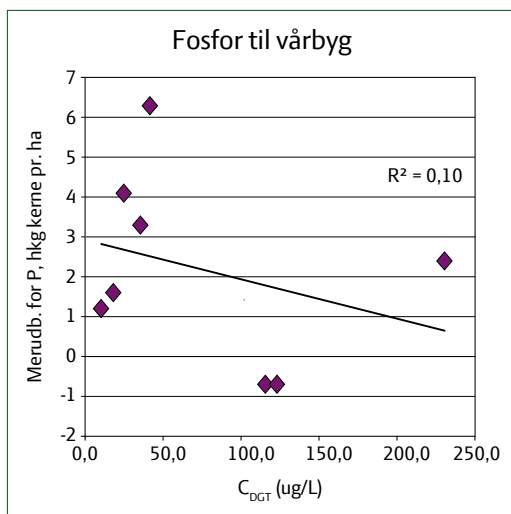
Vårbyg	Pct. P i planteprøve 30 dage efter såning	Fosformangel st. 51-59, kar. ¹⁾	Pct. råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og mer-udb., hkg kerne pr. ha	Nettomerudbytte, hkg kerne pr. ha ²⁾
2013. Antal forsøg	8	8	8	8	8	8
1. Grundgødet	0,34	0	10,5	103	72,2	-
2. 30 kg P placeret	0,38	0	10,5	106	2,2	-0,8
3. 30 kg P bredspredt	0,37	0	10,4	105	1,6	-1,4
LSD					1,5	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen fosformangel.

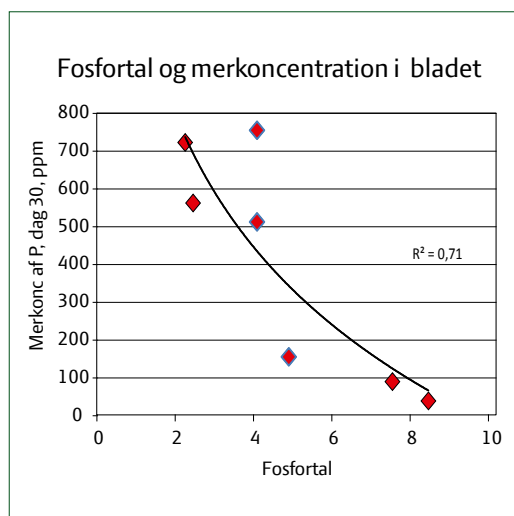
²⁾ Nettomerudbytte beregnet uden hensyn til halm.



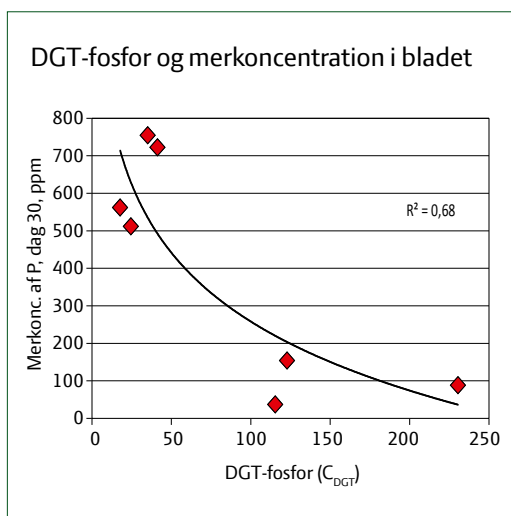
Figur 13. Sammenhæng mellem fosfortal (Pt) og merudbytte for placering af 30 kg fosfor i otte markforsøg.



Figur 14. Sammenhæng mellem DGT-fosfor (C_{DGT}) og merudbytte for placering af 30 kg fosfor i otte markforsøg.



Figur 15. Sammenhæng mellem fosfortallet (Pt) og merkoncentrationen af fosfor i bladet 30 dage efter såning ved placering af 30 kg fosfor pr. ha.



Figur 16. Sammenhæng mellem DGT-fosfor (C_{DGT}) og merkoncentrationen af fosfor i bladet 30 dage efter såning ved placering af 30 kg fosfor pr. ha.

kerne pr. ha for placering af 30 kg fosfor ved såning. Merudbyttet er ikke rentabelt. Merudbyttet for bredspredning af fosfor er lidt mindre. For halmudbyttet er der ikke fundet noget signifikant merudbytte.

Formålet med forsøgsserien er at belyse, om behovet for fosfor kan forudsiges ud fra jordbundsanaly-

ser. I figur 13 og 14 er vist sammenhængen mellem fosfortallet (Pt) og DGT-fosfor (C_{DGT}), målt i forsøgene, og det opnåede merudbytte. Merudbyttet for placering af fosfor har varieret fra -0,7 til 6,3 hkg kerne pr. ha. Sammenhængen mellem fosfortallet og merudbyttet er svag både for fosfortallet (Pt) og for DGT-fosfor (C_{DGT}). En vigtig parameter for at kunne bestemme behovet for fosfor er at have for-

skellige jorder fra ingen fosformangel til væsentlig mangel, som resulterer i store udbyttetab. I disse forsøg er der kun jorder med begrænset eller ingen fosformangel, og det vanskeliggør mulighederne for at finde en sammenhæng.

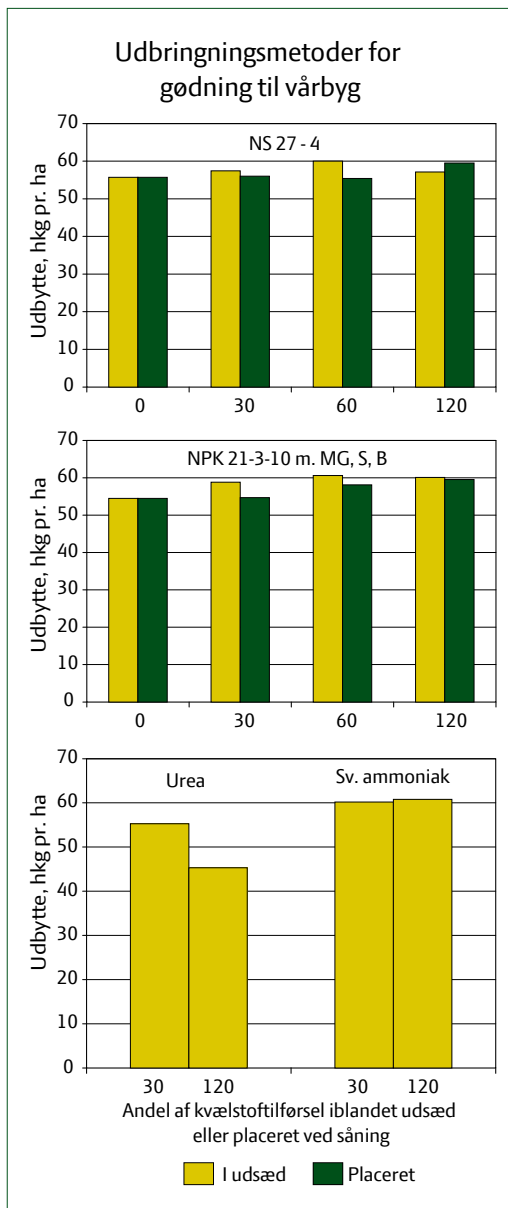
Det er dog interessant, at i plantepøverne, udtaget 30 dage efter såning, har der været en signifikant effekt af fosfortilførslen på fosforkoncentrationen på fire af de otte lokaliteter. På disse fire lokaliteter har der været 17 til 29 procent højere fosforkoncentration i bladene med fosforgødskning end i bladene, hvor der ikke er tilført fosfor. På en lokalitet har der været en negativ merkoncentration, hvilket tyder på, at noget er gået galt. Hvis denne lokalitet udelukkes, er der en meget klar sammenhæng mellem merkoncentrationen og DGT-fosfor og fosfortal (Pt) metoden. Hvis merkoncentrationen tages som procent merkoncentration, bliver sammenhængen endnu tydeligere, især for DGT-metoden. Se figur 15 og 16.

Projektet fortsætter i 2014, hvor der blandt andet gennemføres otte markforsøg i Danmark samt to forsøg i Sverige, Norge og Finland.

Iblanding af gødning i udsæd af vårbøg

Et orienterende forsøg med sammenligning af gødningsvirkning af NS- og NPK-gødninger har vist, at iblanding af gødningen i udsæd har forbedret virkningen i forhold til bredspredning af gødning, og effekten har været på linje med effekten ved placering af gødningen. Der er ikke registreret spireskader ved iblanding af NS-gødninger, herunder svovlsur ammoniak. Derimod har iblanding af 120 kg kvælstof pr. ha i urea resulteret i en kraftig skade på afgrøden og et nedsat udbytte. Iblanding af 30 kg kvælstof pr. ha har ikke haft effekt på udbyttet.

Det er velkendt fra et stort antal landsforsøg, at placering af gødning til vårsæd giver en bedre effekt end bredspredning. Ved traditionel placering af gødning anbefales det at placere gødningen fem cm under og ved siden af udsæden. I de senere år er der lanceret såmaskiner, hvor gødningen placeres sammen med udsæden. Der er gennemført et orienterende forsøg med småparcelteknik, hvor iblanding af stigende mængder gødning er sammenlignet med bredspredning og placering af gødningen. Der er afprøvet en NS gødning 27-4, en NPK 21-3-10 m. Mg, S, B, urea og svovlsur ammoniak. Iblanding af urea og svovlsur ammoniak i udsæden er kun sammenlignet med bredspredning.



Figur 17. Stigende mængde gødning blandet med udsæd eller placeret. I alle forsøgsled er suppleret op til 120 kg kvælstof pr. ha ved bredspredning.

Resultaterne af forsøget fremgår af figur 17 og Tabelbilaget, tabel N13.

Iblanding af gødningen i udsæden eller placering af gødning har resulteret i en markant bedre kvælstofeffekt end bredspredning. Iblanding i udsæden

eller placering af gødning har øget udbyttet af kvælstof i kerne med cirka 10 kg kvælstof pr. ha i forhold til bredspredning og en forøgelse af protei­nprocenten med godt 0,5 procentenheder.

Der er ikke signifikante forskelle på effekten af NS 27-4, NPK 21-3-10 m. Mg, S, B og urea. Derimod er der en signifikant bedre effekt af svovlsur ammo­niak ved bredspredning af hele gødningsmængden i forhold til de andre gødningstyper.

Bor til vinterraps

I 2011, 2012 og 2013 er der gennemført forsøg med gentagne udbringninger af bor til vinterraps. Der er gennemført otte forsøg. I gennemsnit af for­søgene er der ikke merudbytte for tilførsel af bor, og der blev kun målt et signifikant merudbytte i ét forsøg i 2011.

Monitering af indholdet af mikronæringsstof­fer i vinterraps viser, at indholdet af specielt bor og magnesium i det senest fuldt udviklede blad i mange marker er under det niveau, der ifølge li­teraturen skal til for at sikre optimalt udbytte i raps. I det tolkningsprogram for planteanalyser, som Vi­dencentret for Landbrug har udviklet, angives, at ved under 15 ppm bor og 0,14 procent magnesium er der stor risiko for udbytтетab. Forsøg i tidligere år viser generelt kun lave merudbytter for tilførsel af bor, og merudbytterne har ikke været korrele­ret til indholdet af bor i plantetørstof. Manglende merudbytter kan skyldes, at bormangel ikke er af­hjulpet i hele vækstsæsonen ved behandlingerne.

I 2011 blev derfor iværksat en ny forsøgsserie, hvor der er foretaget gentagne udsprøjtninger af Solubor. Forsøgsserien blev videreført i 2012, hvor der blev gennemført to forsøg på JB 2 og 4 i Nord­jylland. I begge forsøg var bortallet i en jordprøve, udtaget ved anlæg, lavt (gennemsnit 2,5). Bortal på 3 til 5 anses for at være middel. I 2013 er der gennemført tre forsøg, hvoraf to er gennemført i Nordjylland på JB 2 og 5 med bortal på 4,3 og 1,9. Det tredje forsøg er gennemført i Syddjylland på JB 1 med bortal 4,5. Borindholdet i planterne i det ube­handlede forsøgsled sidst i april har været 14, 16 og 30 ppm i de tre forsøg.

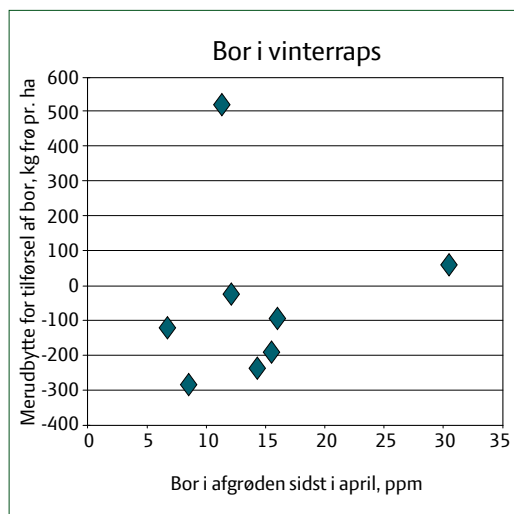
Behandlingerne og resultaterne af forsøgene frem­går af tabel 18, hvor resultaterne af forsøgene, gen­nemført i 2013, er vist sammen med resultaterne af alle forsøgene, gennemført 2011 til 2013. Alle behandlinger er foretaget ved udsprøjtning af 5 kg Solubor pr. ha. Tilførsel af bor medio marts vil i praksis typisk ske i en borholdig kvælstofgødning. I forsøgene er der udtaget planteprøver på fire tids­punkter i vækstsæsonen for at undersøge, om ind­holdet af bor i plantetørstof indikerer problemer med plantens borforsyning, og om udsprøjtning af Solubor har resulteret i et højere borindhold i plan­ten. Resultatet af planteanalyserne med hensyn til bor ses i tabel 18, mens værdier for andre nærings­stoffer ses i Tabelbilaget, tabel N14.

I gennemsnit af de otte forsøg, gennemført i 2011 til 2013, ligger indholdet af bor i det ubehandlede forsøgsled i planteprøver, udtaget på de to første

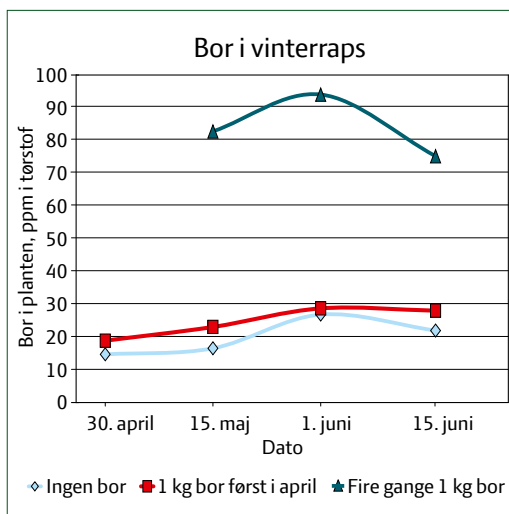
Tabel 18. Tilførsel af bor til vinterraps. (N14)

	Tilførsel af 1.050 gram bor i Solubor				Indhold af bor i planteprøve, ppm				Indhold af olie i tørstof, pct.	Udbytte og merud­bytte, hkg frø pr. ha	Nettomer­udbytte, hkg frø pr. ha ¹⁾
	Medio marts	Medio april	Ultimo april	Medio maj	30. april	15. maj	30. maj	15. juni			
2013. Antal forsøg					3	3	3	3	3	3	3
1					20	23	29	26	48,1	39,9	-
2	x				24	31	41	33	47,7	-0,4	-0,7
3		x				74	48	44	46,9	-1,2	-1,5
4		x	x				58		47,4	-1,6	-1,9
5		x	x	x				86	47,8	-1,3	-1,6
6	x	x	x	x		151	90	73	47,6	-0,9	-1,2
LSD										ns	
2011, 2012 og 2013. Antal forsøg i alt					8	8	7	7	8	8	8
1					14	16	25	22	48,7	41,3	-
2	x				19	23	29	28	48,3	-0,4	-0,7
3		x			21	46	33	35	48,2	-0,7	-1,0
4		x	x				47	-	48,0	-0,3	-0,6
5		x	x	x				79	48,5	-0,6	-0,9
6	x	x	x	x		83	94	75	48,3	-0,5	-0,8
LSD										ns	

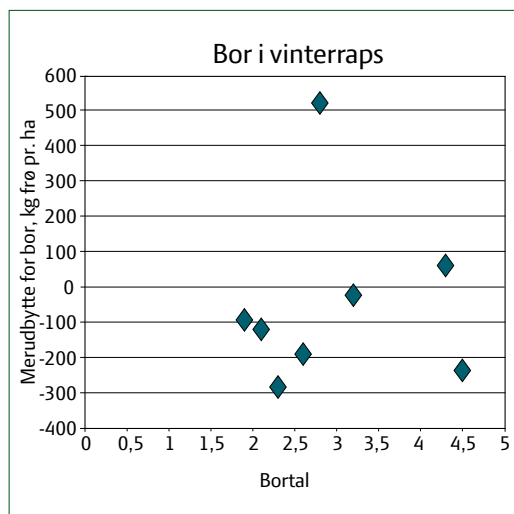
¹⁾ Der er ikke regnet med omkostning til udsprøjtning, fordi der antages at kunne ske iblanding.



Figur 18. Borindholdet i afgrøden sidst i april i det ubehandlede forsøgsled og merudbyttet for tilførsel af fire gange 1 kg bor i Solubor. Koncentrationen af bor er målt på det senest fuldt udviklede blad.



Figur 20. Koncentrationen af bor i det senest fuldt udviklede blad gennem vækstsæsonen i det ubehandlede forsøgsled, i forsøgsled tilført bor først i april, og i forsøgsled tilført bor fire gange som bladvækstgødning i Solubor i løbet af vækstsæsonen. Gennemsnit af ni forsøg.



Figur 19. Bortallet og merudbyttet for tilførsel af fire gange 1 kg bor i Solubor.

tidspunkter, på et lavt niveau i forhold til grænseværdierne i litteraturen. I 2013 har borindholdet været højere. Alle år registreres en stigning i borindholdet i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled fra begyndelsen af maj til slutningen af maj. Der er ikke observeret visuelle symptomer på bormangel.

Tilførsel af bor har resulteret i et højere borindhold i afgrøden. Der er ikke opnået merudbytter for udsprøjtning af Solubor én eller flere gange i gennemsnit af forsøgene. I ét forsøg i 2011 blev der opnået signifikant merudbytte for tilførsel af bor. Forsøget lå i Sønderjylland på JB 3 med et bortal på 2,8. Borindholdet i planterne i det ubehandlede forsøgsled sidst i april var 11 ppm.

Bor til vinterraps

- > I gennemsnit af otte forsøg, gennemført 2011 til 2013, er der ikke opnået merudbytter for udsprøjtning af Solubor én eller flere gange.
- > I ét forsøg i 2011 blev der opnået et statistisk sikkert merudbytte for tilførsel af bor. Forsøget lå i Sønderjylland på JB 3 med et bortal på 2,8. Borindholdet i planterne i det ubehandlede forsøgsled sidst i april var 11 ppm.
- > Tilførsel af bor har resulteret i et højere borindhold i afgrøden.
- > Der er hverken sammenhæng mellem indholdet af bor i afgrøden eller bortallet og merudbyttet for tilførsel af bor.
- > Bor tilføres, hvor der er mistanke om bormangel, dvs. på sandjord med et højt reaktionstal.

Strategi

I figur 18 og 19 er merudbyttet for tilførsel af bor plottet over for henholdsvis borindholdet i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled og bortallet.

I figur 20 er udviklingen gennem vækstsæsonen i koncentrationen af bor i det senest fuldt udviklede blad vist. Tilførsel af Solubor har en tydelig effekt på koncentrationen af bor i afgrøden.

Magnesium til vinterraps

I 2011, 2012 og 2013 er der gennemført otte forsøg med tilførsel af magnesium i kieserit eller gentagne udbringninger af magnesiumsulfat (EPSO Top) til vinterraps. I gennemsnit af forsøgene er der ikke målt signifikant merudbytte for tilførsel af magnesium, men der blev målt et signifikant merudbytte i ét forsøg i 2011. Der er ingen sammenhæng mellem magnesium i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled eller magnesiumtallet og merudbyttet for magnesiumtilførsel.

Behovet for tilførsel af magnesium til vinterraps er undersøgt ved tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit ved såning og 2,5 kg magnesium i EPSO Top, udsprøjt medio april eller medio maj i 2011, 2012 og 2013. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 19, hvor resultaterne opnået i 2013, samt gennemsnit af 2011 til 2013 er vist.

I 2011 blev der gennemført tre forsøg på JB 3, 4 og 6, beliggende i Sydjylland, Østjylland og i Nordjylland. Magnesiumtallene var 2,8, 5,0 og 5,3, og magnesiumindholdet i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled var 0,33, 0,21 og 0,18.

I 2012 blev forsøgene gennemført på JB 2 og 4 i Nordjylland. I det ene forsøg var magnesiumtallet i en jordprøve, udtaget ved anlæg, meget lavt (1,7), og i det andet forsøg var niveauet lavt (3,8).

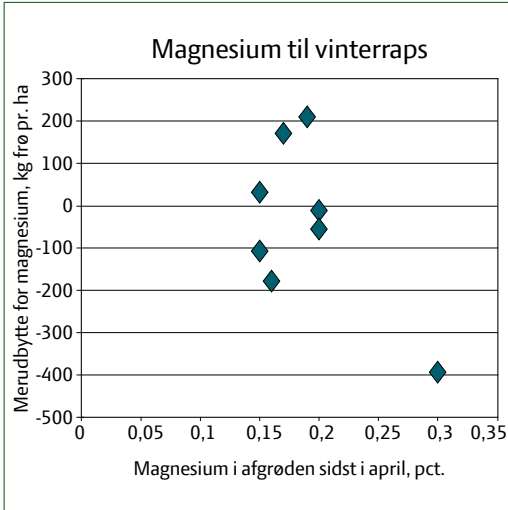
I 2013 er forsøgene gennemført på JB 2 og 5 i Nordjylland og på JB 1 i Sydjylland. Magnesiumtallene i de tre forsøg er lave: 3,8, 2,0 og 3,1. Magnesiumtallet i intervallet 4 til 8 anses for at være middelhøje. Sammen med magnesium tilføres både i kieserit og i EPSO Top en væsentlig mængde svovl, der kan påvirke forsøgsresultatet. Indholdet af svovl i planteprøverne ligger højt i alle otte forsøg i alle forsøgsled og på alle måletidspunkter. Det viser, at ekstra tilførsel af svovl ikke har påvirket forsøgsresultatet.

Magnesiumindholdet i plantetørstof er undersøgt på tre tidspunkter i vækstsæsonen. I planteanalysen fra den 30. april ligger magnesiumindholdet i det ubehandlede forsøgsled i de tre forsøg i 2013 på 0,16 og 0,22 procent, hvilket anses for at være tilstrækkeligt for optimal plantevækst. Ved planteanalyser på de to senere tidspunkter ligger magnesiumindholdet også i det ubehandlede forsøgsled i alle tre forsøg over det kritiske niveau og viser en stigende tendens i løbet af vækstsæsonen. Der er ingen sammenhæng mellem magnesiumindholdet i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled og merudbyttet for magnesiumtilførsel.

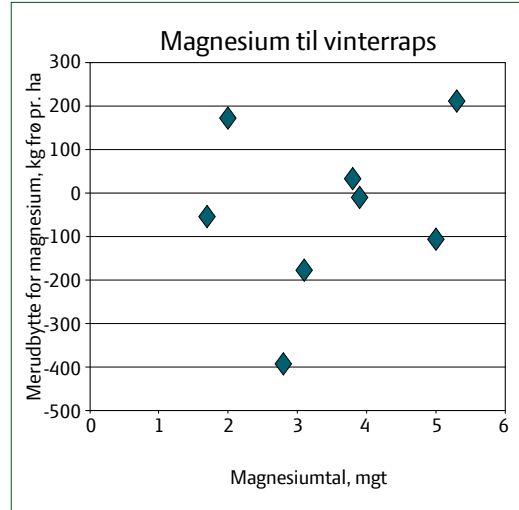
I figur 21 og 22 er merudbyttet for magnesiumtilførsel plottet over for henholdsvis magnesiumindholdet i afgrøden i det ubehandlede forsøgsled og magnesiumtallet.

Tabel 19. Magnesium til vinterraps. (N14)

	Kg magnesium pr. ha			Indhold af magnesium i planteprøve, procent			Pct. olie i tørstof	Udb. og merudbytte, hkg frø pr. ha	Nettomerudbytte, hkg frø pr. ha
	Medio marts	Medio april	Medio maj	30. april	30. maj	15. juni			
2013.				3 fs.	2 fs.	3 fs.	3 fs.	3 fs.	3 fs.
7.				0,16	0,22	0,24	47,9	39,4	-
2.	50			0,19	0,33	0,37	47,7	0,1	0,1
8.		2,5			0,23	0,23	48,1	-0,4	-0,4
9.			2,5		0,24	0,26	48,4	0,5	0,5
10.		2,5	2,5			0,27	48,2	0,9	0,9
11.	50	2,5	2,5		0,29	0,34	48,1	1,1	1,1
LSD								ns	
2011-2013.				8 fs.	7 fs.	7 fs.	8 fs.	8 fs.	8 fs.
7.				0,19	0,29	0,29	48,6	41,3	-
2.	50			0,23	0,39	0,40	48,6	-0,4	-0,4
8.		2,5			0,29	0,28	48,5	-0,3	-0,3
9.			2,5		0,30	0,30	48,4	1,3	1,3
10.		2,5	2,5			0,33	48,4	0,3	0,3
11.	50	2,5	2,5		0,41	0,40	48,5	-0,4	-0,4
LSD								ns	



Figur 21. Magnesiumindholdet i afgrøden sidst i april i det ubehandlede forsøgsled og merudbyttet for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit først i april. Magnesiumindholdet er målt i det senest fuldt udviklede blad.

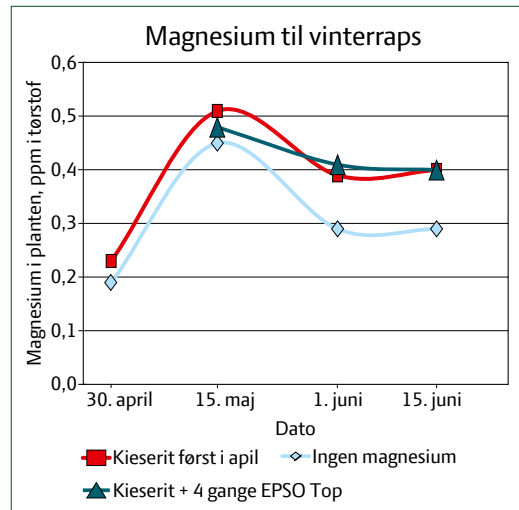


Figur 22. Magnesiumtallet og merudbyttet for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit først i april.

Magnesium til vinterraps

- > I gennemsnit af otte forsøg, gennemført fra 2011 til 2013, er der ikke opnået merudbytter for tilførsel af magnesium i kieserit eller EPSO Top ad én eller flere gange.
- > I ét forsøg i 2001 blev der opnået et statistisk sikkert merudbytte for tilførsel af magnesium i magnesiumsulfat (EPSO Top). Forsøget lå i Sønderjylland på JB 3 med et magnesiumtal på 2,8. Magnesiumindholdet i planterne i det ubehandlede forsøgsled sidst i april var 0,33 procent.
- > Tilførsel af magnesium har kun i meget begrænset omfang påvirket magnesiumindholdet i planten.
- > Der er ikke sammenhæng mellem indholdet af magnesium i afgrøden og merudbyttet for tilførsel af magnesium.
- > Magnesium bør generelt kun tilføres ved magnesiumtal under 4. Tilførsel af magnesium kan ske i form af husdyrgødning, magnesiumkalk eller i magnesiumholdige gødninger. Udsprøjtning af magnesium er betydeligt dyrere og er kun aktuel, hvis det vurderes, at magnesiumforsyningen ved den foretagne grundgødskning er utilstrækkelig, ved visuelle symptomer på magnesiummangel, eller hvis indholdet af magnesium i en planteanalyse er under 0,20 procent i tørstof.

Strategi



Figur 23. Magnesium til vinterraps. Koncentrationen af magnesium i det senest fuldt udviklede blad gennem vækstsæsonen i det ubehandlede forsøgsled, i forsøgsled tilført magnesium i kieserit i april og i forsøgsled tilført magnesium i kieserit i april samt tre gange som bladgødskning i EPSO Top i løbet af vækstsæsonen. Gennemsnit af otte forsøg.

Resultaterne tyder på, at vinterraps ikke er specielt følsom over for magnesiummangel. Selv ved de lave magnesiumtal er der ikke opnået merudbytter for tilførsel af magnesium.

I figur 23 er udviklingen gennem vækstsæsonen i koncentrationen af magnesium i det senest fuldt udviklede blad vist. Koncentrationen i bladene i det ubehandlede forsøgsled stiger gennem sæsonen, og tilførsel af magnesium i kieserit eller EPSO Top har kun hævet koncentrationen af magnesium i det senest fuldt udviklede blad lidt i forhold til det ubehandlede forsøgsled. Koncentration af svovl har nogenlunde samme forløb. Koncentrationen af de fleste andre næringsstoffer i det senest fuldt udviklede blad falder gennem sæsonen.

Magnesium til vinterhvede

I 2011, 2012 og 2013 er gennemført ni forsøg med tilførsel af magnesium i kieserit eller gentagne udbringninger af magnesiumsulfat (EPSO Top) til vinterhvede. I forsøgene er målt udbytter, og der er gennemført planteanalyser flere gange i sæsonen. I gennemsnit af forsøgene er der ikke merudbytte for tilførsel af magnesium, men der blev målt et signifikant merudbytte i ét forsøg i 2011.

Analysen af næringsstofindholdet i vinterhvede i vækstsæsonen har i flere år vist betydeligt lavere magnesiumindhold, end der i litteraturen angives at være tilstrækkeligt til optimal vækst. Alligevel er der ikke i tidligere års forsøg opnået signifikante merudbytter for tilførsel af magnesium til vinterhvede. I 2011 og 2012 blev der gennemført forsøg på forsøgsarealer, specifikt udvalgt efter mistanke om magnesiummangel. For at sikre en tilstrækkelig

magnesiumforsyning til afgrøden er der i to forsøgsled tilført en stor magnesiummængde i kieserit ved vækstsæsonens begyndelse om foråret, mens der i andre forsøgsled er udsprøjtet magnesium i EPSO Top (magnesiumsulfat) én eller flere gange. I gennemsnit af tre forsøg blev der i 2011 opnået et beskedent og signifikant merudbytte, mens der i 2012 ikke blev opnået et merudbytte til trods for, at magnesiumtallet i jorden og magnesiumindholdet i plantetørstof var lavt. I 2013 er der gennemført tre forsøg efter samme forsøgsplan, der fremgår af tabel 20. Forsøgene er gennemført på JB 1 og 4, og magnesiumtallet i jordprøver, udtaget ved anlæg, er henholdsvis 1,4, 1,8 og 2,8 i de tre forsøg. Magnesiumtal mellem 4 og 8 anses for middelværdier, mens magnesiumtal under 2 anses for meget lave. Resultaterne af årets forsøg samt gennemsnit af tre års forsøg er vist i tabel 20. Sammen med magnesium tilføres i både kieserit og EPSO Top en væsentlig mængde svovl, der kan påvirke forsøgsresultatet. Forsøgene er alle årene grundgødsket med svovl, og planteanalyserne viser, at svovlindholdet i de ubehandlede forsøgsled har været højt i planterne. Det viser, at ekstra tilførsel af svovl ikke har påvirket forsøgsresultaterne.

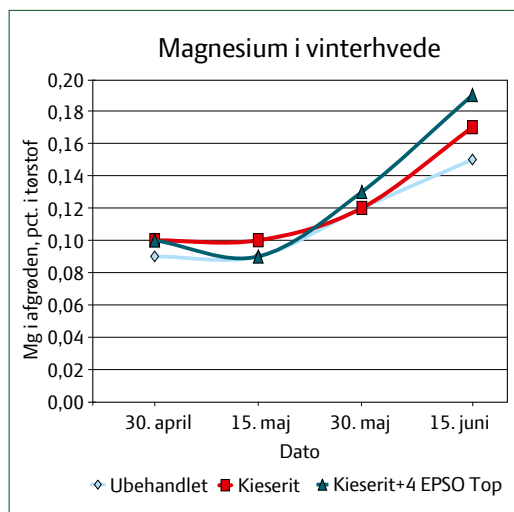
Magnesiumindholdet er målt i en prøve af det senest fuldtudviklede blad, udtaget fire gange i løbet af vækstsæsonen. Et magnesiumindhold i det senest fuldt udviklede blad på 0,15 til 0,30 procent anses for at være et middelniveau. Et indhold lave-

Tabel 20. Magnesium til vinterhvede. Resultater af planteanalyser af det senest fuldt udviklede blad for indhold af magnesium samt udbytte og merudbytte for gødskning med magnesium. Et magnesiumindhold på 0,15 til 0,30 procent anses for at være et middelniveau. Værdier under 0,07 procent anses for at være kritisk lave. (N15)

Forsøgsled	Tilførsel af magnesium, kg pr. ha				Pct. magnesium i planteprøve				Pct. råprotein i kerne	Udb. og merudbytte, hkg pr. ha	Nettomerudbytte, hkg kerne pr. ha
	Medio april ¹⁾	Ultimo april ²⁾	Medio maj ²⁾	Ultimo maj ²⁾	Ultimo april	Medio maj	Ultimo maj	Medio juni			
2013. Antal forsøg					3	3	3	3	3	3	3
1. Ubehandlet	0	0	0	0	0,08	0,09	0,13	0,16	11,1	69,0	-
2. Kieserit	50	0	0	0	0,10	0,10	0,13	0,18	10,9	0,3	-1,1
3. EPSO Top	0	2,5	0	0	-	0,10	0,13	0,17	11,1	-0,4	-1,9
4. EPSO Top	0	2,5	2,5	0	-	-	0,13	0,18	10,8	-0,2	-3,4
5. EPSO Top	0	2,5	2,5	2,5	-	-	-	0,18	11,0	1,6	-4,7
6. Kieserit + EPSO Top	50	2,5	2,5	2,5	0,10	0,11	0,15	0,20	11,0	2,0	-4,4
LSD					-	-	-	-	-	ns	ns
2011, 2012 og 2013. Antal forsøg i alt					9	9	9	9	9	9	9
1. Ubehandlet	0	0	0	0	0,09	0,09	0,12	0,15	10,2	73,5	-
2. Kieserit	50	0	0	0	0,10	0,10	0,12	0,17	10,0	1,5	0,1
3. EPSO Top	0	2,5	0	0	-	0,09	0,12	0,16	10,2	0,0	-1,5
4. EPSO Top	0	2,5	2,5	0	-	-	0,12	0,16	10,1	0,5	-3,0
5. EPSO Top	0	2,5	2,5	2,5	-	-	-	0,18	10,1	0,0	-4,0
6. Kieserit + EPSO Top	50	2,5	2,5	2,5	0,10	0,09	0,13	0,19	10,2	1,2	-6,0
LSD					ns	ns	0,01	0,01	-	ns	ns

¹⁾ Tilførsel i Kieserit.

²⁾ Bladgødskning med EPSO Top.



Figur 24. Magnesium til vinterhvede. Koncentrationen af magnesium i det senest fuldt udviklede blad gennem vækstsæsonen i det ubehandlede forsøgsled, i forsøgsled tilført magnesium i kieserit i april og i forsøgsled tilført magnesium i kieserit i april samt fire gange som bladgødskning i EPSO Top i løbet af vækstsæsonen. Gennemsnit af ni forsøg.

re end 0,07 procent anses for at være kritisk lavt. At plantens indhold af magnesium vurderes at være kritisk lavt betyder, at det er sandsynligt, at det lave indhold vil medføre udbytтетab, og at manglen så vidt muligt bør afhjælpes allerede i indeværende

sæson. At magnesiumindholdet vurderes at være kritisk lavt har baggrund i litteraturangivelser af tilstrækkeligt indhold til at sikre optimal vækst.

Af tabel 20 fremgår, at der hverken i gennemsnit af forsøgene i 2013 eller i gennemsnit af de tre forsøgsår er opnået signifikante merudbytter for tilførsel af magnesium, selv om magnesiumindholdet i planterne har været betydeligt lavere, end hvad der anses for et middelniveau, og tæt på den kritiske værdi ved alle fire prøvetagninger.

I figur 24 er vist udviklingen i koncentrationen af magnesium gennem vækstsæsonen i det senest fuldt udviklede blad. Koncentrationen i bladene i det ubehandlede forsøgsled stiger gennem sæsonen, og tilførsel af magnesium i kieserit eller EPSO Top har kun hævet koncentrationen af magnesium i det senest fuldt udviklede blad svagt i forhold til det ubehandlede forsøgsled. Koncentration af svovl har nogenlunde samme forløb. Koncentrationen af de fleste andre næringsstoffer i det senest fuldt udviklede blad falder gennem sæsonen.

I tabel 21, i figur 25 og i figur 26 er vist resultater fra de ni forsøg, som er gennemført i årene 2011 til 2013.

Merudbytterne for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit + fire gange 2,5 kg magnesium i EPSO Top som bladgødskning varierer fra -2,7 til 8,4 hkg pr. ha. Se tabel 21. Figur 25 viser en svag ($R^2 = 0,5$)

Tabel 21. Magnesium til vinterhvede. Jordtype, Rt, magnesiumtal (Mgt), mangan- og magnesiumkoncentration i det senest fuldt udviklede blad samt merudbytte for tilførsel af magnesium. Ni forsøg gennemført 2011 til 2013. (N15)

Forsøg	År	Jordtype, JB	Mgt ¹⁾	Rt	S, pct. ²⁾		Mn, ppm ³⁾		Pct. magnesium i det ubehandlede fs.led ⁴⁾				Merudb., fs.led 2 ⁵⁾	Merudb., fs.led 5 ⁶⁾	Merudb., fs.led 6 ⁷⁾
					15. maj	15. maj	30. april	15. maj	30. april	15. maj	30. maj	15. juni	hkg pr. ha ⁸⁾		
001 Ø	2013	4	1,4	7,3	0,17	20	0,07	0,07	0,10	0,17	-0,5	-1,2	0,3		
002 S	2013	4	1,8	7,7	0,23	14	0,08	0,10	0,15	0,16	3,8	7,8	8,4		
004 S	2012	6	1,8	6,3	0,20	42	0,08	0,08	0,12	0,14	3,0	-2,8	-0,1		
002 Ø	2012	3	1,9	6,0	0,17	52	0,11	0,10	0,12	0,16	1,8	0,2	3,0		
003 V	2013	1	2,8	6,0	0,37	55	0,10	0,11	0,13	0,15	-2,3	-1,9	-2,7		
003 V	2012	4	3,1	5,6	0,36	108	0,14	0,13	0,13	0,21	-0,6	-1,8	-0,3		
001 Ø	2011	4	3,2	6,2	0,13	32	0,06	0,06	0,14	0,18	5,5	-0,4	1,3		
003 F	2011	5	3,2	5,5	0,12	58	0,08	0,07	0,09	0,09	2,5	-0,8	0,7		
002 N	2011	7	3,3	6,1	0,18	27	0,06	0,06	0,10	0,13	0,7	0,6	0,5		

¹⁾ Et magnesiumtal (Mgt) på 4 til 8 anses for at være et middelniveau. Magnesiumtal lavere end 2 anses for at være meget lave.

²⁾ En svovlkoncentration i det senest fuldt udviklede blad på 0,15-0,40 pct. ppm anses for at være et middel niveau. Værdier lavere end 0,10 pct. anses for at være kritisk lave.

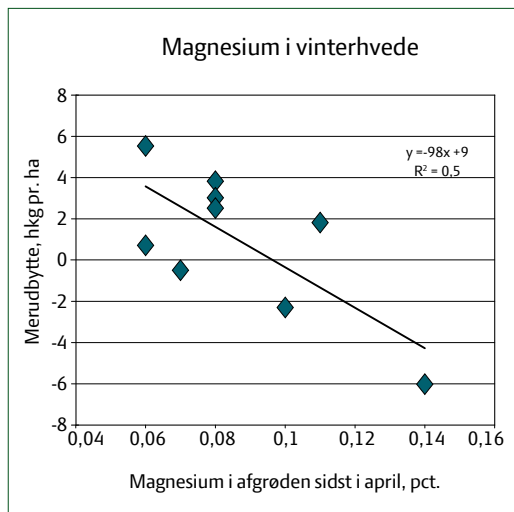
³⁾ En mangankoncentration i det senest fuldt udviklede blad på 25-100 ppm anses for at være et middel niveau. Værdier lavere end 12 ppm anses for at være kritisk lave.

⁴⁾ En magnesiumkoncentration i det senest fuldt udviklede blad på 0,15-0,30 pct. anses for at være et middel niveau. Værdier lavere end 0,07 pct. anses for at være kritisk lave.

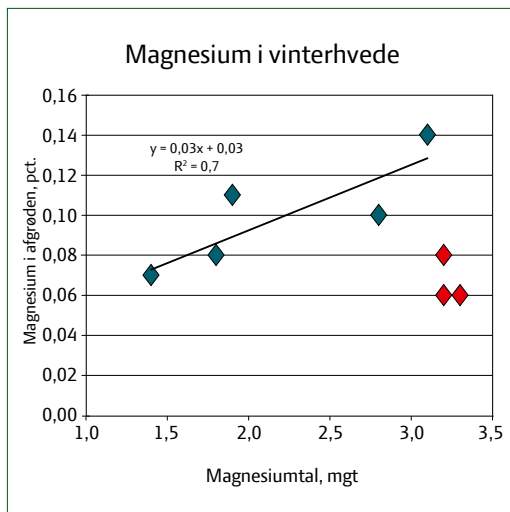
⁵⁾ I forsøgsledet tilført 50 kg Mg i kieserit. Omkostning til udbringning (75 kr.) og kieserit (105 kr.) i alt 180 kr. pr. ha.

⁶⁾ I forsøgsledet tilført 3 gange 2,5 kg Mg i EPSO Top. Omkostning til udsprejtning og EPSO Top ca. 565 kr. pr. ha.

⁷⁾ I forsøgsledet tilført 50 kg Mg i kieserit + 4 gange 2,5 kg Mg i EPSO Top. Omkostning til udbringning (450 kr.), kieserit (105 kr.) og EPSO Top (380 kr.) i alt 935 kr. pr. ha.⁸⁾ Kornpris 125 kr. pr. hkg.



Figur 25. Magnesium til vinterhvede. Koncentrationen af magnesium i afgrøden sidst i april plottet over for merudbyttet for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit ved begyndende vækst. Koncentrationen af magnesium er målt på det senest fuldt udviklede blad i det forsøgsled, der ikke er tilført magnesium.



Figur 26. Magnesium til vinterhvede. Magnesiumtallet i jorden plottet over for koncentrationen af magnesium i afgrøden sidst i april. Koncentrationen af magnesium er målt i det på det senest fuldt udviklede blad i det forsøgsled, der ikke er tilført magnesium. I regressionen indgår kun data, målt i 2012 og 2013. Data fra 2011 indgår ikke i regressionen.

sammenhæng mellem koncentrationen af magnesium i afgrøden sidst i april og merudbyttet for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit ved vækstsæsonens begyndelse. Figur 26 viser for forsøgene med lave magnesiumtal, gennemført i 2012 og 2013, en rimelig sammenhæng mellem magnesiumtallet og magnesiumkoncentrationen i afgrøden sidst i april. I et enkelt forsøg er der et signifikant merudbytte på 8,4 hkg for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit + fire gange 2,5 kg magnesium i EPSO Top. I forsø-



Magnesiummangel i korn. Mangel på magnesium giver kloroser, dvs. afblegning og gulning af bladvævet mellem bladnerverne. Mangelsymptomerne forekommer først i de ældre blade, da magnesium er meget mobilt i planten. (Foto: Søren Husted, Københavns Universitet).

Magnesium til vinterhvede

- > Ni forsøg med tilførsel af magnesium til vinterhvede viser generelt beskedne og ikke signifikante merudbytter for tilførsel af magnesium.
- > Der er en svag sammenhæng ($R^2 = 0,5$) mellem koncentration af magnesium i afgrøden sidst i april og merudbyttet for tilførsel af 50 kg magnesium i kieserit ved vækstsæsonens begyndelse.
- > I et enkelt forsøg er der opnået et signifikant merudbytte på 8,4 hkg pr. ha ved at tilføre 50 kg magnesium i kieserit og fire gange 2,5 kg magnesium i EPSO Top. Forsøget er karakteriseret ved et lavt magnesiumtal (1,8) og ved en meget lav magnesiumkoncentration i afgrøden (0,08 procent) i slutningen af april.
- > Generelt bør der tilstræbes et magnesiumtal på 4 til 5, og hvis niveauet er lavere, bør magnesium tilføres i form af husdyrgødning, magnesiumkalk eller i magnesiumholdige gødninger.
- > Hvis en planteanalyse af det senest fuldt udviklede blad viser et magnesiumindhold under 0,08 procent, kan magnesiummangel søges afhjulpel med udsprøjtning af 2,5 kg magnesium i EPSO Top.

Strategi

get har 50 kg magnesium i kieserit alene givet et merudbytte på 3,8 hkg. Forsøget er karakteriseret ved et meget lavt indhold af tilgængeligt magnesium i jorden ($Mgt = 1,8$) og ved et meget lavt indhold af mangan i planten (14 ppm).

Anvendelse af planteanalyser

Generelt for alle afgrøder, men især for korn, er magnesiumindholdet i mange af prøverne betydeligt lavere, end hvad der angives som minimum for optimal plantevækst. For vinterraps gælder, at indholdet af de fleste næringsstoffer inklusive svovl vurderes til at være tilfredsstillende. Planteanalyserne tyder dog på, at mange vinterrapsmarker er utilstrækkeligt forsynet med kalium og bor. Næringsstofforsyningen i majs ser generelt ud til at være i orden. For kartofler gælder, at kalium- og især borindholdet er lavt. Hyppigheden af lave kaliumindhold i kartofler kan skyldes, at der i grænseværdierne ikke er taget hensyn til sortsforskelle og forskelle mellem spise- og melkartofler.

Siden 2007 er der gennemført en systematisk indsamling og analyse af plantemateriale i forsøgene og i Planteavlskonsulenternes Registreringsnet. Formålet er at belyse, om afgrøderne generelt er tilstrækkeligt forsynet med næringsstoffer, og at skabe grundlag for at anvende planteanalyser til at vurdere en afgrødes ernæringstilstand og eventuelle behov for ekstra tilførsel af et eller flere næringsstoffer.

Principielt kan planteanalyser anvendes til to formål:

- > Generel vurdering af afgrødens tilstand for at justere mængden og sammensætningen af de næringsstoffer, der tilføres i indeværende eller kommende sæson.
- > Pletanalyse for at klarlægge årsagen til dårlig vækst i en større eller mindre del af marken.

Tidligere forsøg viser, at det er vanskeligt at opnå merudbytter for at tilføre næringsstoffer i samme sæson, som planteanalysen udtages. Det kan skyldes, at det ofte er for sent at afhjælpe næringsstoffmanglen, eller at det er vanskeligt at få næringsstofferne optaget i afgrøderne. Planteanalyserne skal derfor i højere grad anvendes til at justere tilførslen af næringsstoffer i den kommende dyrkningssæson.

I 2011, 2012 og 2013 er datagrundlaget for planteanalyser suppleret med analyser fra forsøg og

fra praksis. Resultaterne er efterfølgende fortolket efter grænseværdier, der er fundet i litteraturen og opstillet i samarbejde med Københavns Universitet (KU). Disse grænseværdier bliver løbende justeret ud fra ny viden. Når planteanalyserne tolkes, er det afgørende, hvordan prøven er udtaget. Generelt er prøverne udtaget af det senest fuldt udviklede blad. I enkelte tilfælde, hvor prøven er taget i de tidlige vækststadier, er hele planten afklippet 1 til 2 cm over jordoverfladen. Resultaterne er vist i tabel 22.

Særligt i korn og især i vinterhvede og vinterbyg er magnesiumindholdet i mange af prøverne betydeligt lavere, end hvad der angives som minimum for optimal plantevækst. Det er dog svært at finde forsøgsmæssig dokumentation for, at det er rentabelt at tilføre afgrøderne mere magnesium. Nogle prøver i vinterhvede viser et lavt indhold af bor, men ud fra et stort antal forsøg i de senere år kan man ikke forvente merudbytter for at tilføre bor. For vinterraps gælder, at næringsstofindholdet for de fleste næringsstoffer inklusive svovl vurderes til at være tilfredsstillende. Vinterraps er følsom over for bormangel, og tallene tyder på, at mange vinterrapsmarker er utilstrækkeligt forsynet med bor. Forsøg har dog vist, at selv ved lave borindhold opnås der generelt ikke merudbytte for bortilførsel. I kartofler er indholdet af kalium, magnesium og bor i mange tilfælde lavere end grænseværdierne.

Husdyrgødning

Strategi for gylleudbringning i vårbyg

I 2013 er der gennemført fire forsøg med forskellige strategier for udbringning af svinegylle til vårbyg på lerjord. Forsøgsled med nedharvning af slangeudlagt, ubehandlet gylle og forsuret gylle sammenlignes med nedfældning af ubehandlet gylle før såning. I den voksende afgrøde er der i yderligere tre forsøgsled slangeudlagt ubehandlet gylle samt markforsuret gylle til henholdsvis pH 6,0 og 6,4. Jo lavere pH-værdi, des mindre ammoniakfordampning og dermed en større forventet kvælstofeffekt af gyllen. Der indgår ikke køreskader i forsøgene. Der opnås generelt en meget god effekt af gyllen. Høstudbytte af kvælstof ved udbringning efter fremspiring er signifikant større end slangeudlægning af ubehandlet gylle før såning. Der er ikke signifikante forskelle i kernudbyttet, men nedharvning af ubehandlet gylle før såning har som gennemsnit givet mindst. Forsøgene viser ikke en placeringseffekt af at nedfælde gylle til vårbyg på

Tabel 22. Oversigt over resultater af planteanalyser 2007 til 2013, udtaget i forsøg, i Planteavlskonsulenternes Registreringsnet og fra praksis. Analyserne er som hovedregel udført på det senest fuldt udviklede blad. I enkelte tilfælde, hvor planterne har været meget små, er der udtaget hele planter. Analyseresultaterne er rubriceret efter de gældende grænseværdier

Plante-analyser	Gen-nem-snit	Spred-ning	Niveau				
			Meget lave	Lave	Middel	Høje	Meget høje

Vårbyg. 144 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	4,1	1,4	8	29	26	18	19
Fosfor	0,34	0,11	9	25	39	16	11
Kalium	3,1	1,1	8	14	33	20	25
Magnesium	0,12	0,04	8	69	19	3	0
Calcium	0,68	0,41	0	7	41	42	10
Svovl	0,28	0,09	0	9	38	47	6

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	183	240	0	0	3	27	70
Kobber	6,9	2,9	0	22	53	16	8
Zink	35,1	14,6	1	8	68	20	3
Mangan	46,4	69,8	2	33	48	10	7
Bor	5,6	4,9	1	60	26	6	6
Molybdæn	1,3	1,8	0	0	19	24	57

Vinterhvede. 541 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	4,0	0,9	1	26	45	25	4
Fosfor	0,36	0,08	1	24	45	27	4
Kalium	2,6	0,7	1	38	45	12	4
Magnesium	0,11	0,05	7	80	9	2	1
Calcium	0,40	0,18	0	4	81	15	1
Svovl	0,23	0,08	0	14	58	25	2

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	125	63	0	0	0	34	66
Kobber	6,0	2,7	0	27	64	5	3
Zink	25,4	19,2	0	10	84	4	2
Mangan	54,8	76,3	1	17	63	10	9
Bor	4,0	3,0	2	81	12	3	2
Molybdæn	1,3	2,0	0	0	6	12	82

Kartofler. 343 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	4,9	1,1	0	20	32	30	17
Fosfor	0,36	0,15	7	35	26	15	17
Kalium	3,8	2,1	29	54	8	6	3
Magnesium	0,43	0,19	8	60	31	1	0
Calcium	1,30	0,68	0	3	35	35	27
Svovl	0,29	0,11	1	16	33	0	24

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	170	94	0	0	1	10	90
Kobber	9,8	3,3	0	5	77	17	1
Zink	36,3	26,1	1	26	72	1	0
Mangan	216,6	265,6	0	2	73	16	9
Bor	21,2	8,0	4	76	18	2	1
Molybdæn	0,7	0,6	1	2	61	29	8

Plante-analyser	Gen-nem-snit	Spred-ning	Niveau				
			Meget lave	Lave	Middel	Høje	Meget høje

Vinterbyg. 52 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	4,4	0,7	0	12	35	52	2
Fosfor	0,33	0,06	2	23	63	12	0
Kalium	2,9	0,7	0	27	48	17	8
Magnesium	0,09	0,01	2	96	0	0	0
Calcium	0,73	0,29	0	0	37	46	17
Svovl	0,25	0,07	0	10	58	33	0

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	124	50	0	0	0	42	58
Kobber	6,2	2,5	0	21	69	6	4
Zink	27,9	10,3	0	0	96	2	2
Mangan	27,7	20,7	0	60	35	4	2
Bor	4,7	1,6	0	65	29	6	0
Molybdæn	1,3	1,2	0	0	2	13	85

Vinterraps. 362 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	4,6	1,2	0	17	32	21	28
Fosfor	0,50	0,17	1	9	20	41	30
Kalium	2,4	0,7	4	70	24	2	0
Magnesium	0,26	0,10	6	25	62	7	0
Calcium	3,11	1,64	6	7	22	18	48
Svovl	1,34	4,32	1	18	30	9	43

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	162	72	0	0	14	69	17
Kobber	5,8	1,3	1	6	94	0	0
Zink	56,9	54,4	0	0	46	47	6
Mangan	88,3	50,1	0	4	76	20	0
Bor	30,9	28,7	20	14	48	13	6
Molybdæn	1,6	1,9	1	1	11	31	56

Majs. 316 analyser

	Pct. i tørstof		Pct.-fordeling				
Kvælstof	3,9	0,8	0	7	20	20	52
Fosfor	0,37	0,11	0	12	34	33	21
Kalium	2,7	1,0	3	12	26	25	34
Magnesium	0,23	0,11	3	45	34	10	8
Calcium	0,55	0,28	0	2	65	25	8
Svovl	0,19	0,06	32	29	37	2	0

	ppm i tørstof		Pct.-fordeling				
Jern	199	122	0	0	39	48	13
Kobber	9,5	2,8	1	5	82	12	0
Zink	57,0	38,0	0	16	38	24	21
Mangan	79,8	64,7	3	2	76	14	6
Bor	9,3	7,9	0	13	78	7	2
Molybdæn	0,8	1,0	8	6	17	18	51

lerjord forud for såning. Forsuring, slangeudlægning og nedharvning før såning eller udbringning i den voksende afgrøde er ligeværdige alternativer. Indregnes der en køreskade fra gyllevognen ved

kørsel i den fremspirede afgrøde, bør man på fugtig lerjord vælge at forsure og slangeudlægge gyllen før såning ifølge årets fire forsøg. Efter fremspiring er det vejrforholdene ved udbringningen, som

Tabel 23. Strategi for udbringning af gylle til vårbyg på lerjord. (N16)

Vårbyg	Gylle udbringning	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Pct. råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
<i>2013. 4 forsøg</i>					
1. 0 N		0	8,4	54	47,3
2. 40 N		0	8,4	64	8,3
3. 80 N		0	8,9	75	15,1
4. 120 N		0	9,3	82	17,8
5. 160 N		0	9,8	89	19,2
6. 200 N		1	10,5	95	19,1
7. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, nedfældet	Førsåning	0	9,6	86	18,2
8. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, slangeudl.	Førsåning	0	9,5	84	17,3
9. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, forsuret pH 6,0	Førsåning	0	9,5	86	19,0
10. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, slangeudl.	Medio maj	0	9,9	90	19,3
11. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, forsuret pH 6,0	Medio maj	1	10,1	89	18,1
12. 40 N + 80 NH ₄ -N i gylle, forsuret pH 6,4	Medio maj	0	10,1	91	19,5
<i>LSD 7-12</i>				4,4	ns

Gødning, mængde, indhold og værdital	Udbragt mængde, ton pr. ha	Total-N, kg pr. ton	NH ₄ -N, kg pr. ton	Udbragt kg NH ₄ -N i alt. gylle + handelsg.	pH	NH ₄ -N, pct. af total-N	Syreforbrug, l pr. m ³	Værdital
<i>2013. 4 forsøg</i>								
7.	33,5	3,2	2,6	125	7,2	80		100
8.	33,5	3,2	2,6	125	7,2	80		95
9.	33,5	3,3	2,6	125	5,9	78	2,7	100
10.	32,0	4,0	3,1	138	7,1	76		99
11.	32,0	4,0	3,0	137	6,0	76	3,2	98
12.	32,0	4,0	3,0	137	6,5	76	2,1	100

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

bør være afgørende for, om man vælger at forsure gyllen. Specielt blæsevej, høj sol og høje temperaturer øger risikoen for kvælstoftab ved ammoniakfordampning.

Der er tilført 40 kg kvælstof i handelsgødning og 80 kg ammoniumkvælstof i gylle til alle forsøgsled med gylle. For at beregne værditallet af kvælstof i gyllen indeholder forsøgsplanen forsøgsled med stigende tilførsel af kvælstof i handelsgødning, fra 0 til 200 kg kvælstof pr. ha. Forsøgsplanen fremgår af tabel 23. Da vinteren 2012 til 2013 har været lang, er forsøgene først sået mellem 16. og 19. april. Lerjorden har i april været så våd, at nedfælderne har lavet betydelige kørespor i marken. Effekten af køreskaderne indgår ikke i forsøget, hverken fra nedfælder eller fra gyllevognen i vækstsæsonen.

Gylle i vækstsæsonen er udbragt mellem 15. og 29. maj, hvor afgrødens udviklingstrin har været fra trebladstadiet til færdig buskning. Som gennemsnit har temperaturen ved den første udbringning været knap 12 grader C med jævn vind og sol eller overskyet vejr, mens vejret ved den sene udbringning som gennemsnit har været 16 til 17 grader C, svag vind og overskyet.

Den anvendte sortjordsnedfælder har en tandafstand på 30 cm. To forsøg er udført i upløjet jord (hvor der praktiseres reduceret jordbearbejdning), og i to forsøg er gyllen nedfældet efter pløjning. I forsøgsled 8 til 12 er gyllen slangeudlagt og eventuelt forsuret med BioCovers SyreN-system. Der er udtaget gylleprøver til analyse før og efter forsuring. I midten af juni er der udtaget planteprov i forsøgsled 4, 10 og 11 til analyse for næringsstofindholdet.

Syreforbrug og pH-værdier

Af tabellen fremgår analyseresultaterne fra gyllen, herunder pH-værdierne. pH-værdien af ubehandlet gylle er i gennemsnit 7,2. Forsuring i forsøgsled 9, 11 og 12 afspejler målet for pH-værdien i forsøgsplanen og viser, at gyllevognens pH-meter stemmer overens med laboratorieanalyserne.

I forsøgsled 9 er der anvendt 2,7 liter syre pr. m³ gylle for at reducere pH til 6,0. Med den udbragte gyllemængde giver det en tilførsel af 51 kg svovl pr. ha. For at reducere pH til cirka 6,0 ved udbringning efter fremspiring er der som gennemsnit brugt 3,2 liter syre pr. m³ gylle, der giver en tilførsel af 58 kg svovl pr. ha. Det større syrebehov til den samme pH-reduktion skyldes muligvis, at gyllens indhold

af kulstof er større i tre af de fire forsøg ved anden udbringning, og med reaktionen mellem organisk stof og syre afdampes kuldioxid (CO_2), som øger pH-værdien i gyllen og dermed syrebehovet.

For at reducere pH-værdien i gylle til 6,4 er der i forsøgsled 12 som gennemsnit anvendt 2,1 liter syre, som resulterer i en tilførsel af svovl på 38 kg pr. ha.

Svovlbehovet i vårbyg er omkring 15 til 20 kg pr. ha.

Planteanalyser

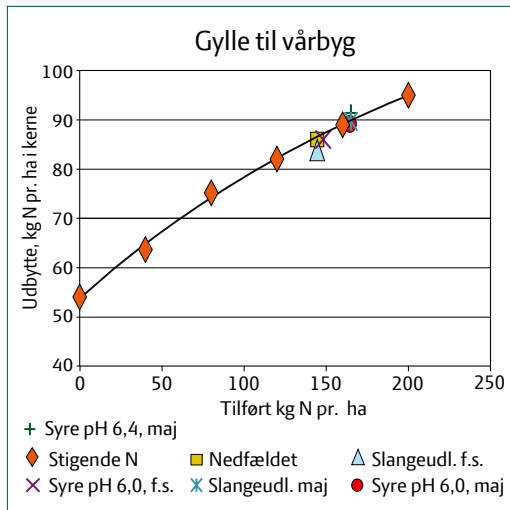
Planteanalyserne viser generelt kun små forskelle mellem forsøgsled 4, 10 og 11. Der er dog en tendens til, at planter fra forsøgsled 4, som er færdiggødnet ved etableringen, har et lidt større indhold af mikronæringsstofferne mangan og bor end forsøgsled 10 og 11. Svovlindholdet er 0,23 procent svovl i tørstof i forsøgsled 4 og 11 og 0,21 i forsøgsled 10. Der er således en generelt god svovlforsyning i forsøget. For makronæringsstofferne kvælstof, fosfor og kalium er der som gennemsnit et lidt højere indhold i forsøgsled 10 med ubehandlet gylle, sammenlignet med forsøgsled 4 og 11. Forskellene er små, men tendensen er den samme i tre ud af fire forsøg.

Udbytter og udnyttelse af kvælstof i gyllen

Udbytterne i forsøgene kan ses i tabel 23 og i figur 27. Som gennemsnit af alle forsøgene er det maksimale udbytte omkring 67 hkg vårbyg pr. ha, hvilket svarer til normudbyttet for JB 6 og 7. Forsøgene viser stigende udbytte af kvælstofprotein ved tilførsel af helt op til 200 kg kvælstof pr. ha, mens kerneudbyttet topes ved en tilførsel af 160 kg kvælstof pr. ha. I forsøgsled 6 med tilførsel af 200 kg kvælstof pr. ha og i forsøgsled 11 med forsuring til pH 6,0 og slangeudlægning af gylle er parcellerne let påvirket af lejesæd.

Alle forsøgsled med tilførsel af gylle har i gennemsnit givet et større udbytte end forsøgsled 4 med 120 kg kvælstof i mineralsk gødning. Værditallene, som alle ligger på 95 eller derover, afspejler en udnyttelse af gyllens totale kvælstofindhold, som er på niveau med den samme tilførsel af kvælstof i handelsgødning.

En sammenligning af de forskellige strategier for udbringning af gylle viser et signifikant større kvælstofudbytte ved gylleudbringning efter fremspiring, sammenlignet med slangeudlagt og nedharvet ubehandlet gylle før såning. Der er ikke sig-



Figur 27. Udbytte af kvælstof i fire forsøg i vårbyg med stigende tilførsel af kvælstof i handelsgødning og afprøvning af forskellige strategier for udbringning af gylle. F.s. = før såning.

nifikante forskelle på kvælstofvirkningen af gylle mellem de forskellige udbringningsmetoder før såning. Der er en tendens til en lidt lavere effekt af slangeudlagt, ubehandlet gylle før såning, både på udbytte og kvælstofoptagelse.

Der er ikke fundet en udbytteeffekt af forsuring ved udbringning af gylle efter såning, hvor der har været svag vind og overskyet.

Den sene gylleudbringning giver et større proteinindhold i kernen på gennemsnitligt 0,4 til 0,6 procentenheder. Alle proteinprocenter ligger inden for kravet til maltbyg på 9,5 til 11, men man bør være varsom med ikke at færdiggødske for sent, hvor vårbyg skal afregnes som maltbyg.

Strategi for gylleudbringning til vinterhvede

Der er gennemført tre forsøg med forskellige strategier for udbringning af gylle til vinterhvede. Som gennemsnit har fuldgødskning med gylle givet lidt mindre udbytte end delt gødskning. Hvis man tager udgangspunkt i gylleanalyserne, som er udtaget efter blanding af kvælstof i handelsgødning og gylle, har de fuldgødede forsøgsled fået tilført mindre kvælstof end planlagt i alle forsøg, så enten er kvælstof fejldoseret i alle forsøg, eller der er mistet kvælstof fra iblandingen i gyllen, til prøven analyseres.

Slangeudlægning af ubehandlet gylle sammenlignes med slangeudlægning af forsuret gylle til pH

6,4 og 6,0. Der er opnået et merudbytte for forsuring og delt gødskning på 2,4 til 3,9 hkg pr. ha, men merudbyttet er ikke signifikant.

I de seneste år er der sket en kraftig stigning i syrebehandling af gylle, dels for at reducere kvælstoftabet ved ammoniakfordampning, dels for lovligt at slangeudlægge gylle til fodergræs.

I årene 1993 til 2010 blev der udført 26 forsøg med gylle til vinterhvede, forsøgsled med tilsætning af urea og syre til gylle og andre kun med tilsætning af syre. Disse forsøg viste en stor spredning på udbytteeffekten, men som gennemsnit var merudbyttet 1 hkg kerne pr. ha for forsuring. Syretilsætningen havde i langt de fleste forsøg ikke sigte mod en bestemt pH-værdi, modsat systemerne i dag. Endvidere var merudbyttet for tilført kvælstof lavere i de tidligere forsøg, hvor erhvervet ikke var så reguleret i kvælstofforbruget som i dag.

For at undersøge, hvilken udbringningsstrategi der giver den bedste udnyttelse af kvælstof i gylle, er der gennemført tre forsøg i Nordjylland på forskellige jordtyper (JB 4 og 6) med syv forskellige ud-

bringingsstrategier om foråret og med forskellig anvendelse af forsuring. Forsøgsplanen fremgår af tabel 24.

Der er slangeudlægning af ubehandlet gylle og forsuret gylle med SyreN-systemet til henholdsvis pH 6,0 og 6,4. Endvidere er der et forsøgsled med SyreN-forsuring til pH 6,4 med tilsætning af 1 liter FeMan pr. ton gylle, som er en blanding af jern- og mangansulfat. Mangansulfat udgør 20 procent.

I forsøgsled 12 forsures gyllen med DanGødning AcidLine, som er en NS 4-16 gødning med urea som kvælstofkilde, suppleret med 96 procent svovlsyre. Endelig er der to forsøgsled med fuldgødskning med gylle, dels SyreN+ og AcidLine, som her er en NS 17-8 gødning. Hvor SyreN+ systemet bruger flydende ammoniak som kvælstofkilde, er AcidLines kvælstofkilde urea. Urea er en amid ((NH₂)₂CO), som hurtigt omdannes til ammoniak efter udbringning.

Alle forsøgsled med gylle har en planlagt tilførsel af 100 kg kvælstof i ammonium fra gylle og 50 kg kvælstof pr. ha i mineralsk gødning.

Tabel 24. Strategi for udbringning af gylle til vinterhvede

Vinterhvede	Antal kvælstof-udbringninger	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Pct. råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
2013. 3 forsøg					
1. 0 N		0	8,9	60	44,9
2. 50 N	1	0	8,3	77	17,7
3. 50 N + 50 N	2	0	9,7	104	27,1
4. 50 N + 100 N	2	0	10,8	122	30,5
5. 50 N + 150 N	2	0	12,1	136	29,9
6. 150 N	1	0	10,9	125	31,9
7. 50 N + 100 NH ₄ -N i gylle, slangeudl.	2	0	10,4	116	30,0
8. 50 N + 100 NH ₄ -N i gylle, SyreN, pH 6,4	2	0	10,5	123	33,9
9. 50 N + 100 NH ₄ -N i gylle, SyreN, pH 6,0	2	0	10,6	122	32,4
10. 50 N + 100 NH ₄ -N i gylle, SyreN, pH 6,4 + FeMan	2	0	10,5	121	32,9
11. 50 NH ₃ -N + 100 NH ₄ -N i gylle, SyreN+, pH 6,4	1	0	9,9	112	31,2
12. 45 N + 100 NH ₄ -N i gylle, + 5 N AcidLine, pH 6,4	2	0	10,5	123	33,6
13. 100 NH ₄ -N i gylle, + 50 N AcidLine, pH 6,4	1	0	9,9	110	30,1
LSD 7-13				ns	ns

Gødning, mængde, indhold og værdital	Udbragt mængde, ton pr. ha	Total-N, kg pr. ton	NH ₄ -N, kg pr. ton	Udbragt kg NH ₄ -N i alt. gylle + handelsg.	pH	Anvendt syreforbrug, l pr. m ³	Værdital
2013. 3 forsøg							
7.	33	4,93	3,57	166	7,0		64
8.	33	4,90	3,53	165	6,5	2,3	70
9.	33	4,93	3,53	165	6,1	4,2	71
10.	33	4,90	3,50	164	6,7 ²⁾	2,4 ²⁾	70
11.	32	5,90	4,53	145	6,4	4,2	59
12.	33	5,10	3,70	171	6,8		71
13.	33	5,73	4,33	143	7,2		52

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd. ²⁾ Kun fra 2 forsøg. Ved en fejl blev dette led ikke forsuret i forsøg 002.



Gylleudbringning med forsøgsgyllevogn. (Foto: Annette V. Vestergaard, Videncentret for Landbrug).

For at beregne værditallet af kvælstof i gyllen er der forsøgsled med stigende tilførsel af kvælstof i handelsgødning, fra 0 til 200 kg kvælstof pr. ha. For at belyse effekten af at udbringe al gødningen på en gang indgår der et handelsgødningsled med tilførsel af 150 kg kvælstof.

Handelsgødningen er udbragt fra 28. marts, og gyllen er udbragt den 30. april i de to af forsøgene og den 7. maj i det sidste forsøg. Anden tilførsel af handelsgødning i forsøgsled 2 til 5 har været den 30. april, hvor forsøgsled 6 er fuldgødsket. Med det sene forår har det været i orden at gødske så sent.

Gyllen er udbragt af AgroTech, hvor forsøgsgyllevognen er ombygget efter princippet i BioCovers SyreN-system. Gylle iblandet flydende ammoniak er overført fra en SyreN+ gyllevogn til forsøgsgyllevognen, og der er herefter suppleret med syre. AcidLine er tilsat forsøgsgyllevognen i en dosering på 150 liter pr. ha i forsøgsled 12 og 300 liter pr. ha i forsøgsled 13 ud fra en forventet forsuringseffekt af den tilsatte svovlsyre.

Den 30. april har temperaturen været 12 grader C, og det har overvejende været solskin med kraftig blæst. Især den kraftige vind har stor betydning for ammoniakfordampningen. Den 7. maj har temperaturen været 19 grader C, og der har været høj sol, men kun svag vind.

Syreforbrug, pH-værdier, svovl og mangan

Af tabellen fremgår analyseresultaterne fra gyllen, herunder pH-værdierne. pH-værdien af ubehandlet gylle er i gennemsnit 7,0. Forsuring i forsøgsled 8, 9 og 11 afspejler målet for pH-værdien i forsøgs-

planen, men der er sket en fejl i det ene forsøg i forsøgsled 10, som betyder, at dette forsøgsled ikke er blevet forsuret. Analyseresultaterne viser, at gyllevognens pH-meter stemmer overens med laboratorieanalyserne. I forsøgsled 12 og 13 har AcidLine ikke haft den planlagte forsurende effekt på gyllen. Dette skyldes formentlig, at den anvendte gyllesammensætning ikke er kendt på forhånd, hvorfor det ikke har været muligt at fastlægge doseringen af syre, som i disse forsøg har været for lav.

I forsøgsled 8 er der anvendt 2,3 liter syre pr. ton gylle for at reducere pH med 0,5 enhed. Med den udbragte gyllemængde svarer det til en tilførsel af 43 kg svovl pr. ha. For at reducere pH til cirka 6,0 har syreforbruget været 4,2 liter syre pr. ton gylle, som svarer til en tilførsel af 79 kg svovl pr. ha. Svovlbehovet i hvede er cirka 20 kg pr. ha.

I gylle, tilsat ammoniak, er der for at neutralisere ammoniakken høje pH-værdi og reducere gyllens pH til 6,4 tilsat 4,2 liter syre pr. ton.

Ved tilførsel af 1 liter FeMan pr. ton gylle i 33 ton pr. ha tilføres der godt 2,1 kg mangan pr. ha.

Planteanalyser

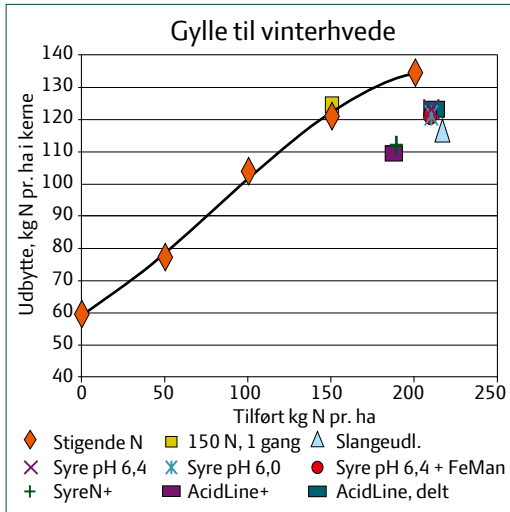
Der er gået cirka fire uger mellem gylleudbringning og udtagning af planteprover. Analyserne viser generelt ubetydelige forskelle i næringsstofoptagelsen mellem forsøgsled 4, 7, 8 og 9. Trods en stor tilførsel af svovl til forsøgsled 9 er der ikke et højere svovlindhold i planteproven. Manganindholdet er 15 procent højere i forsøgsled 9, sammenlignet med de øvrige forsøgsled. Ved lavere pH bliver en større andel af mangan plantetilgængelig.

Ifølge analyserne falder indholdet af molybdæn med stigende forsuring.

Udbytte og udnyttelse af kvælstof i gyllen

Forsøgsresultaterne ses i tabel 24 og i figur 28. Det største udbytte er på 75 hkg pr. ha. Der er stigende kvælstofudbytte af tilført handelsgødning op til 200 kg kvælstof pr. ha, mens kerneudbyttet top- per ved en tilførsel på 150 kg kvælstof pr. ha. Sammenlignes forsøgsled 4 og forsøgsled 6, er der et gennemsnitligt merudbytte på 1,4 hkg kerne pr. ha for at tildele fuld mængde handelsgødning den 30. april i forhold til at dele gødskningen i to. Tidligere forsøg har vist et merudbytte for delt gødskning på cirka 1 hkg pr. ha.

Der er ikke målt signifikante udbytteforskelle af de forskellige gyllebehandlinger og med undtagelse



Figur 28. Udbytte af kvælstof i tre forsøg i vinterhvede med stigende tilførsel af kvælstof i handelsgødning og afprøvning af forskellige strategier for udbringning af gylle.

af forsøgsled 13 er der som gennemsnit opnået et merudbytte på godt 3 hkg og 6 kg kvælstof i kerne pr. ha for at forsure gyllen. Det kraftige blæsevejr ved gylleudbringningen har givetvis ført til en betydelig ammoniakfordampning. Værditallet viser effekten af gylle, udtrykt som den mængde kvælstof i handelsgødning, som 100 kg totalkvælstof i husdyrgødning kan erstatte. Værditalle afspejler således en højere kvælstofudnyttelse i forsøgsled med forsuret gylle og delt gødskning i forhold til ubehandlet gylle. Værditalle for forsøgsled 11 og 13 er beregnet ved at tage udgangspunkt i indholdet af kvælstof i den ubehandlede gylle. I forsøgsled 13 er gyllen ikke blevet forsuret, hvorved tabet muligvis har været større end i ubehandlet gylle, da kvælstofdelen fra urea har kunnet fordampe som ammoniak.

Der er i forsøgene ikke opnået effekt af at forsure gyllen til pH 6,0 i forhold til pH 6,4. I de to forsøg, hvor forsøgsled 10 er forsuret, er der ikke opnået merudbytter for tilførsel af FeMan, sammenlignet med forsøgsled 8.

Anvendt syre ved forsuring af gylle til vinterhvede

Demonstrationer med tilsætning af forskellige mængder af svovlsyre til gylle ved udbringning i vinterhvede viser ingen sammenhæng mellem

forsurningsniveau og udbytte, men en god effekt på gyllens pH-værdi.

Fra praksis er der mange erfaringer med forsuring af gylle. Afhængigt af forsuringsteknik og målet for gyllens pH er der stor variation i forbruget af syre. Den maksimale reduktion i ammoniakfordampningen nås ved en pH-værdi på omkring 6,0. Der er stor variation i gyllens naturlige pH-værdi og næringsstofindhold, ikke blot mellem de forskellige husdyrarter, men også inden for samme dyregruppe. pH-værdien varierer med fodring og vandforbrug i stalden. Det gennemsnitlige tab af kvælstof ved ammoniakfordampning under udbringning i en voksende afgrøde er på 10 til 15 procent af kvælstofindholdet i gyllen. Dette tab dækker over en stor variation, som afhænger af gyllens sammensætning og vejret under udbringning. Selv om en lav pH-værdi ønskes i forhold til at reducere kvælstoftabet, kender vi ikke den optimale pH-værdi for gylle, set i forhold til udbyttet. Der er meget stor forskel på tilsætningen af syre pr. ton gylle ved de forskellige forsuringsteknikker.

Demonstrationer

For at se, om der er en sammenhæng mellem syreforbrug og udbytte i vinterhvede, er der udført seks demonstrationer med forskellig syretilsætning til gylle under udbringning i marken. Der er udbragt svinegylle. Demonstrationerne er gennemført i samarbejde med lokale maskinstationer henholdsvis på Fyn ved Lindegaard Maskinstation, i Nordjylland ved Maskinstation Svend Aage Christiansen A/S og i Sønderjylland ved Gamst Maskinstation. Demonstrationerne er planlagt med fire led med tilsætning af 0 til 5 liter svovlsyre pr. ton gylle med to gentagelser i hele køresporens bredde. Lokale konsulenter har deltaget ved gylleudbringningerne, tilset arealerne i vækstsæsonen og har opgjort udbytter og indsendt kerneprovér til analyse. Der er desværre ikke analyser fra de to demonstrationer i Sønderjylland. Demonstrationerne i Nordjylland er blevet udvidet med to led, hvor det nye SyreN+ system med fuldgødskning med gylle er afprøvet. Her er anvendt sogylle. Der er tilføjet to niveauer af flydende ammoniak og svovlsyre med SyreN+ systemet. Således er kvælstofniveauet henholdsvis det samme som i led med delt gødskning og 20 kg kvælstof under. Der er slangeudlagt 25 til 30 ton forsuret gylle pr. ha, og i led med ammoniak er der ikke suppleret med yderligere handelsgødning i disse to led. Planen fremgår af tabel 25. I Nordjylland er der lavet i alt otte gentagelser, fire på markjord og fire på lavbundsjord.

Tabel 25. Demonstration af forskellige mængder svovlsyre til svinegylle i vinterhvede. (N18)

Vinterhvede	Demoer på Fyn		Demoer i Nordjylland	
	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
2013. Antal demonstrationer	2	2	2	2
1. 0 l syre pr. m ³ gylle	130	95	77	55
2. 1,5 l syre pr. m ³ gylle	137	0,6	80	1,6
3. 3 l syre pr. m ³ gylle	132	0,1	76	0,0
4. 5 l syre pr. m ³ gylle	136	2,3	75	-2,6
5. SyreN+: 2,5 kg NH ₃ + 4,5 l syre pr. m ³ gylle	-	-	89	1,5
6. SyreN+: 1,5 kg NH ₃ + 3 l syre pr. m ³ gylle	-	-	75	-5,5
LSD	ns	ns	ns	ns

Gylleparametre	Udbragt mængde, ton pr. ha	Total-N, kg pr. ton	NH ₄ -N, kg pr. ton	Udbragt kg NH ₄ -N i alt, gylle + handelsg.	pH
2013. 4 demonstrationer					
1.	26	3,70	2,60	137	7,3
2.	26	3,54	2,58	136	6,7
3.	26	3,56	2,54	135	6,3
4.	26	3,54	2,54	135	5,5

Gyllen er kørt ud den 1. maj på Fyn og 6. og 23. april i Nordjylland. I Nordjylland har der været tydelige striber efter slangerne i de led, som har været færdiggødsket med gylle. Striberne er dog udlignet inden afmodning af vinterhveden.

På grund af en stor variation i udbytteresultaterne på lavbundsjorden i Nordjylland og en tendens til markvariation henover demonstrationen er denne del udgået.

Syreforbrug og pH-effekt

Den gennemsnitlige pH-værdi af den ubehandlede svinegylle er på 7,3, og tilsætning af 3 liter syre pr. ha reducerer pH-værdien med 1 enhed til 6,3. Denne pH-effekt svarer meget godt til de anvendte syremængder i de foregående forsøg i vårbyg og vinterhvede. I Nordjylland har syretilførslen i led 5 og 6 passeret til ammoniakdoseringen, og pH er reduceret til 6,1 i begge led (ikke vist).

Udbytter

Udbytterne varierer meget mellem behandlingerne og de to landsdele. På Fyn er gyllen udbragt sent og i en periode med høje temperaturer, hvor ammoniakfordampningen kan forventes at være høj. Gyllen har forholdsvis højt tørstofindhold, pH og ammoniumindhold, der alle er faktorer, som øger risikoen for ammoniakfordampning. Her ser der ud til at være tendens til et merudbytte for forsuring. I Nordjylland er der et betydeligt negativt merudbytte for forsuring med 5 liter syre pr. ton gylle i den ene demonstration. Begge demonstrationer i

Nordjylland viser et lavt merudbytte for 2,5 kg ammoniak og 4,5 liter syre pr. ton gylle og et negativt udbytte ved tilførsel af 1,5 kg ammoniak og 3 liter syre pr. ton. Udbyttenedgangen skyldes sandsynligvis overvejende, at afgrøderne er underforsynet med kvælstof.

Der er ikke fundet nogen sammenhæng mellem syreforbrug og udbytte.

Kvælstofgødning til vinterraps, efterår

Fra 2011 til 2013 er der gennemført i alt ni forsøg i vinterraps med afprøvning af forskellige gødningsstrategier om efteråret. Forsøgene viser, at der på husdyrgødede arealer ikke er merudbytte for tilførsel af kvælstof om efteråret, når forårstilførslen korrigeres tilsvarende. Resultaterne viser, at fordelingen af den samme kvælstofmængde mellem efterår og forår kan varieres fra 0 til 90 kg kvælstof om efteråret uden væsentlig indflydelse på udbyttet. Der er en tendens til merudbytte af placering af handelsgødning ved tilførsel af 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.

Slangeudlægning af gylle efter rapsens fremspiring (omkring firebladstadiet) giver et lavt merudbytte, sammenlignet med nedfældning før såning. Der indgår ikke måling af afgrøde- og køreskade i forsøgene.

I 2011 startede en forsøgsserie i vinterraps for at afklare, hvilken tilførsel af kvælstof til vinterraps i efteråret der gav det største udbytte. 0, 30, 60 og



Udbringning af gylle til vinterraps kan både ske ved nedfældning eller ved slangeudlægning med eller uden syre. Her slangeudbringes gylle med syre, som kan reducere ammoniaktabet og supplere rapsen med svovl. (Fotos: Annette V. Vestergaard, Videncentret for Landbrug).

90 kg kvælstof pr. ha blev bredspredt ved såning, hvorefter forårstilførslen blev korrigeret, så den samlede tilførsel af kvælstof blev 170 kg pr. ha i alt. Forsøgsleddene med handelsgødning blev suppleret med to forsøgsled med tilførsel af gylle henholdsvis ved nedfældning før såning og slangeudlægning efter fremspiring. Der blev tilført 60 kg ammoniumkvælstof i gylle om efteråret, som blev suppleret med 110 kg kvælstof i foråret. Der blev målt N-min primo december og udtaget planteprover til analyse for optagelse af næringsstoffer.

I 2012 blev forsøgsplanen udvidet, dels med et "referenceled" for merudbytte af efterårstilførsel af 30 kg kvælstof uden korrektion ved forårstilførslen, dels med forsøgsled med stigende tilførsel af kvælstof, placeret ved såning.

I 2013 er forsøgsplanen igen blevet udvidet, denne gang med et forsøgsled med slangeudlægning af forsuret gylle med SyreN-systemet efter fremspiring. Forsøgsplanen fremgår af tabel 26. Til de tre forsøg er der anvendt gylle fra samme beholder. Gyllen er svinegylle med en pH-værdi på 7,5. Der er anvendt 4,2 og 5,5 liter syre pr. ton gylle for at forsure gyllen til pH 6,0. Der er udbragt 18 ton gylle pr. ha, som i det forsurede forsøgsled giver en tilførsel af svovl på 50 kg pr. ha. Forsøgsplanen fremgår af tabel 26. Der er kun udtaget planteprover i ét af de tre forsøg i 2013.

I 2013 er forsøgene udført på JB 4 og 6, og i 2011 og 2012 blev de udført på JB 4, 6 og 7. Forsøgsarea-

lerne har generelt fået tilført husdyrgødning i de forgangne år. Resultaterne fremgår af tabel 26.

I tabellen gengives først resultaterne af 2013-forsøgene. Dernæst sammenlignes forsøgsled med stigende tilførsel af kvælstof, udbragt ved bredspredning fra 2011 til 2013. Efterfølgende vises forsøgsled med henholdsvis nedfældning af gylle før såning og forsøgsled med slangeudlægning af gylle ved firebladstadiet. Nederst i tabellen sammenlignes forsøgsled med forskellige strategier for udbringning af handelsgødning, henholdsvis kvælstofniveauer og udbringningsteknik.

I de tre forsøgsår er der ikke opnået signifikante udbytteforskelle mellem de forskellige gødningsstrategier. Derimod er der opnået signifikante forskelle i næringsstofoptagelsen i efteråret.

Forskellige mængder kvælstof i efteråret

I 2013 har der været et beskedent merudbytte på godt 1 hkg frø pr. ha for at tilføre ekstra 30 kg kvælstof. Ved tilførsel af i alt 170 kg kvælstof opnås der som gennemsnit af alle forsøgsled med handelsgødning et negativt merudbytte på 0,5 hkg pr. ha for at tilføre kvælstof om efteråret.

Ved sammenligning af forsøgsled med stigende tilførsel af bredspredt kvælstof viser de ni forsøg en svag tendens til mindre udbytte ved tilførsel af en stigende andel af kvælstof i handelsgødning. Plan-teanalyserne viser en signifikant større optagelse af både kvælstof og svovl primo december ved gødskning med 60 og 90 kg kvælstof ved såning, sammenlignet med det ugødede forsøgsled. Den stigende optagelse af næringsstoffer inden vinteren giver ikke anledning til større udbytter ved høst i de tre forsøgsår.

Placerings-effekt af handelsgødning

Der er ikke målt sikre forskelle i udbytte mellem bredspredning og placering af kvælstof på udbyttet. Der er som gennemsnit af alle forsøgene en tendens til udbytteeffekt af placering med stigende tilførsel af kvælstof. Placering af kvælstof kan rumme fordele, som ikke kommer til udtryk i forsøgene. Ved placering bliver ukrudtstrykket som regel mindre. Optagelsen af kvælstof og svovl er uafhængig af udbringningsteknikken, og optagelsen af svovl er konstant med optagelsen af kvælstof i forsøgene i forholdet cirka 1:7.

Udbringningsteknik for gylle

I 2013 er der opnået størst udbytte ved slangeudlægning af 60 kg ammoniumkvælstof ved rapsens

Tabel 26. Kvælstof til vinterraps om efteråret. Forskellige udbringningsmetoder, kvælstofmængder og gødningstyper som efterårsgødskning af vinterraps. (N19)

Vinterraps	Kg N pr. ha	Gylle	Udbringningsmetode, efterår ¹⁾	Kg N pr. ha, forår	Ca. 1. december			Udbytte og merudb., std.kvalitet, hkg pr. ha
					Planteprov, udb.		N-min, kg N pr. ha	
					N, kg pr. ha	S, kg pr. ha		
2013. Antal forsøg					1	1	3	3
1.	0		-	170	27	3,1	31	56,4
2.	30		Br	170	-	-	-	1,1
3.	30		Br	140	30	3,6	32	-1,0
4.	30		Pl	140	34	4,4	33	-2,1
5.	60		Br	110	36	4,0	32	-0,8
6.	60		Pl	110	50	6,7	41	1,5
7.	90		Br	80	36	4,0	50	-0,4
8.	60 NH ₄ -N	Ja	Nff.s.	110	28	3,5	33	1,5
9.	60 NH ₄ -N	Ja	Sl e.s.	110	43	4,4	40	3,2
10.	60 NH ₄ -N	Ja	SyreN e.s.	110	38	4,2	40	-1,7
LSD								ns
2011-2013. Antal forsøg					4	5	9	9
1.	0		-	170	35	4,2	39	49,0
2.	30		Br	170	-	-	-	1,4
3.	30		Br	140	49	5,8	34	-0,1
5.	60		Br	110	66	8,6	53	-1,3
7.	90		Br	80	68	9,4	45	-1,1
LSD					19,5	2,2		ns
2011-2013. Antal forsøg					2	3	7	7
1.	0		-	170	33	3,7	40	51,1
8.	60 NH ₄ -N	Ja	Nff.s.	110	46	6,4	30	-0,4
9.	60 NH ₄ -N	Ja	Sl e.s.	110	38	4,6	56	0,6
LSD								ns
2012-2013. Antal forsøg					4	4	6	6
1.	0		-	170	35	4,6	30	50,7
2.	30		Br	170	-	-	-	1,1
3.	30		Br	140	49	6,5	30	0,0
4.	30		Pl	140	48	7,0	31	-0,9
5.	60		Br	110	66	9,1	44	-0,8
6.	60		Pl	110	59	8,0	38	1,1
7.	90		Br	80	68	9,3	44	1,0
LSD					17,7	2,6		ns

¹⁾ Br: bredspredt, Pl: placeret, Nf: nedfældet, Sl: slangeudlagt, f.s.: før såning, e.s.: efter såning, ved rapsens 4-bladstadiet.

firebladstadium, sammenlignet med slangeudlagt forsuret gylle og nedfældning før såning. Der er næsten 5 hkg mindre i udbytte ved at forsure gyllen i forhold til udbringning af ubehandlet gylle. Dette resultat stammer fra et forsøg (003), hvor udbyttet er 8,7 hkg mindre ved udbringning af forsuret gylle i forhold til slangeudlagt, ubehandlet gylle. Der er anvendt samme gylle og syremængde som i forsøg 002, hvor der ikke er denne effekt. N-min ved forsøgets start har været på 181 kg kvælstof pr. ha og i december på 70, hvilket indikerer, at væksten ikke har været begrænset af mangel på kvælstof.

Slangeudlægning af ubehandlet gylle har i 2013 givet 1,7 hkg mere i udbytte end nedfældet gylle før såning.

Som gennemsnit af syv forsøg i 2011 til 2013 er der ikke udbytteforskel mellem nedfældning og slangeudlægning af gylle. Der er således ikke opnået en placeringseffekt ved nedfældning af gylle. I forsøgene indgår hverken struktur- eller køreskade, som bør inddrages ved valg af udbringningsteknik.

N-min

N-min i 75 cm dybde har ved forsøgenes start ligget mellem 19 og 181 kg kvælstof pr. ha med et gennemsnit på 95 (ikke vist). I figur 29 ses N-min værdierne i 0 til 100 cm dybde for otte ud af de ni forsøg fra målingerne primo december. N-min i 75 cm dybde er efter de tre til fire måneder reduceret med 60 til 65 kg kvælstof pr. ha (inklusive gødskning).

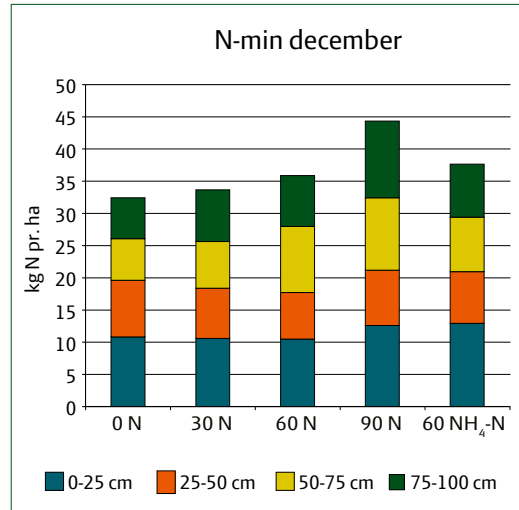
N-min i hele profilen stiger med godt 3 kg kvælstof pr. ha, når tilførslen ændres fra 0 til 60 kg kvælstof pr. ha, der er en stigning på 12 kg kvælstof pr. ha, når der tilføres 90 kg kvælstof pr. ha ved såning. En forholdsvis stor andel af kvælstoffet er at finde i det dybeste jordlag, hvor der er risiko for udvaskning.

I forsøgsleddet med 60 kg ammoniumkvælstof i gylle er gyllen tilført fire til seks uger efter såning, og en stor del af kvælstoffet findes i de øverste 25 cm.

Biochar

I 2013 er der gennemført tre forsøg i vinterhvede med stigende mængder biochar fra affaldstræ. Biochar er et produkt med højt kulstofindhold, som blandt andet tænkes anvendt til kulstoflagring i jord og som jordforbedring generelt. Der er nedbragt 0 til 20 ton kulstof pr. ha ved pløjning eller fræsning før såning og fuldgødsket med mineralsk gødning. Forsøgene viser ikke en udbytteeffekt af biochar, dog med tendens til lidt mindre udbytte i år 1. Et forsøg på lerjord har givet et lavt merudbytte ved tilførsel af 10 ton kulstof pr. ha, som kan skyldes en pH-effekt, da markens Rt ved forsøgets start er målt til 6,0.

I 2012 startede et fireårigt EU-finansieret projekt, kaldet Refertil (www.refertil.info) for at belyse muligheden for at omsætte affaldsprodukter til



Figur 29. N-min i otte forsøg fra 2011 til 2013 som funktion af forskellig kvælstoftilførsel ved såning. 60 kg ammoniumkvælstof refererer til forsøgsled 9 med slangeudlægning af gylle efter fremspiring.

næringsstoffer og jordforbedringsmidler til landbruget. Der indgår to typer af affaldsbehandlinger i projektet: Kompostering og pyrolyse. Pyrolyse er en iltfri forbrænding af affaldsproduktet, hvor der omkring materialet tilføres 600 til 750 grader C varm røggas. Under opvarmningen uddrives materialets flygtige bestanddele i form af gas. Når materialet når en temperatur på omkring 450 grader C, er der kun de faste bestanddele tilbage, hvoraf størstedelen er tungt omsætteligt kulstof. Dette restprodukt kaldes biochar eller charcoal. Til forskel fra aske er kulstofindholdet meget højt, ofte over 70 procent. Biocharens kulstof kan forbrændes ligesom kul og give varme og energi, eller det kan anvendes til landbrugsjorden som kulstoflagring og jordforbedring. Da kulstoffet er meget tungt omsætteligt, bevares det i jorden i århundreder.

Hvis det anvendte inputmateriale er meget næringsholdigt, kan biocharen endvidere erstatte næringsstoffer, tilført som mineralsk gødning. Som inputmateriale kan både anvendes plantebaserede produkter, husdyrgødning, slam eller slagteriaffald som kød- og benmel. Der findes forskellige typer af pyrolyseanlæg med produktion af varme, gas og el.

I Danmark er der udviklet et anlæg til pyrolyse af halm ved Pyroneer i Kalundborg. Ved Årstiderne på Barritskov er der et pyrolyseanlæg til træaffald

Kvælstof til vinterraps om efteråret

Opgørelse af forsøg med udbringningsstrategier af gødning til vinterraps fra 2011 til 2013 viser,

- > at der ikke har været merudbytte for udbringning af kvælstof til vinterraps om efteråret, når efterårstilførslen fratrækkes ved færdiggødskningen om foråret
- > at fordelingen af kvælstof mellem efterår og forår kan varieres inden for relativt vide rammer uden indflydelse på udbyttet
- > at optagelsen af kvælstof og svovl stiger med tilførslen
- > at der ikke er målt en placeringseffekt af kvælstof ved såning
- > at valget mellem udbringningsteknik for gylle skal træffes ud fra en vurdering af risikoen for afgrøde-, køre- og strukturskader i den pågældende mark
- > at der kan tilføres op til 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret uden at øge risikoen for nitratudvaskning.

Strategi

fra deres kasser, og ved Randers har Frichs et anlæg til pyrolyse af halm, fast gødning og gyllefibre. Pyrolyseanlæg findes endvidere på nogle fjernvarmeanlæg og kraftvarmeverker til produktion af energi.

Effekten af biochar på jorden er meget variabel. På verdensplan er der udført mange forsøg med mange typer af biochar, jordtyper, afgrøder og ved forskelligt klima. Der er fundet signifikante merudbytter af biochar på sure jorder, hvilket tyder på en kalkeffekt. Spredningen på resultaterne er meget stor. Således er der opnået fra -55 procent til 65 procent i merudbytter (Jeffery et al. Agric., Ecos. and Env. 144 (2011) pp. 175-187).

Ved at tilføre jorden kulstof kan man øge dens vandholdende evne, hvilket i tørre år kan give et merudbytte på sandjord. Kulstof giver en bedre jordstruktur, som kan have betydning for en god etablering og et godt luftskifte. Biochar, tilført jorden, er nærmest uforgængeligt, og der er derfor behov for viden om, hvilke jorder, afgrøder og typer af biochar der giver positiv effekt på udbyttet, også over tid.

Da biochar har en betydelig, alternativ værdi som energi, vil det altid have en mindstepris, som svarer til denne. Skal biochar blive billigere, er det således gennem et miljø- eller klimatilskud for kulstoflagring. Aktuelle priser varierer i dag fra cirka 750 til 9.000 kroner pr. ton.

Forsøg med biochar til vinterhvede

I 2013 er der gennemført tre forsøg med biochar som kulstoflagring til vinterhvede. Biocharen er produceret på Barritskov af affaldstræ. Da næringsstofindholdet i biochar fra træ er meget lavt, er forsøg og doseringer tilrettelagt med udgangspunkt i en variabel tilførsel af kulstof og med en gødningsplan som den omgivende mark. Analyser af tidligere produceret biochar har vist et kulstofindhold på 87 procent, så dette er udgangspunktet for en planlagt tilførsel af 0 til 20 ton kulstof pr. ha. Forsøgsplanen fremgår af tabel 27. De tre forsøg er alle placeret i Midt- og Nordjylland på henholdsvis JB 4, 5 og 7.

Biocharen er leveret den 18. september i bunker direkte på markerne. Her er det konstateret, at en del af biocharen ikke er blevet fuldstændigt pyrolyseret, idet der er tydelige træstykker iblandet, som det ses på billedet. Således har træflisen ikke opnået en tilstrækkeligt høj temperatur under pyrolysen. Biocharen er udvejet og udbragt manuelt.

Tabel 27. Forsøg med biochar til vinterhvede. (N20)

Vinterhvede	N-min, maj, lbnr. 001, JB 7	N-min, maj, lbnr. 001, JB 4	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
2013. Antal forsøg	1	1	3	3
1. Ubehandlet	278	186	135	81,3
2. 2,5 tons C pr. ha ¹⁾	430	125	134	-0,9
3. 10 tons C pr. ha ¹⁾	364	131	132	-1,8
4. 20 tons C pr. ha ¹⁾	323	92	132	-1,7
LSD			ns	ns

¹⁾ Biochar: C-indhold: 80,2 pct., N-indhold: 0,24 pct., pH: 7,2.

Selv om der er træstruktur i biocharen, er en andel fint pulveriseret og har støvet meget. Efter udbringning er biocharen nedbragt ved pløjning eller grundig fræsning inden såning af vinterhvede, som i to af forsøgene (JB 4 og 7) er sket samme dag og i det sidste forsøg i ugen efter.

Forsøgene er færdiggødsket ultimo april til 1. maj, og i de to af forsøgene på JB 4 og 7 er der udtaget jordprøver fra pløjelaget til N-min analyser ultimo maj for at se, om biochar påvirker mængden af tilgængeligt kvælstof. I alle tre forsøg er udtaget blade til næringsstofanalyse.



Biocharen leveres på forsøgsarealet og ligner kul og træ. (Foto: Annette V. Vestergaard, Videncentret for Landbrug).



Biochar udvejes og udbringes i fire forskellige doseringer. (Fotos: Annette V. Vestergaard, Videncentret for Landbrug).

N-min prøverne kan ses for de to forsøg i tabel 27, forsøg med biochar til vinterhvede. N-min værdierne er forholdsvis høje med en tendens til, at N-min stiger ved tilførsel af biochar på lerjorden, mens den falder på sandjorden. Denne forskel er umiddelbart uforklarlig og behøver således ikke at være koblet til jordtypen. Analyse af biochar viser et C/N-forhold på over 300, så der kan forventes en vis immobilisering af kvælstof, selv om kulstofet er meget tungt omsætteligt og dermed inaktivt. Tidligere forsøg på Risø har vist en immobilisering i en periode efter udbringningen, som hæmmede væksten af vårbyg.

Planteanalyserne viser ingen forskel i optagelsen af næringsstoffer mellem de forskellige forsøgsled.

Det samlede høstresultat for de tre forsøg viser ingen udbytteeffekt af biochar. I de to forsøg på JB 4 og 5 er der et udbyttetab på henholdsvis 2,6 og 4 hkg kerne ved tilførsel af 10 ton kulstof i biochar pr. ha (forsøgsled 3), mens det samme forsøgsled i forsøget på JB 7 giver et merudbytte på 1,4 hkg pr. ha. I forsøget på lerjorden er Rt målt til 6,0, hvilket er forholdsvis lavt for jordtypen. Den positive effekt kan måske skyldes en pH-effekt af biocharen.

Andetårs effekten af biocharen undersøges i 2014, og der forventes forsøg med afprøvning af biochar fra henholdsvis halm og gyllefibre.

Tidlig såning af vintersæd

Kvælstofudvaskningen ved korndyrkning kan reduceres med efterafgrøder. Efterafgrøder blokerer imidlertid for dyrkning af vintersæd, og det vil, specielt på svinebedrifter på lerjord, resultere i et stort indkomsttab. Derfor er der fokus på at udvikle dyrkningssystemer i vintersæd, hvor udvaskningen reduceres.

Tidlig såning giver en større kvælstofoptagelse om efteråret, og derved reduceres kvælstofudvaskningen, men det kan betyde øgede problemer med blandt andet ukrudt, goldfodsyge og havrerødsot. Det er vigtigt at tilpasse udsædsmængden til såtidspunktet, så risikoen for lejesæd minimeres.

Der er gennemført en forsøgsserie med meget tidlig såning af vintersæd for at undersøge, om man kan forebygge udvintring med svampe- og insektbekæmpelse om efteråret eller ved afpudsning af afgrøden før vinteren, samt en forsøgsserie, hvor et antal vinterhvedesorter egnethed til tidlig såning undersøges.

Efterårsbehandling ved meget tidlig såning af vintersæd

I 2011, 2012 og 2013 er der gennemført forsøg med tidlig såning af tre vintersædsarter. Formålet er at undersøge miljøeffekten af tidlig såning af vintersæd, sammenholdt med såning til normalt såtidspunkt. I de tre år er der gennemført forsøg med vinterhvede, vintertriticale og vinterrug, hvor der er målt kvælstofoptagelse, N-min og udbytte med forskellig strategi for efterårsbehandling. I forsøgene har tidlig såning forøget kvælstofoptagelse, udbytte og reduceret N-min om efteråret.

Der blev i efteråret 2012 for tredje år i træk anlagt to forsøg i vinterhvede, tritricale og vinterrug, hvor strategien for efterårsbehandling med svampemidler, insektmidler og afpudsning ved meget tidlig såning belyses.

Resultaterne af forsøgene, anlagt i efteråret 2010, er beskrevet i Oversigt over Landsforsøgene 2011, side 223 og 224. Resultaterne af forsøgene, anlagt i efteråret 2011, er vist i Oversigt over Landsforsøgene 2012, side 272 til 274. Resultaterne af alle årene under et er beskrevet nedenfor.

Risikoen ved tidlig såning af vintersæd er, at afgrøderne i milde efterår udvikler sig så meget, at de bliver mere følsomme for sygdomsangreb og udvintring. Formålet med forsøgsserien er at undersøge,

om forskellige behandlingsstrategier om efteråret kan reducere risikoen for sygdomsangreb og udvintring ved meget tidlig såning. Behandlingerne omfatter sygdomsbekæmpelse samt vækstregulering og afpudsning. De opnåede resultater skal sammenholdes med vejrforholdene i de tre vinterhalvår, hvor forsøgene har været gennemført. Vejrforholdene i september, oktober og november i forsøgsårene er karakteriseret ved, at både temperatur og nedbør har været tæt på 30-års normalen. Undtagelsen er november 2010, hvor både temperatur og nedbør var betydeligt lavere end normalt. Vejrforholdene har altså ikke betinget, at væksten om efteråret har været så voldsom, at der kan forventes en væsentlig effekt af de gennemførte efterårsbehandlinger i forsøgene.

Forfrugten i forsøgene har været korn eller vinterraps, og jordtypen har været JB 5 til 7.

Kvælstofoptagelse og N-min efterår

I tabel 28 er vist tørstofudbytte, kvælstof- og kaliumoptagelse i vintersæden samt resultater af N-min målinger i gennemsnit af de tre forsøgsår. Der er opnået en større tørstofmængde og en større kvælstof- og kaliumoptagelse i alle tre afgrøder ved tidlig såning, sammenlignet med såning til normalt såtidspunkt. I gennemsnit af årene er meroptagelsen ved tidlig såning 12 til 18 kg kvælstof pr. ha, svarende til 3 til 4 kg kvælstof pr. uge, såtidspunktet er rykket frem. Kvælstofoptagelsen er størst i vinterrug. Tidlig såning forøger kaliumoptagelsen i vintersæden med 6 til 14 kg kalium pr. ha.

Den større kvælstofoptagelse i vintersæden gennem efteråret ved tidlig såning afspejler sig i et lavere N-min indhold ved målingen i november. I gennemsnit af de tre år har tidlig såning reduceret N-min indholdet i november med 17 til 25 kg kvælstof pr. ha, svarende til mellem en tredjedel og halvdelen af N-min indholdet ved normalt såtidspunkt. I en situation med lave til moderate N-min indhold om efteråret, som det er tilfældet i forsøgene her, reducerer tidlig såning af vintersæd N-min i jorden og dermed nitratudvaskningen lige så effektivt som en efterafgrøde. I situationer med høje N-min indhold, for eksempel efter raps eller andre afgrøder med stor forfrugtsvirkning, er tidlig såning af vintersæd mindre effektiv end en veletableret efterafgrøde, fordi efterafgrødens potentiale til kvælstofoptagelse er større.

N-min forår

I gennemsnit af de tre forsøgsår er N-min indholdet i 0 til 100 cm tidligt forår det samme eller lidt lavere ved tidlig såning, sammenlignet med såning til normal tid. Kvælstofforsyningen fra jordens reserver i vækstsæsonen må på den baggrund forventes at være tilnærmelsesvis den samme som ved såning på normalt såtidspunkt.

Det er imidlertid karakteristisk, at N-min indholdet i jordlaget i 0 til 25 cm i gennemsnit af årene er 7, 5 og 4 kg højere pr. ha, hvor der er sået tidligt, end hvor der er sået til normal tid. Det skyldes, at den større kvælstofoptagelse i efteråret i den tidligt såede vintersæd har reduceret nedvaskningen af

Tabel 28. Strategi ved tidlig såning af vintersæd. Udbytte i vintersæd samt N-min i november, gennemsnit af 2010, 2011 og 2012. Desuden N-min i marts, gennemsnit af 2011, 2012 og 2013. (N21, N22, N23)

Forsøgsbehandling	Udbytte i vintersæd, november			N-min, 0-100 cm, kg pr. ha	
	Hkg tørstof pr. ha	Kg N pr. ha	Kg K pr. ha	November	Marts
<i>Vinterhvede</i>					
Antal forsøg	5	5	5	6	6
Tidlig såning, 20. august	5,5	23	17	29	52
Normal såtid, 20. september	2,2	10	7	54	49
LSD	2,5	ns	10	17	ns
<i>Triticale</i>					
Antal forsøg	6		6	6	6
Tidlig såning, 20. august	8,3	28	21	31	38
Normal såtid, 20. september	2,9	10	7	48	46
LSD	1,7	9	6	13	ns
<i>Vinterrug</i>					
Antal forsøg	5	5	5	6	6
Tidlig såning, 20. august	8,6	36	26	26	35
Normal såtid, 20. september	5,9	24	18	50	34
LSD	ns	ns	ns	10	ns

nitrat i profilen. Tidlig såning af vintersæd har på samme måde som eftergrøder så at sige "løftet" nitrat op i profilen.

Udbytter og kvælstofbehov

I tabel 29 er vist udbytterne i gennemsnit af årene 2011, 2012 og 2013. For alle tre vintersædsarter gælder, at der opnås et signifikant merudbytte ved tidlig såning, sammenholdt med såning til normal tid. Merudbyttet varierer mellem årene, men der er alle tre år et merudbytte for tidlig såning. I gennemsnit af årene er merudbyttet for tidlig såning 5 til 7 hkg pr. ha. I vinterhvede og tritcale, hvor kvælstofoptagelsen i kerne er målt, opnås en signifikant større kvælstofoptagelse ved tidlig såning, sammenholdt med såning til normal tid. I gennemsnit af årene er meroptagelsen af kvælstof i kerne 9 til 11 kg kvælstof pr. ha i vinterhvede og tritcale. Proteinprocenten er upåvirket af såtidspunktet.

Merudbytte for tidlig såning er upåvirket af strategien for efterårsbehandling. Det samme gælder kvælstofoptagelsen.

Betydning af vejrforhold

At der er merudbytte for tidlig såning, sammenholdt med såning til normal tid, og at merudbyttet ikke er påvirket af strategien for efterårsbehandling, skal ses i sammenhæng med vejrforholdene i efterårsmånederne i de tre forsøgsår. Nedbør og temperatur i september, oktober og november har stort set været normale og har ikke medført, at vintersæden har udviklet sig så kraftigt, at risikoen for angreb af sygdomme og skadedyr er forøget. Registrering af sygdomsangreb og overvintring i forsøgene viser, at der ikke har været angreb af betydning, og at eventuelle forskelle i sygdomsangreb ikke har haft sammenhæng med såtidspunktet. Vejrforholdene har også betydet, at i et af forsøgsårene blev det "normale" såtidspunkt på en af for-

søgslokaliteterne rykket til den 12. oktober, hvilket forårsagede et stort udbyttestab.

Sortsvalget har betydning for risikoen for sygdomsangreb og dårlig overvintring. Men risikoen for sygdomsangreb og dårlig overvintring ved tidlig såning stiger i efterår med høje temperaturer, fordi afgrøderne bliver større og når længere i udviklingen. Normaltemperaturer og ekstremer for september, oktober, november og december fremgår af tabel 29.

Tidlig såning og kvælstofbehov

Af tabel 30 fremgår, hvordan såtidspunktet påvirker kvælstofbehovet. For både vinterhvede og tritcale er merudbyttet for tilførsel af 60 kg kvælstof pr. ha 2 hkg højere pr. ha ved tidlig såning end ved såning til normal tid. I vinterrug er forholdet omvendt, idet merudbyttet for tilførsel af 60 kg kvælstof pr. ha i gennemsnit af årene er 4 hkg højere ved såning til normal tid end ved tidlig såning.

Kvælstofoverskud og kvælstofudnyttelse

Kvælstofoverskuddet, beregnet som forskellen mellem aktuel kvælstoftilførsel og kvælstofbortførslen i kerne, er henholdsvis 22 og 31 kg kvælstof pr. ha i vinterhvede ved tidlig såning og såning til normal såtid. I vintertritcale er de tilsvarende værdier 10 og 23 kg kvælstof pr. ha. Tidlig såning af de to vintersædsarter reducerer forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof i kerne med cirka 10 kg kvælstof pr. ha. Kvælstofudnyttelsen, beregnet som forholdet mellem aktuelt tilført kvælstof i gødning og bortført kvælstof i kerne, forøges fra 0,80 til 0,86 ved at så tidligt, sammenholdt med at så til normal såtid. I vintertritcale forøges kvælstofudnyttelsen tilsvarende fra 0,83 til 0,97 ved at så tidligt, sammenholdt med at så til normal såtid.

Forsøgsserien er afsluttet.

Tabel 29. Strategi ved tidlig såning af vintersæd. Normaltemperatur (1960 til 1990), højeste temperatur siden 1874 samt antal år og hyppighed, hvor gennemsnitstemperaturen i september, oktober, november og december var 1, 2 og 3 grader C over normaltemperaturen i perioden 1960 til 1990. Kilde: Danmarks Meteorologiske Institut

Lands gennemsnit	September		Oktober		November		December	
	Antal år og hyppighed i perioden 1960-1990							
	Antal år	Hyppighed, pct.	Antal år	Hyppighed, pct.	Antal år	Hyppighed, pct.	Antal år	Hyppighed, pct.
Normaltemperatur, grader C	12,7		9,1		4,7		1,6	
Maks. temp. siden 1874, grader C	16,2		12,1		8,1		7,0	
1 grader C over normen	7	23	6	20	7	23	13	43
2 grader C over normen	3	10	4	13	4	13	6	20
3 grader C over normen	2	7	1	3	1	3	1	3

Tabel 30. Strategi ved tidlig såning af vinterhvede. Forsøgsbehandlinger og målte udbytter ved normalt såtidspunkt og ved tidlig såning. Ved den tidlige såning er afprøvet forskellige strategier for at mindske risikoen for angreb af svampe. Forsøgene er gennemført ved to kvælstofniveauer i foråret. Forfrugten har været korn eller vinter-raps, og jordtypen har været JB 5 til 7. (N21, N22, N23)

Forsøgsbehandling ¹⁾			Udb. og merudb., hkg pr. ha	Udbytte i kerne, kg N pr. ha	Protein Pct. i kerne	Merudbytte, hkg pr. ha	Udbytte, kg N pr. ha	Protein Pct. i kerne
Såtidspunkt	Skadedyrs- og sygdoms- bekæmpelse	Afpudsning ²⁾	Kvælstofgødskning forår					
			Norm			60 N under normen		
Vinterhvede								
Antal forsøg			6	6	6	6	6	6
Normal, 20. september	Ingen	Nej	84,1	128	10,2	77,9	105	9,1
Tidligt, 20. august	Ingen	Nej	4,7	137	10,3	3,5	111	9,1
Tidligt, 20. august	Karate, Folicur	Nej	5,9	138	10,3	4,1	109	8,9
Tidligt, 20. august	Karate	Ja	5,6	139	10,3	3,5	108	8,9
LSD 1 (efterårsbehandling)			2,8	5,6	-	2,8	5,6	-
LSD 2 (kvælstof forår)			2,0	4,0	-	2,0	4,0	-
Triticale								
Antal forsøg			6	6		6	6	6
Normal, 20. september	Ingen	Nej	77,7	112	10,6	70,1	87	9,1
Tidligt, 20. august	Ingen	Nej	5,0	119	10,6	4,4	93	9,2
Tidligt, 20. august	Karate, Folicur	Nej	8,0	124	10,6	6,0	93	8,9
Tidligt, 20. august	Karate	Ja	7,7	125	10,8	4,5	93	9,1
LSD 1 (efterårsbehandling)			3,3	7,1	-	3,3	7,1	
LSD 2 (kvælstof forår)			2,3	5,0	-	2,3	5,0	
Vinterrug								
Antal forsøg			6	6	6	6	6	6
Normal, 20. september	Ingen	Nej	85,1	-	-	71,2	-	-
Tidligt, 20. august	Ingen	Nej	5,1	-	-	8,7	-	-
Tidligt, 20. august	Karate, Folicur	Nej	6,7	-	-	10,8	-	-
Tidligt, 20. august	Karate	Ja	6,6	-	-	11,3	-	-
LSD 1 (efterårsbehandling)			4,0	-	-	4,0	-	-
LSD 2 (kvælstof forår)			2,9	-	-	2,9	-	-

¹⁾ Vækstregulering, skadedyrs- og svampebekæmpelse er foretaget efter behov i de enkelte led. I forsøgene med vinterhvede er tilstræbt et plantetal på 325 pr. m² ved normalt såtidspunkt og 200 ved tidlig såning. I triticale er tilsvarende tilstræbt henholdsvis 300 og 175 planter pr. m². I vinterrug er tilstræbt henholdsvis 250 og 150 planter pr. m².

²⁾ I flere af forsøgene er afpudsning ikke foretaget, fordi afgrøden har været for lille.

Strategi

Meget tidlig såning af vintersæd

- > Meget tidlig såning (20. til 25. august) af vintersæd reducerer N-min indholdet i jorden i november med 17 til 25 kg pr. ha og dermed risikoen for nitratudvaskning, sammenholdt med såning til normal såtid (cirka 20. september).
- > Ved lave til moderate N-min indhold om efteråret reducerer tidlig såning af vintersæd N-min i jorden og dermed nitratudvaskningen ligeså effektivt som en efterafgrøde.
- > Ved høje N-min indhold, for eksempel efter raps, andre afgrøder med stor forfrugtsvirkning eller på arealer med stor tilførsel af organisk kvælstof i dyrkningshistorien er tidlig såning af vintersæd mindre effektiv end en veletableret efterafgrøde, fordi efterafgrødens potentiale til kvælstofoptagelse er større.

- > I gennemsnit af tre forsøgssår er N-min indholdet i 0 til 100 cm tidligt forår det samme eller lidt lavere ved tidlig såning, sammenlignet med såning til normal tid.
- > For alle tre vintersædsarter gælder, at der opnås et signifikant merudbytte for tidlig såning, sammenholdt med såning til normal tid. Vejrforholdene i forsøgsperioden har været tæt på det normale. I år med højere temperaturer vil der være forøget risiko for sygdomsangreb.
- > Kvælstofbehovet er større ved tidlig såning end ved såning til normalt såtidspunkt i vinterhvede og vintertriticale. Det er ikke tilfældet i vinterrug.
- > Tidlig såning af vinterhvede og vintertriticale reducerer forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof i kerne med cirka 10 kg kvælstof pr. ha.

Screening af vinterhvedesorters egnethed til meget tidlig såning

I efteråret 2011 og igen i efteråret 2012 blev der anlagt to forsøg for at screene et antal vinterhvedesorters egnethed til meget tidlig såning, herunder at undersøge sorterens meroptag af kvælstof om efteråret og dermed belyse miljøeffekten af tidlig såning, sammenlignet med såning til normal såtid.

Forsøgene blev begge år anlagt med forfrugt vinterraps. Forsøgene er en del af et GUDP-projekt, som gennemføres i samarbejde med Aarhus Universitet, Københavns Universitet, Sejet Planteformåling og Novozymes A/S. For den praktiske gennemførelse af forsøgene står Forsøgsvirksomheden Ytteborg og Agrosearch Sydøst. Forsøgene blev i 2011 anlagt på JB 4 i Vestjylland og på JB 7 på Lolland. Resultaterne af forsøgene, anlagt i 2011, er vist i Oversigt over Landsforsøgene 2012, side 274 til 279. I 2012 blev forsøget i Vestjylland anlagt på JB 6 og på Lolland på JB 7, og resultaterne er vist nedenfor. Forsøgene skal gennemføres over en treårig periode.

I forsøgene, anlagt i 2012, indgår 13 vinterhvedesorter, som alle blev sået meget tidligt, dvs. sidst i august. Fem af sorterne blev også sået til normal såtid midt i september. Udsæden af vinterhvede

blev bejdset med Latitude, som har effekt mod goldfodsyge, da tidlig såning indebærer en øget risiko for goldfodsyge. For at vurdere risikoen for goldfodsyge blev der udlagt ekstra forsøgsled af sorten Hereford, hvor udsæden ikke blev bejdset med Latitude. Vinterhvedesorterne blev udvalgt for at dække de kommercielt vigtige sorter samt for at dække variation i tidlighed, overvintringsevne og forventet egnethed til tidlig såning. De afprøvede sorter med tilhørende karakteristika er vist i tabel 31.

I forsøget i Vestjylland blev olieræddiken sået den 15. august, de tidligt såede sorter blev sået den 27. august, og såningen til "normal" såtid skete den 17. september. I forsøget på Lolland blev olieræddiken sået den 10. august, de tidligt såede vinterhvedesorter blev sået den 28. august, og såningen til normal såtid blev foretaget den 20. september.

Kvælstofoptagelse i efteråret 2012

Et væsentligt element i forsøgsserien er at belyse, hvor meget kvælstofoptagelsen kan forøges og N-min reduceres ved tidlig såning af vintersæd, sammenholdt med såning til normal såtid. I forsøgene er derfor målt kvælstofoptagelse og N-min i november.

Tabel 31. Screening af vinterhvedesorters egnethed til tidlig såning. Afprøvede sorter samt karakteristika for de enkelte sorter. Forfrugten er vinterraps i begge forsøg. (N24)

Afgroede		Såtidspunkt	Vernaliseringskrav, kar. ¹⁾	Bemærkninger
Art	Sort			
Renholdes kemisk	Ubevokset	-	-	-
Olieræddike	Arena	Efter høst ²⁾	-	-
Vinterhvede	Hereford ³⁾	Tidligt ⁴⁾	7	Buskende type, dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Hereford	Tidligt ⁴⁾	7	Buskende type, dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Mariboss	Tidligt ⁴⁾	8	Buskende type, dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Pierrot	Tidligt ⁴⁾	3	Halvt alternativ, dvs. lavt vernaliseringskrav
Vinterhvede	Jensen	Tidligt ⁴⁾	8	Dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Julius	Tidligt ⁴⁾	10	Meget vinterfast, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	KWS Dacanto	Tidligt ⁴⁾	9	Knap så buskende type, Pch1 resistens mod knækkefodsyge
Vinterhvede	Genius	Tidligt ⁴⁾	6	Tidlig
Vinterhvede	Ellvis	Tidligt ⁴⁾	9	Meget vinterfast, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	Olivin	Tidligt ⁴⁾	10	Meget vinterfast, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	KWS Santiago	Tidligt ⁴⁾	9	Meget krybende vækst, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	Warrior	Tidligt ⁴⁾	3	Halvt alternativ, dvs. lavt vernaliseringskrav
Vinterhvede	Hybery	Tidligt ⁴⁾	6	Hybridhvede, med fordi hybrider normalt vokser kraftigt og skal sås tidligt pga. dyr udsæd, har Pch1 resistens mod knækkefodsyge
Vinterhvede	Hereford	Almindeligt ⁵⁾	7	Buskende type, dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Mariboss	Almindeligt ⁵⁾	7	Buskende type, dyrkes på stort areal
Vinterhvede	Julius	Almindeligt ⁵⁾	10	Meget vinterfast, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	Olivin	Almindeligt ⁵⁾	10	Meget vinterfast, stort vernaliseringskrav
Vinterhvede	Hybery	Almindeligt ⁵⁾	6	Hybridhvede er med, fordi hybrider normalt vokser kraftigt og skal sås tidligt pga. dyr udsæd, har Pch1 resistens mod knækkefodsyge

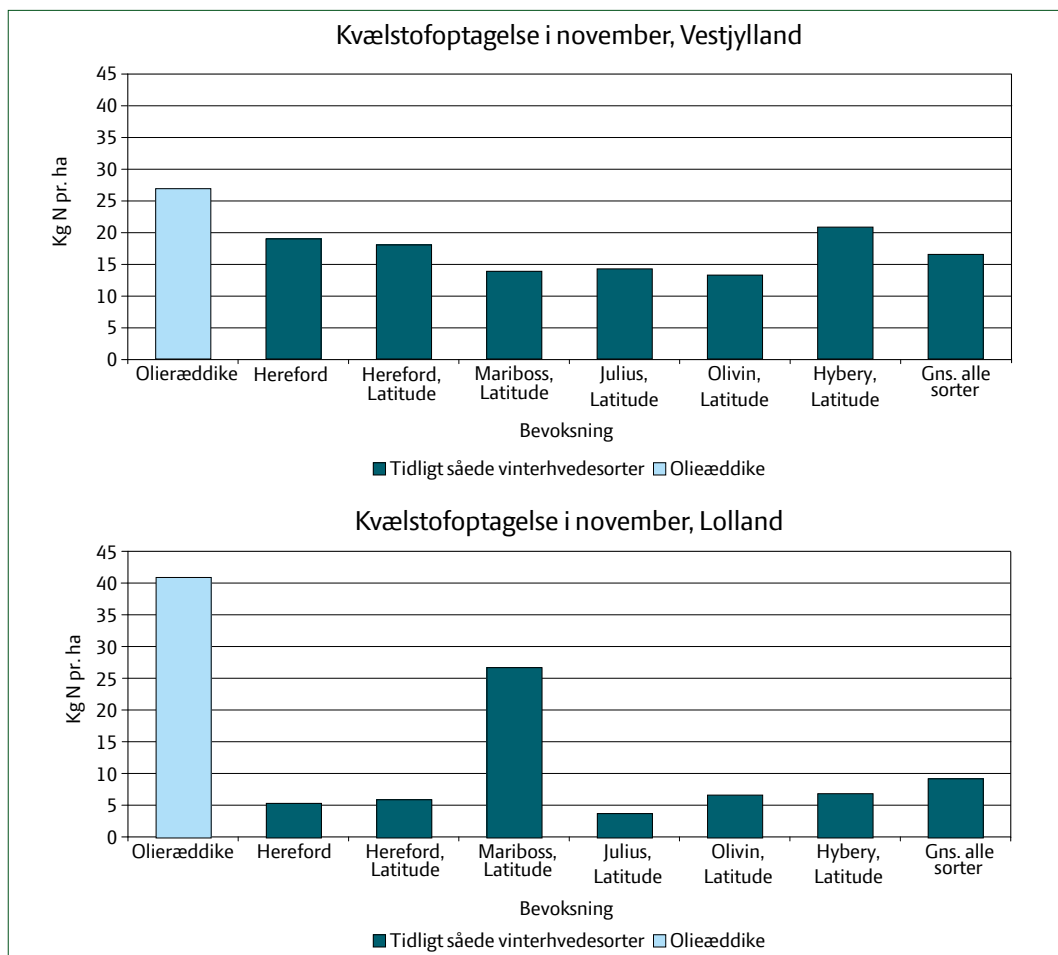
¹⁾ Skala 0-10, 10 = højt vernaliseringskrav.

²⁾ 15. august i Vestjylland og 10. august på Lolland.

³⁾ Ikke Latitudebejdset. Alle øvrige sorter er Latitudebejdset.

⁴⁾ 27. august i Vestjylland og 28. august på Lolland.

⁵⁾ 17. september i Vestjylland og 20. september på Lolland.



Figur 30. Screening af vinterhvedesorters egnethed til tidlig såning, målt kvælstofoptagelse i afgrødens overjordiske dele først i november. I forsøget i Vestjylland er kvælstofoptagelsen målt den 15. november. På Lolland er kvælstofoptagelsen målt den 12. november. Jordtypen er JB 6 i forsøget i Vestjylland og JB 7 i forsøget på Lolland. Forfrugten er vinterraps i begge forsøg.

Figur 30 viser resultaterne af målinger af kvælstofoptagelsen i afgrødens overjordiske dele først i november i forsøget i Vestjylland og på Lolland.

I forsøget i Vestjylland er kvælstofoptagelsen ikke målt i sorterne, sået til normalt såtidspunkt, fordi planterne var meget små på måletidspunktet. I forsøget på Lolland vurderes det ud fra fotos, at kvælstofoptagelsen i november var mindre end 5 kg kvælstof pr. ha med meget små forskelle mellem parcellerne. Det vil sige, at kvælstofoptagelsen formentlig ikke overstiger den mængde kvælstof, der er tilført med udsæden.

Figuren viser en kvælstofoptagelse på 27 til 41 kg kvælstof pr. ha i olieræddike og en kvælstofoptagelse ved tidlig såning på 31 til 21 kg pr. ha i Vestjylland og 5 til 27 kg kvælstof pr. ha på Lolland. Kvælstofoptagelsen på Lolland er 5 til 7 kg kvælstof i alle sorterne, bortset fra Mariboss på Lolland, som har en kvælstofoptagelse på 27 kg pr. ha. Hvis kvælstofoptagelsen i sorterne, sået til normal såtid, sættes til mellem 0 og 5 kg pr. ha, er meroptagelsen ved tidlig såning i efteråret 2012 i de to forsøg knap 10 til 20 kg kvælstof pr. ha i Vestjylland og mindre end 5 kg pr. ha på Lolland. Undtagelsen er Mariboss, som har en meroptagelse ved tidlig såning på over 20 kg kvælstof pr. ha. RVI-målingerne be-

kræfter ikke den målte store kvælstofoptagelse i Mariboss.

I efteråret 2012 var forsøget på Lolland præget af en lang, tør periode efter det første såtidspunkt, hvilket resulterede i en ujævn og tynd plantebestand i de tidligt såede forsøgsled. Det var ikke tilfældet i forsøget ved Ytteborg, hvor betingelserne var fine efter det første såtidspunkt, men hvor efteråret senere var præget af store nedbørsmængder og ringe vækst. Vejrforholdene er årsag til den ringe vækst i de tidligt såede parceller på Lolland og i parcellerne, sået til normal såtid, i Vestjylland.

I 2011 var vejrforholdene anderledes og dermed effekten af tidlig såning. I 2011 var kvælstofoptagelsen i gennemsnit af de tidligt såede sorter 29 kg pr. ha, mens kvælstofoptagelsen i sorterne, sået til normal såtid, var 12 kg pr. ha. Meroptagelsen ved tidlig såning, sammenholdt med såning til normal såtid, var altså cirka 17 kg kvælstof pr. ha i 2011.

Kvælstofoptagelsen var 43 kg kvælstof pr. ha i olieræddike i gennemsnit af forsøgene i 2011. I 2012 optog olieræddiken 34 kg kvælstof pr. ha i gennemsnit af de to forsøg.

Kvælstofoptagelse beregnet på grundlag af RVI-målinger

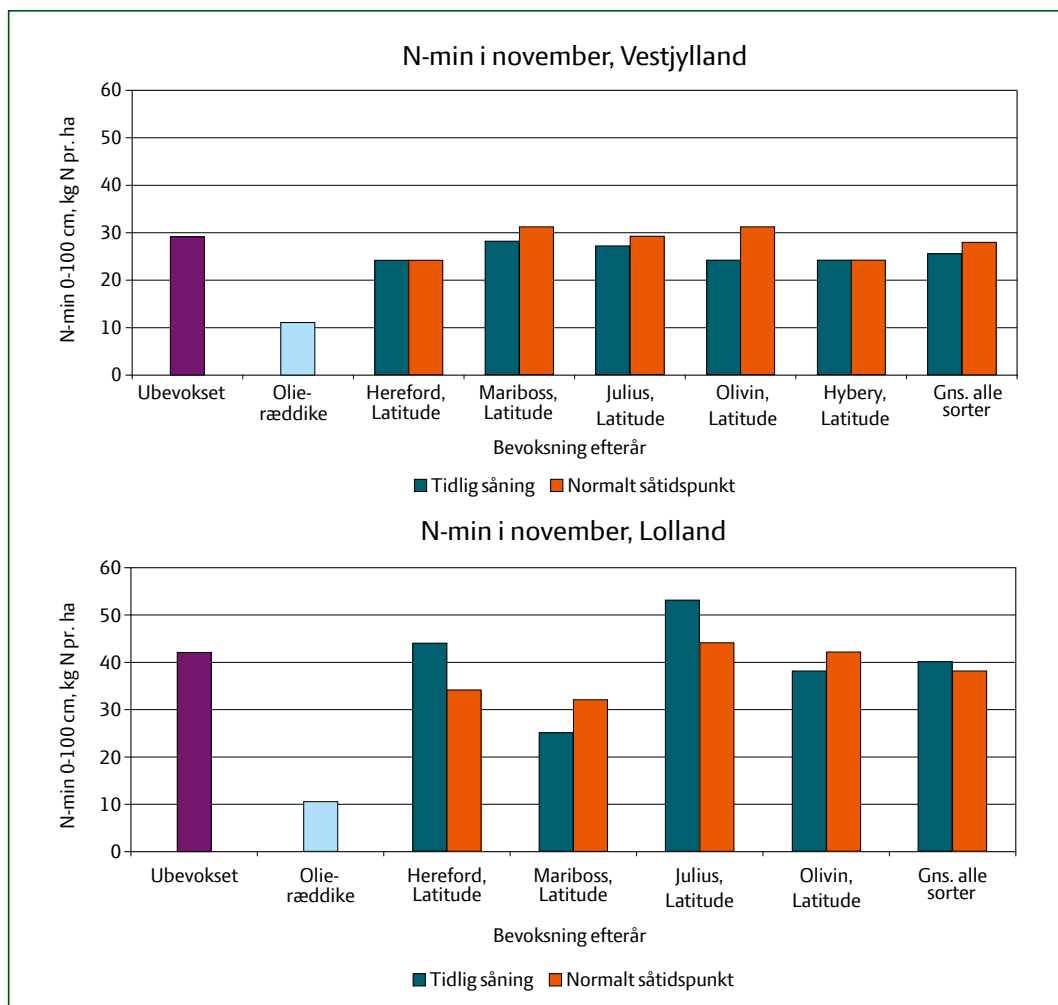
Først i november blev der gennemført RVI-målinger (optisk måling til bestemmelse af det relative vegetationsindeks) i alle sorterne, sået tidligt. I forsøget på Lolland blev der også målt RVI i sorterne, sået til normal tid. På grundlag af målingerne er kvælstofoptagelsen beregnet. Beregningerne er gennemført på grundlag af sammenhængen mellem RVI og kvælstofoptagelse i de sorter, hvor kvælstofoptagelsen er målt ved planteklip. Ved beregningen er anvendt sammenhængen mellem RVI og målt kvælstofoptagelse på hver enkelt forsøgslokalitet. Resultaterne af målingerne samt af en statistisk analyse er vist i tabel 32.

Kvælstofoptagelsen i forsøget i Vestjylland i efteråret 2011, beregnet ud fra RVI-målingerne, i gennemsnit af de fem sorter, som blev sået både tidligt og til normal tid, var 16 kg pr. ha i ved tidlig såning og 3 kg pr. ha ved såning til normal tid i forsøget på Lolland. Kvælstofoptagelsen, beregnet ud fra RVI-målingerne, var 39 kg pr. ha ved tidlig såning og 27 kg pr. ha ved såning til normal tid i forsøget på Lolland.

Tabel 32. Kvælstofoptagelsen i efteråret 2011 og 2012, beregnet på grundlag af RVI-målinger. Bogstavtesten viser, hvilke sorter der har en signifikant forskellig kvælstofoptagelse. Sorter, der ikke er efterfulgt af samme bogstav i bogstavtesten, er signifikant forskellige. (N24)

Afrøde		Så- tidspunkt	2012				2013			
Art	Sort		Vestjylland		Lolland		Lolland		Vestjylland	
			N-optag., kg pr. ha	Bogstav- test	N-optag., kg pr. ha	Bogstav- test	N-optag., kg pr. ha	Bogstav- test	N-optag., kg pr. ha	Bogstav- test
Vinterhvede	Hereford	Tidligt	15	bcd	38	cdefgh	6	cdef	13	de
Vinterhvede	Mariboss	Tidligt	18	bcd	36	fgh	5	def	13	cde
Vinterhvede	Pierrot	Tidligt	17	bcd	35	h	7	bcd	14	cd
Vinterhvede	Jensen	Tidligt	17	bcd	40	bcd	5	def	14	cd
Vinterhvede	Julius	Tidligt	15	bcd	37	efgh	4	def	13	cde
Vinterhvede	KWS Dacanto	Tidligt	12	cde	36	fgh	8	bcd	17	a
Vinterhvede	Genius	Tidligt	15	bcd	36	gh	6	cdef	15	bc
Vinterhvede	Ellvis	Tidligt	16	bcd	35	h	6	cdef	12	e
Vinterhvede	Olivin	Tidligt	11	de	41	bcd	7	bcde	14	cd
Vinterhvede	KWS Santiago	Tidligt	13	bcde	36	gh	6	cdef	13	cde
Vinterhvede	Warrior	Tidligt	16	bcd	37	defgh	9	b	15	bc
Vinterhvede	Hybery	Tidligt	19	bc	41	bcd	8	bc	16	ab
Vinterhvede	Hereford	Almindeligt	3	f	28	ij	4	fg	-	-
Vinterhvede	Mariboss	Almindeligt	3	f	26	j	4	fg	-	-
Vinterhvede	Julius	Almindeligt	3	f	26	j	4	fg	-	-
Vinterhvede	Olivin	Almindeligt	3	f	26	j	4	fg	-	-
Vinterhvede	Hybery	Almindeligt	3	f	28	ij	4	ef	-	-
LSD			7		3		3		2	
Alm. såtidspunkt ¹⁾			3		27		4		-	
Tidlig såning ¹⁾			16		39		6		14	

¹⁾ Sorter, der både er sået tidligt og til normalt såtidspunkt



Figur 31. Screening af vinterhvedesorters egnethed til tidlig såning. Resultater af N-min målinger til 1 meters dybde i november 2012. I forsøget i Vestjylland er N-min målingerne gennemført den 22. november. På Lolland er målingerne gennemført den 13. november. Jordtypen er JB 6 i forsøget i Vestjylland og JB 7 i forsøget på Lolland. Forfrugten er vinterraps i begge forsøg.

Kvælstofoptagelsen i efteråret 2012, beregnet ud fra RVI-målingerne, i gennemsnit af de fem sorter, som blev sået både tidligt og til normal tid, er i forsøget på Lolland 6 kg pr. ha ved tidlig såning og 4 kg pr. ha ved såning til normal tid. Kvælstofoptagelsen, beregnet ud fra RVI-målingerne, er 14 kg kvælstof pr. ha i forsøget i Vestjylland.

På grundlag af resultaterne af bogstavtesten, vist i tabel 33, er det muligt at identificere de grupper af sorter, som har en signifikant forskellig kvælstofoptagelse om efteråret. Sorter, som har samme bog-

stav i bogstavtesten, er ikke signifikant forskellige. Generelt er forskellen mellem sorterne begrænset.

N-min om efteråret

Resultaterne af N-min målingerne til 1 meters dybde i november er vist i figur 31. N-min målingerne er gennemført i de sorter, der både er sået tidligt og til normal såtid.

I det ubevoksede forsøgsled er N-min til 1 meters dybde 29 og 42 kg pr. ha i henholdsvis Vestjylland og på Lolland. N-min indholdet er lavere end i ef-

teråret 2011, måske på grund af tørke i det tidlige efterår eller udvaskning i det sene efterår. Begge steder reducerede olieræddike N-min til cirka 10 kg pr. ha. I Vestjylland er N-min 24 til 28 kg pr. ha ved det tidlige såtidspunkt og 24 til 31 ved normalt såtidspunkt. I overensstemmelse med den lille forskel i kvælstofoptagelse i afgrøden mellem de to såtidspunkter er forskellene i N-min også små. Tidlig såning af vinterhvede medførte ikke en reduktion af N-min indholdet i de to forsøg i efteråret 2012. I efteråret 2011 reducerede tidlig såning af vinterhvede N-min indholdet til 20 kg kvælstof pr. ha mod 42 kg kvælstof pr. ha ved normalt såtidspunkt. Olieræddike reducerede N-min til 13 kg kvælstof pr. ha. Forskellen mellem årene skyldes vejrforholdene.

Registrering af sygdomme og skadedyr samt udbyttemålinger

I tabel 33 er vist resultaterne af registreringer af sygdomme og skadedyr i efteråret 2012 og sommeren 2013 samt de målte udbytter ved høst 2013 i alle sorter. Der har kun været sygdomsangreb i forsøget på Lolland. Det drejer sig om brunrust og Septoria i enkelte sorter ved registreringerne i

november i de tidligt såede forsøgsled. Sorterne Hereford, Mariboss, Julius, Olivin og Hybery er både sået tidligt og ved normal såtid. Ved normalt såtidspunkt er der ikke registreret sygdomsangreb.

I juli er der analyseret for angreb af goldfodsyge i sorten Hereford med og uden Latitudebejdsning. Latitudebejdsning reducerer antallet af planter, hvor en stor andel af rodnettet er angrebet. Goldfodsygeindeks reduceres fra 26 til 20 ved Latitudebejdsning. Da angrebet af goldfodsyge er bedømt i juli, er det sandsynligt, at effekten af Latitudebejdsningen har været større tidligere i sæsonen, da bejdsningen ikke forhindrer, men forsinker goldfodsygen.

I figur 32 er vist udbytter i de sorter, som både er sået tidligt og ved normalt såtidspunkt. I gennemsnit af sorterne er der i forsøget i Vestjylland et merudbytte for tidlig såning på cirka 14 hkg pr. ha, mens der i forsøget på Lolland er et mindreudbytte på cirka 5 hkg pr. ha. I forsøget på Lolland er der mindreudbytte for tidlig såning i alle sorter, og mindreudbyttet varierer fra 2,8 hkg i Hereford til 7,1 hkg i Julius. I forsøget i Vestjylland er der merud-

Tabel 33. Screening af vinterhvedesorters egnethed til tidlig såning. Forsøgsbehandlinger, registrerede sygdomsangreb efterår og forår samt høstudbytter. Der har ikke været angreb af meldug og gulrust. Forfrugten er vinterraps i begge forsøg. (N24)

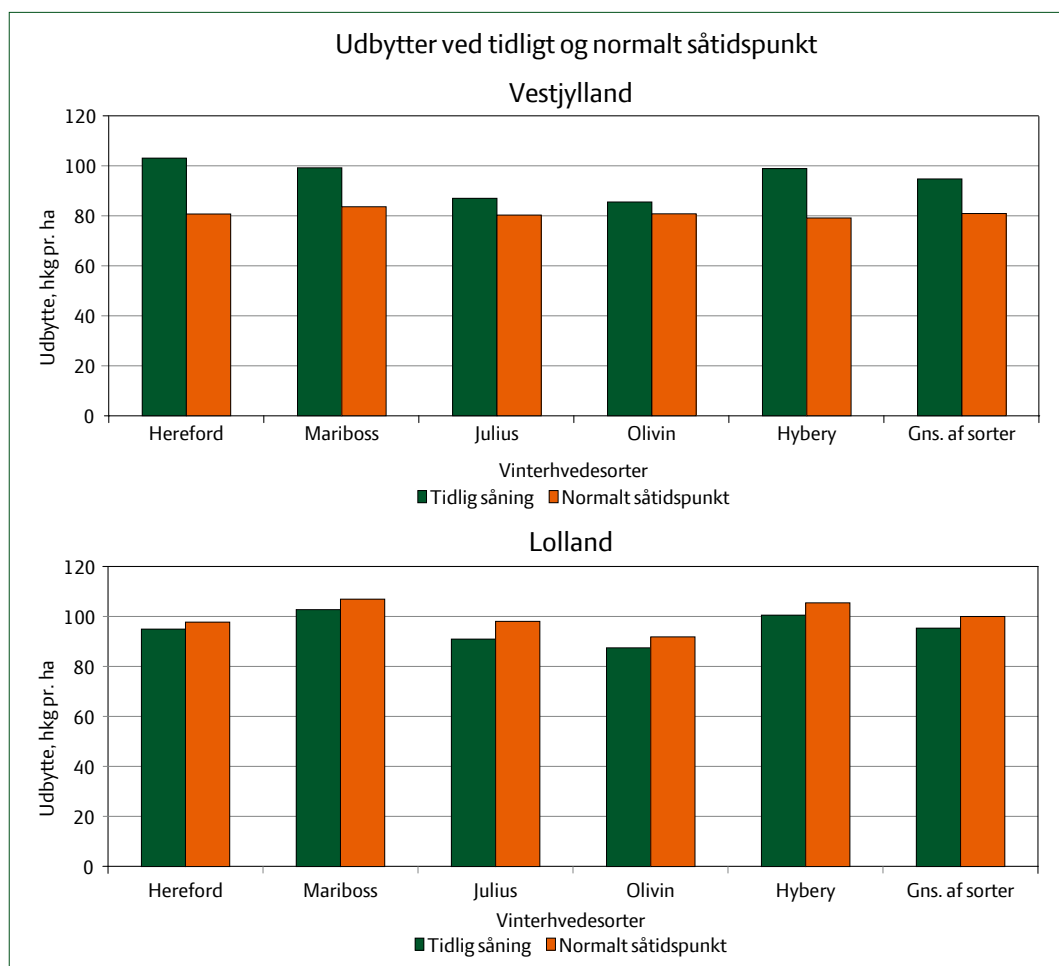
Afgrode		Så- tidspunkt	November 2012				Skridning		Høstudbytte 2013		
			Brunrust		Septoria		Septoria		Udbytte, hkg pr. ha		
Art	Sort		Vest- jylland	Lolland	Vest- jylland	Lolland	Vest- jylland	Lolland	Vest- jylland	Lolland	Gns.
			Procent angrebne planter								
Renholdes kemisk	Ubevokset	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olieræddike	Arena	Efter høst ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinterhvede	Hereford ²⁾	Tidligt ³⁾	0	100	0	100	5	0	103,3	99,3	101,3
Vinterhvede	Hereford	Tidligt ³⁾	0	100	0	0	6	1	103,2	95,0	99,1
Vinterhvede	Mariboss	Tidligt ³⁾	0	100	0	0	7	0	99,3	102,8	101,1
Vinterhvede	Pierrot	Tidligt ³⁾	0	0	0	0	7	1	88,1	103,2	95,7
Vinterhvede	Jensen	Tidligt ³⁾	0	75	0	0	3	0	97,4	98,9	98,2
Vinterhvede	Julius	Tidligt ³⁾	0	0	0	10	4	0	87,1	91,0	89,1
Vinterhvede	KWS Dacanto	Tidligt ³⁾	0	0	0	0	6	0	96,7	100,9	98,8
Vinterhvede	Genius	Tidligt ³⁾	0	25	0	0	4	1	91,0	83,6	87,3
Vinterhvede	Ellvis	Tidligt ³⁾	0	25	0	0	7	1	92,2	92,7	92,5
Vinterhvede	Olivin	Tidligt ³⁾	0	75	0	0	6	1	85,6	87,5	86,6
Vinterhvede	KWS Santiago	Tidligt ³⁾	0	50	0	0	6	1	92,6	101,4	97,0
Vinterhvede	Warrior	Tidligt ³⁾	0	0	0	0	4	1	104,4	101,0	102,7
Vinterhvede	Hybery	Tidligt ³⁾	0	25	0	0	5	0	99,0	100,6	99,8
Vinterhvede	Hereford	Almindeligt ⁴⁾	0	0	0	0	2	1	80,8	97,8	89,3
Vinterhvede	Mariboss	Almindeligt ⁴⁾	0	0	0	0	1	1	83,7	107,0	95,4
Vinterhvede	Julius	Almindeligt ⁴⁾	0	0	0	0	3	0	80,4	98,1	89,3
Vinterhvede	Olivin	Almindeligt ⁴⁾	0	0	0	0	3	1	80,9	91,9	86,4
Vinterhvede	Hybery	Almindeligt ⁴⁾	0	0	0	0	2	1	79,2	105,5	92,4

¹⁾ 15. august i Vestjylland og 10. august på Lolland.

²⁾ Ikke Latitudebejdsset. Alle øvrige sorter er Latitudebejdsset.

³⁾ 27. august i Vestjylland og 28. august på Lolland.

⁴⁾ 17. september i Vestjylland og 20. september på Lolland.



Figur 32. Screening af vinterhvedesorter for egnethed til tidlig såning. Resultater af udbyttmålinger i sorter, der både er sået tidligt og til normal såtid. Jordtypen er JB 6 i forsøget i Vestjylland og JB 7 i forsøget på Lolland. Forfrugten er vinterraps i begge forsøg.

bytte for tidlig såning i alle sorter, og merudbyttet varierer fra 4,7 hkg i Olivin til 22,4 hkg i Hereford. Det negative merudbytte for tidlig såning i forsøget på Lolland skyldes en lang, tør periode efter det tidlige såtidspunkt, som har forårsaget en dårlig og uens fremspiring og en tynd plantebestand i forsøget. Forsøget ved Ytteborg er karakteriseret ved et rigtig fint såbed ved den første såtid, mens anden såtid er efterfulgt af store nedbørsmængder og dårlige vækstbetingelser.

Samlet analyse af forsøgene i 2011 og 2012

En samlet analyse af de fire forsøg, anlagt i 2011 og 2012, viser, at tidlig såning af vinterhvede uanset sort øger kvælstofoptagelsen med omtrent 10 kg

pr. ha fra 9 kg pr. ha ved almindelig såtid til 19 kg pr. ha ved tidlig såning. Forøgelsen af kvælstofoptagelsen er statistisk sikker. Analysen viser også, at der ikke er statistisk sikre forskelle mellem sorterne. Analysen viser en kvælstofoptagelse i olieræddike på 37 kg pr. ha. Meroptagelsen i olieræddike i forhold til tidlig sået vinterhvede er statistisk sikker.

Analysen viser, at tidlig såning af vinterhvede reducerer N-min i jorden fra 38 ved såning til normal såtid til 26 kg kvælstof pr. ha, altså med omtrent 10 kg pr. ha, men reduktionen er ikke statistisk sikker. Til en sammenligning viser analysen, at olieræddike i de samme forsøg reducerer N-min til 13 kg



Fra venstre mod højre ses tre parceller med Mariboss, tre med Pierrot og tre med Hereford, sået den 27. august i Vestjylland. Billedet er taget den 26. april. Pierrot er delvis udvintret, hvilket er en følge af sortens lave vernaliseringsbehov. Derfor har den ved den tidlige såning nået et fremskredet og kuldefølsomt vækststadium allerede i efteråret eller i løbet af vinteren. Mariboss og Hereford, som har et væsentligt større vernaliseringsbehov, har derimod overvintret fint på trods af den tidlige såning. (Foto: Lars Bonde Eriksen, Videncentret for Landbrug).

pr. ha. Forskellen mellem N-min ved tidlig såning og ved dyrkning af efterafgrøde er ikke statistisk sikker i en samlet analyse af forsøgene.

Den samlede analyse af de fire forsøg, anlagt i 2011 og 2012, viser, at der ikke er en statistisk sikker forskel i udbyttet mellem de to såtidspunkter.

Andre gødningsforsøg

Kalkstrategi, kvælstofomsætning og udbytte

I 1991 blev der anlagt to fastliggende forsøg med kalkningsstrategier. Formålet er at belyse kalkningsstrategiens og dermed reaktionstallets betydning for kvælstofomsætning og udbytte. I forsøgene måles reaktionstal, udbytte og N-min. Forsøgene blev kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006 og 2012. Forsøgene ligger på en JB 5 ved Hammel og på JB 7 ved Middelfart.

Kalkningsstrategi og reaktionstallet

Reaktionstallet er bestemt flere gange i forsøgsperioden. Resultaterne og forsøgsbehandlingerne fremgår af tabel 34.

Ved anlæg i 1991 var reaktionstallet 0,5 enhed højere i forsøget ved Middelfart end ved Hammel.

Tabel 34. Fastliggende forsøg med kalk. Kalkningsstrategiens betydning for Rt. To forsøg. Forsøgene blev kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006¹⁾ og 2012. (N25)

Kalkning	Ingen kalk		2 t dolomitkalk		2 t dolomitkalk + 3 t harpet kalk	
N-mængde	Norm		Norm		Norm	
Lokalitet	Hammel	Middelfart	Hammel	Middelfart	Hammel	Middelfart
Analyseår	Rt					
1991	6,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,5
2001	5,8	6,3	6,2	6,7	6,4	6,9
2006	5,9	6,0	6,4	6,5	6,4	7,0
2007	5,4	5,5	6,4	6,4	6,5	6,9
2008	5,7	6,0	6,3	6,7	6,7	7,0
2013	5,7	6,5	6,6	7,2	6,7	7,5

¹⁾ Forsøget ved Middelfart blev først kalket i september 2007.

Undladelse af kalkning har medført et nogenlunde stabilt fald i reaktionstallet, så reaktionstallet nu er cirka 0,3 enheder lavere end ved forsøgets start. I forsøget ved Middelfart viste jordanalyserne et stabilt fald i reaktionstallet indtil 2007, hvor analyseværdierne er steget i 2008 og 2013. Stigningen må tilskrives forsøgsusikkerhed.

2 ton dolomitkalk hvert femte år har hævet reaktionstallet med cirka 0,5 enhed i begge forsøg. 2 ton dolomitkalk + 3 ton harpet kalk har hævet reaktionstallet med 0,7 til 1,0 enhed i forsøgene.

Kalkningsstrategi og kvælstofomsætning

Et væsentligt formål med at gennemføre forsøget er at belyse kalkningsstrategiens og dermed reaktionstallets betydning for kvælstofomsætning og udbytte. Teorien er, at hvis reaktionstallet er tilstrækkeligt lavt, hæmmes omdannelsen af ammonium til nitrat. Herved reduceres nitratudvaskningen.

I tabel 35 er vist resultaterne af de N-min målinger, der er gennemført i efterårene 1997, 1998, 2006, 2007, 2008 og 2012. I tabellen er vist de målte N-min indhold og den andel, ammoniumkvælstof udgør af N-min indholdet.

Resultater af N-min målingerne i 2006, 2007, 2008 og 2012, hvor forsøgene blev kalket forskelligt siden 1991, viser de fleste af årene en tendens til, at N-min indholdet falder med faldende kalktilførsel, og at andelen af ammoniumkvælstof stiger ved at undlade kalkning. Resultaterne er ikke konsistente fra år til år og fra forsøg til forsøg, men de støtter teorien om, at mindre kalkning fører til et lavere Rt, en mindre mineralisering og en mindre omdannel-

Tabel 35. Fastliggende forsøg med kalk. Kalkstrategiens betydning for N-min i 0 til 100 cm og for den andel, ammonium udgør af N-min. To forsøg. Forsøgene blev kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006¹⁾ og 2012. (N25)

Kalkning	Ingen kalk		2 t dolomitkalk		2 t dolomitkalk + 3 t harpet kalk	
N-mængde	Norm		Norm		Norm	
Lokalitet	Hammel	Middelfart	Hammel	Middelfart	Hammel	Middelfart
Analyseår	N-min, 0-100 cm					
1997	114	-	132	-	135	-
1998	66	36	52	40	45	34
2006	41	54	46	60	49	60
2007	62	53	72	55	98	70
2008	50	23	48	29	72	31
2012	49	21	48	20	57	20

Ammonium-N i pct. af N-min

1997	15	-	8	-	16	-
1998	28	25	25	23	27	14
2006	34	29	28	19	31	17
2007	5	17	6	5	6	7
2008	21	20	18	22	23	19
2012	39	26	34	25	35	26

¹⁾ Forsøget ved Middelfart blev først kalket i september 2007.

se af ammonium til nitrat. Resultaterne tyder altså på, at et lavere reaktionstal i den størrelsesorden, der er tale om her, kan medvirke til at reducere nitratudvaskningen. Uanset kalkningsstrategi falder jordens N-min indhold gennem årene.

I Oversigt over Landsforsøgene 2008 blev kalkningsstrategiens betydning for jordstrukturen belyst. Strukturmålinger i forsøgene tyder på, at en nedsat tilførsel af kalk forøger mængden af vand-dispergerbare kolloider og dermed risikoen for tab af fosfor.

Kalkningsstrategi og udbytte

I tabel 36 er vist resultaterne af udbyttmålingerne i vinterhvede. I tabellen er vist gennemsnit af de år i perioden 2005 til 2013, hvor afgrøden har været vinterhvede, og hvor der er gennemført udbyttmålinger.

I gennemsnit af de to forsøg har der været et merudbytte for kalkning på cirka 1 hkg pr. ha ved normalt kvælstofniveau. Merudbyttet har været størst ved de største kalkmængder. Der er en tendens til, at merudbyttet har været størst ved de lave kvælstofniveau. Merudbyttet kan skyldes en større kvælstofmineralisering, hvilket er i overensstemmelse med, at der har været en øget kvælstofoptagelse på 3 til 4 kg pr. ha, hvor der er kalket.

Tabel 36. Fastliggende forsøg med kalk. Kalkningens betydning for udbyttet i vinterhvede, hkg og kg kvælstof i kerne. To forsøg. Forsøgene blev kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006¹⁾ og 2012. (N25)

Kalkning	Ingen kalk		2 ton dolomitkalk		2 ton dolomitkalk + 3 ton harpet kalk	
Lokalitet	Hammel ²⁾	Middelfart ³⁾	Hammel ²⁾	Middelfart ³⁾	Hammel ²⁾	Middelfart ³⁾
<i>Udbytte og merudbytte, hkg kerne pr. ha</i>						
N- Norm	64,1	87,7	0,6	1,2	0,8	1,7
0,5 N-norm	58,5	71,6	1,0	0,1	3,1	1,9
<i>Udbytte, kg N i kerne pr. ha</i>						
N- Norm	125	143	126	148	127	145
0,5 N-norm	101	100	102	102	106	106

¹⁾ Forsøget ved Middelfart blev først kalket i september 2007.

²⁾ Forsøg 1, Hammel. Gns. 2005, 2006, 2007 og 2013. JB 5.

³⁾ Forsøg 2, Middelfart. Gns. 2005, 2007, 2008 og 2013. JB 7.

Forsøgsarealerne fastholdes, så kalkningsstrategien fastholdes, og målingerne kan gennemføres med års mellemrum.

Langvarige kalkforsøg

Strategi

- > Reaktionstallet (Rt) ændrer sig meget langsomt. 2 ton dolomitkalk hvert femte år har hævet reaktionstallet med cirka 0,5 enhed i begge forsøg. 2 ton dolomitkalk + 3 ton harpet kalk har hævet reaktionstallet med 0,7 til 1,0 enhed i forsøgene.
- > De fleste af årene er der en tendens til, at N-min indholdet falder med faldende kalktilførsel, og at andelen af ammoniumkvælstof stiger ved at undlade kalkning. Resultaterne er ikke konsistente fra år til år.
- > I gennemsnit af de to forsøg har der været et merudbytte for kalkning på cirka 1 hkg pr. ha ved normalt kvælstofniveau. Merudbyttet har været størst ved de største kalkmængder.

Jordbundsanalyser

Antal jordbundsanalyser

Antallet af kemiske jordbundsanalyser fra 1. august 2012 til 31. juli 2013 fremgår af tabel 37. Tabellen omfatter analyser, udført af OK Laboratorium for Jordbrug og det tyske laboratorium Agrolab, samt analyser, udført af Eurofins, Steins. Jordprøverne er for langt de fleste prøvers vedkommende udtaget i regi af de landøkonomiske foreninger. Antallet af jordbundsanalyser er faldet en del i forhold til sæsonen 2011 til 2012.

Regelmæssige jordbundsanalyser er vigtige ved fastsættelse af gødningsbehovet. Det er vigtigt, at der bruges den rigtige strategi for udtagning. Udtages hver jordprøve som et gennemsnit af et stort, uensartet areal, er resultaternes informationsværdi tvivlsom. Modsætningen hertil er positionsbestemt udtagne jordprøver, hvor hver prøve stedbestemmes med geografiske koordinater ved hjælp af GPS. Hver jordprøve udtages ofte her som en punktprøve som gennemsnit af 16 stik inden for en cirkel med en radius på 5 til 10 meter. Alt andet lige vil det give en større variation i analyseresultatet end ved prøver, der er udtaget som en gennemsnitsprøve af flere ha.

Fordeling af analysetallene

Næringsstofanalyserne stammer overvejende fra systematiske jordbundsanalyser af hele ejendomme og anses derfor for at være nogenlunde repræsentative for landbrugsjorden.

Den procentiske fordeling af gødningstallene i de enkelte landsdele kan derfor give et indtryk af gødningstilstanden. Se tabel 38.

Reaktionstallet, Rt

Den procentiske fordeling af reaktionstallene i de enkelte landsdele er nogenlunde konstant fra år til år. Op igennem 1980'erne faldt andelen af meget lave reaktionstal. For de fleste jorder er der et relativt stort interval, hvor reaktionstallet kan betragtes som optimalt. Når reaktionstallet er over 5,5 til 6,0, er det ikke reaktionstallets størrelse, der er interessant, men udviklingen. Et acceptabelt reaktionstal kan normalt opretholdes ved en kalktilførsel på 1,5 til 2,0 ton jordbrugskalk pr. ha hvert tredje eller fjerde år.

Hvis jorden er meget leret, kan der være behov for kalkning for at forbedre eller fastholde jordstrukturen. Hvis der dyrkes afgrøder med et specielt krav

Tabel 37. Antal jordbundsanalyser fra 1. august 2012 til 31. juli 2013

Lokalitet	Rt	Pt	Kt	Mgt	Cut	Total-N
Bornholm	2.442	2.442	2.442	2.445	0	0
Sjælland	16.263	16.253	16.285	16.228	2.201	20
Fyn	10.310	10.369	10.366	10.302	50	147
Østjylland	19.179	19.166	19.163	19.253	1.993	270
Nordjylland	17.437	17.444	17.437	17.514	1.263	62
Vestjylland	27.568	25.823	25.851	25.938	3.476	2.028
Hele landet	93.199	91.497	91.544	91.680	8.983	2.527

om højt reaktionstal, kan der også være behov for at tilføre mere kalk end anført ovenfor.

Fosfortallet, Pt

Fosfortallet (Pt) angiver den let tilgængelige fosformængde i jorden. Fosfortallet anses for lavt ved værdier under 2.

7 procent af analyserne for hele landet viser fosfortal under 2, 49 procent af fosfortallene er mellem 2 og 4, og 44 procent har værdier over 4,0.

Kaliumtallet, Kt

Kaliumtallets (Kt) størrelse varierer mellem landsdelene. Niveauforskellen skyldes først og fremmest jordtypeforskelle. Her skiller Vestjylland sig klart ud, idet 60 procent af prøverne viser analysetal under 8. Det tilsvarende tal i Østjylland er 25 procent. På jorder med JB under 4 anses kaliumtal mellem 5 og 8 for at være middel, mens kaliumtal mellem 7 og 10 anses for at være middel på jorder fra JB 4.

Magnesiumtallet, Mgt

Et magnesiumtal på over 4 betragtes som tilfredsstillende. Magnesiumtallet har været stigende igennem de seneste ti år, og andelen af magnesiumtal under 4 er aftaget meget. Udbyttet og kvaliteten afhænger af tilgængeligheden af magnesium, og derfor er det vigtigt at tilføre tilstrækkeligt, enten i magnesiumkalk eller i magnesiumholdige gødninger.

I gennemsnit for hele landet ligger 27 procent af magnesiumtallene under 4.

Kobbertallet, Cut

Der er kun analyseret få prøver for kobber. De er derfor ikke repræsentative for fordelingen af kobbertal. Kobbertal under 2 betyder, at der er risiko for kobbermangel på visse jorder som for eksempel lavbundsjorde. Der er en relativt stor andel af prøverne med et lavt kobbertal, hvilket kan hænge

Tabel 38. Resultater af jordbundsanalyser fra 1. august 2012 til 31. juli 2013. Procentvis fordeling. Ved vurdering af tallene skal man være opmærksom på antallet af gennemførte analyser, som fremgår af tabel 37

Jordbunds-analyser	Born-holm	Sjælland	Fyn	Øst-jylland	Nord-jylland	Vest-jylland
<i>Rt</i>						
0,0 - 5,4	1	1	1	5	8	10
5,5 - 5,9	3	3	3	19	34	40
6,0 - 6,4	29	11	14	41	39	34
6,5 - 6,9	56	21	32	25	12	12
7,0 - 7,5	11	38	41	9	5	4
> 7,5	0	26	10	2	2	1
<i>Pt</i>						
0,0 - 0,9	0	1	0	0	0	0
1,0 - 1,9	9	14	10	7	3	2
2,0 - 2,9	27	33	27	30	17	10
3,0 - 3,9	30	28	27	30	29	22
4,0 - 4,9	18	14	19	18	24	24
5,0 - 5,9	9	5	10	9	14	19
6,0 - 6,9	4	2	5	3	7	11
7,0 - 7,9	2	1	2	1	3	6
8,0 - 8,9	1	0	1	1	2	3
9,0 - 10,0	0	0	0	0	1	1
> 10,0	0	0	0	0	1	1
<i>Kt</i>						
0,0 - 1,9	0	0	0	0	0	1
2,0 - 3,9	0	1	1	3	3	17
4,0 - 5,9	0	5	5	7	12	23
6,0 - 7,9	4	21	21	15	20	19
8,0 - 9,9	14	28	28	20	20	14
10,0 - 11,9	20	21	20	19	16	9
12,0 - 13,9	19	11	11	14	10	6
14,0 - 15,9	16	5	6	8	6	4
16,0 - 17,9	10	3	3	5	4	3
18,0 - 20,0	6	2	2	3	2	2
> 20,0	10	3	4	6	5	3
<i>Mgt</i>						
0,0 - 0,9	0	0	0	1	1	1
1,0 - 1,9	0	1	0	2	2	2
2,0 - 2,9	4	5	4	8	12	11
3,0 - 3,9	14	15	11	17	20	19
4,0 - 4,9	15	21	17	21	20	19
5,0 - 5,9	18	21	19	18	14	16
6,0 - 6,9	16	15	17	12	9	12
7,0 - 7,9	12	9	12	7	6	7
8,0 - 8,9	8	6	8	5	4	4
9,0 - 10,0	6	3	5	3	3	3
> 10,0	7	6	8	6	10	6
<i>Cut</i>						
0,0 - 0,9	0	3	6	1	0	2
1,0 - 1,9	0	19	26	36	22	29
2,0 - 2,9	0	34	22	36	33	40
3,0 - 3,9	0	22	10	16	21	20
4,0 - 4,9	0	11	10	6	12	7
5,0 - 5,9	0	6	12	3	6	1
6,0 - 6,9	0	3	8	1	2	1
7,0 - 7,9	0	1	4	1	1	0
8,0 - 8,9	0	0	0	0	1	0
9,0 - 10,0	0	1	0	0	1	0
> 10,0	0	1	2	0	1	0
<i>Total-N</i>						
0,0 - 0,09	0	0	10	16	2	9
0,10 - 0,11	0	10	17	7	2	4
0,12 - 0,13	0	5	18	15	3	8
0,14 - 0,16	0	35	28	20	18	18
0,17 - 0,20	0	40	21	26	27	26
> 0,20	0	10	5	17	48	35

sammen med, at der ofte analyseres for kobber på jorder, hvor man har mistanke om risiko for kobbermangel. Ved meget høje kobbertal kan der opstå skader på afgrøden ved kobberforgiftning. De høje kobbertal kan afhjælpes ved at afpasse kobbertilførslen efter planternes behov.

I gennemsnit af alle analyser ligger 29 procent under 2, og 7 procent ligger over 5.

Totalkvælstof

Indholdet af totalkvælstof i jord kan anvendes til at fastsætte eftervirkningen af kvælstof i stedet for at korrigere ud fra dyrkningshistorien. Ud fra forsøg med stigende mængder kvælstof er det beregnet, hvordan kvælstofbehovet kan korrigeres på grundlag af en bestemmelse af totalkvælstof i den enkelte mark i forhold til et gennemsnitsindhold af totalkvælstof i jord. Hvis indholdet af totalkvælstof er under 0,13 procent, korrigeres kvælstofbehovet

op i forhold til normen. Er indholdet over 0,20 procent, korrigeres behovet ned i forhold til normen.

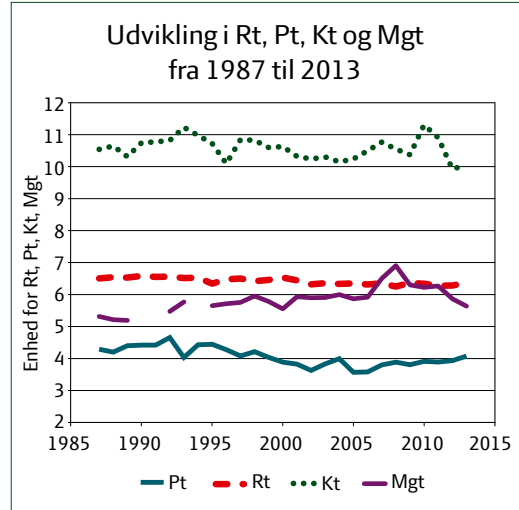
I gennemsnit af alle analyser har 24 procent mindre end 0,13 procent totalkvælstof, mens 39 procent har mere end 0,20 procent totalkvælstof.

Antallet af analyser for totalkvælstof er dog lavt, specielt på Sjælland. Langt hovedparten af prøverne er udtaget på kvægbrug i forbindelse med undtagelsesbestemmelserne for at have mere end 1,7 dyreenhed pr. ha. Derfor må det viste indhold af totalkvælstof i jord formodes at være betydeligt over gennemsnittet for dansk landbrugsjord.

Udvikling i analysetallene

Udviklingen i analyseværdierne fra 1987 til 2013 i gennemsnit for hele landet for reaktionstal, fosfortal, kaliumtal og magnesiumtal er vist i figur 33. Kurverne illustrerer udviklingen over en årrække

og ikke ændringen fra år til år. Over den 25-årige periode er der sket et beskedent fald i reaktionstal og fosfortal og en mere markant stigning i kaliumtal. Det beskedne fald i reaktionstallet, på trods af, at der er sket en reduktion i kalkforbruget med 75 procent i perioden, skyldes især det fald i kvælstofudvaskningen, der er sket i perioden.



Figur 33. Udvikling i analyseværdierne for reaktionstal, fosfortal, kaliumtal og reaktionstal i gennemsnit for hele landet for årene 1987 til 2013.