

Bladgødsning af sukkerroer med kvælstof

Leaf application of N-fertiliser to sugar beets

RAPPORT MED FORSØGSDATA OG RESULTATTABELLER
REPORT WITH TRIAL DATA AND TABLES OF RESULT



Otto Nielsen
on@nbrf.nu
+45 23 61 70 57

Nordic Beet Research Foundation (Fond)
DK: Højbygårdvej 14, DK-4960 Holeby
SE: Borgeby Slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred
Phone: +45 54 69 14 40

www.nordicbeet.nu

Bladgødskning af sukkerroer med kvælstof

Otto Nielsen, on@nbrf.nu

Konklusion (baseret på et forsøg i henholdsvis 2023 og 2024 samt fire forsøg i 2025)

I alle forsøg blev der opnået tilsvarende sukkerudbytter ved at tildele en andel af kvælstofmængden i form af bladgødskning. Udbytterne var dog i alle forsøg stort set ens for alle N-doser over 60 kg N per ha, og det er derfor vanskeligt på baggrund af disse forsøg at konkludere noget vedrørende kvælstofudnyttelsen fra bladgødning.

I forsøgsserie 305 i 2024 og 2025 indgik måling af lattergasemission. Resultater fra disse vil blive formidlet på et senere tidspunkt.

Conclusion (based on one trial in 2023 and 2024, respectively, and four trials in 2025)

In all trials, similar yields were obtained when parts of the nitrogen were applied as leaf-fertiliser. Yields where, however, almost the same for all N-doses above 60 kg N per ha. Therefore, it is not possible to generally conclude about N-use-efficiency of leaf-fertilisers.

In the trial in 2024, also emissions of nitrous oxide were measured. However, conclusions on this topic will not be made until further trials have been performed in 2025.

Formål

Formålet med forsøget var at sammenligne tildelingsteknikker af kvælstof til sukkerroer med henblik på, at opnå en større kvælstofeffektivitet og en forventet lavere risiko for lattergasemission gennem bladgødskning (lattergasmålinger indgår i forsøgsserie 305 i 2024 og 2025).

Metode

Forsøgene er blevet udført i typiske sædskifter med sukkerroer og i marker med 16-20% ler i årene 2023-2025. Kvælstofgødningen blev tildelt i en kombination af bredspredt eller placeret fast gødning og suppleret med bladgødskning som angivet i *tabel 1*. Som bladgødning blev Flex Foliar, N 22 anvendt. Gødningen indeholder desuden 3% magnesium og det kan ikke afvises, at eventuelle effekter, kan skyldes magnesium.

Bladgødninger blev udbragt med rækkesprøjte med anvendelse af Even-spray-dyse (40-015-E) i et bånd over rækken på 20-25 cm og således at størst mulig mængde af bladgødningen ramte roeplanterne. Tankblandingen havde en N-koncentration på 0,07-0,08 kg per liter vand (ved tildeling af 10 kg N per ha) og derudover var der tilsat sprede-klæbemiddel. Vand- og gødningsmængden i båndet var 2-2,5 gange ved de anvendte båndbredder. Udbringning af bladgødning skete mellem klokken 8-15 og når der ikke var udsigt til regn i det kommende døgn. I et tilfælde (forsøg 821 den 24. juni) kom der regn umiddelbart efter udbringning.

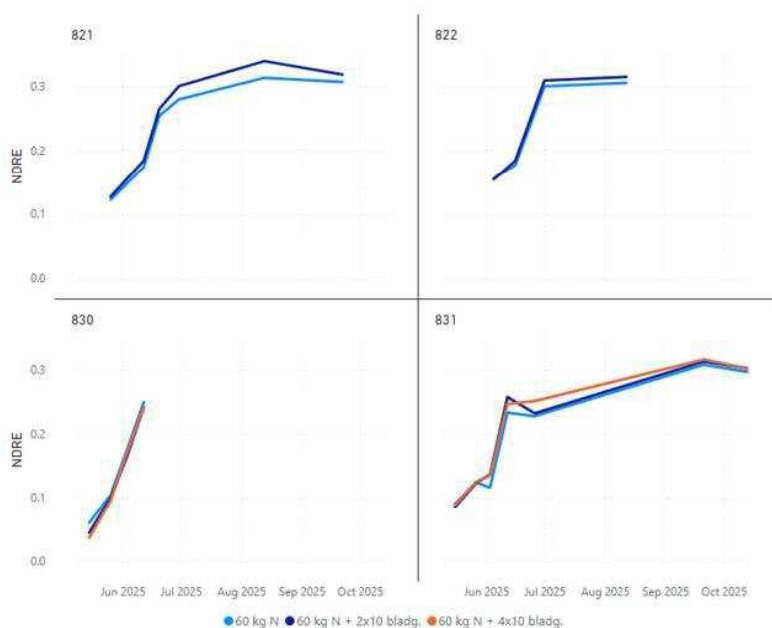
Tabel 1. Tidspunkter for udbringning af bladgødning i syv forsøg 2023-2025.

År	Forsøg	Dato	
2023	305-821	20-06-2023	
		28-06-2023	
		10-07-2023	
		14-07-2023	
2024	305-821	09-07-2024	
		24-07-2024	
		305-822	17-06-2025
			26-06-2025
2025	306-830	15-05-2025	
		20-05-2025	
		03-06-2025	
	306-831	16-06-2025	
		15-05-2025	
	306-831	21-05-2025	
03-06-2025			
306-831	16-06-2025		

Resultater og diskussion

Af hensyn til såvel miljø, klima og driftsøkonomi er det væsentligt at sikre at udbragt kvælstof i størst muligt omfang kan udnyttes af planterne og med mindst mulig risiko for tab i form af udvaskning, fordampning eller lattergasdannelse. Bladgødskning med dele af den samlede kvælstofmængde kan teoretisk set være en forbedret metode, da større andele af gødningsmængden i så fald kan nå at blive optaget af planterne og dermed øge kvælstofudnyttelsen. Historiske forsøg med bladgødning har typisk vist for dårlig kvælstofudnyttelse og forringet saftkvalitet. Anvendelse af båndsprøjter og spredeklæbemiddel samt flere udbringningstider med mindre mængder kvælstof kan måske vise sig at være en forbedret løsning.

Der foreligger nu resultater fra syv forsøg, hvoraf de fire er udført i 2025 og hvor der i to af forsøgene blev startet med bladgødskning, når det var muligt primært at ramme planterne. Dette var cirka på roernes 6-bladsstadiet når der anvendtes en båndbredde på 20 centimeter. I alle forsøg var der en meget lille effekt af kvælstof ved doser over 60 kg N per ha (tabel 2), hvilket betyder, at det ikke er muligt at fastlægge gødningsværdien af bladgødningen, da denne i alle tilfælde blev givet som et supplement til 60 kg N. Droneoptagelser med multispektralt kamera viser en lille stigning i NDRE (figur 1). NDRE er et biomasseindeks, der er kendt for at afspejle kvælstofeffekter og dette ses altså kun i begrænset omfang her. Til gengæld ses ikke tydelige negative effekter, selvom de anvendte doser i båndet er i overkanten af det anbefalede.



Figur 1. Refleksion (NDRE) fra afgrøde i udvalgte behandlinger. Datoer for tildeling af bladgødning fremgår af tabel 1.

Lattergas fra kvælstofgødning

I forsøgene i 2024-2025 blev der målt emission af lattergas i udvalgte forsøgsled for at undersøge betydningen af udbringningsmetode. Der var generelt et lavt niveau af lattergas, men resultaterne kræver nærmere analyse samt opfølgende undersøgelser.

Tabel 2. Udbytte og kvalitet for sukkerroer ved øget tildeling af kvælstof ved såning samt ved supplerende bladgødskning med dele af den samlede kvælstofmængde (N22*).

År	Forsøg	Behandling	Rene roer	Renhed	Pol	Sukker	Sukker
			t/ha	%	%	t/ha	rel.
2023	305-821	Ingen N	83,5	90	18,3	15,3	100
		Placeret 40 kg N	95,9	91	18,0	17,3	113
		Placeret 80 kg N	102,8	91	17,5	18,0	117
		Placeret 120 kg N	103,6	92	17,2	17,8	116
		Placeret 60 + 2x10 bladg.	103,1	92	17,7	18,3	119
		Placeret 40 + 4x10 bladg.	100,0	92	17,8	17,8	116
		LSD	2,7	ns	0,3	0,5	4
2024	305-821	Ingen N	76,0	93	18,4	14,0	100
		Placeret 40 kg N	79,4	93	18,2	14,5	103
		Placeret 80 kg N	80,1	93	18,1	14,5	104
		Placeret 120 kg N	81,3	93	17,7	14,4	103
		Placeret 60 + 2x10 bladg.	80,0	93	18,1	14,4	103
		Placeret 60 +2x5 bladg.	77,4	93	18,2	14,1	101
		LSD	3,2	ns	0,3	ns	ns
2025	305-821	Ingen N	75,4	96,5	19,0	14,3	100
		Placeret 60 kg N	89,9	96,35	19,0	17,1	119
		Placeret 80 kg N	91,4	96,27	18,8	17,2	120
		Placeret 100 kg N	90,8	96,23	18,6	16,9	118
		Bredspredt 100 kg N	85,2	96,25	18,3	15,6	109
		Placeret 60 + 2x10 bladg.	90,5	96,32	19,0	17,2	120
		LSD	3,9	0,1	0,3	0,8	6
	305-822	Ingen N	74,1	92,78	17,5	12,9	100
		Placeret 60 kg N	83,3	89,98	17,8	14,9	115
		Placeret 80 kg N	84,2	89,4	17,3	14,6	113
		Placeret 100 kg N	83,3	92,09	17,7	14,8	115
		Bredspredt 100 kg N	82,1	91,94	17,6	14,4	112
		Placeret 60 + 2x10 bladg.	85,7	90,96	17,7	15,2	117
	LSD	3,4	2,2	ns	0,7	6	
	306-830	60 kg N totalt	102,7	92	19,3	19,8	100
		80 kg N totalt	103,6	93	19,1	19,8	100
		100 kg N totalt	108,5	92	19,0	20,7	104
		60 + 2x10 bladg.	104,6	93	19,2	20,1	101
		60 + 2x5 + 2x10 bladg.	106,3	92	19,2	20,3	102
		60 + 4x10 bladg.	106,5	92	19,2	20,5	103
LSD		3,7	ns	ns	ns	ns	
306-831	60 kg N totalt	99,1	93	18,2	18,0	100	
	80 kg N totalt	101,9	93	17,9	18,3	101	
	100 kg N totalt	99,6	93	17,6	17,5	97	
	60 + 2x10 bladg.	101,6	93	17,6	17,9	99	
	60 + 2x5 + 2x10 bladg.	101,7	93	17,8	18,1	100	
	60 + 4x10 bladg.	100,1	93	17,9	17,9	99	
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	

Klimanøgletal i roedyrkingen



Projektleder
Otto Nielsen
NBR Nordic
Beet Research

Udover energiforbrug bidrager især udledning af lattergas fra landbrugsjord til klimabelastningen fra plantedyrking. I denne artikel præsenteres diverse nøgletal for landbrugets klimabelastning med fokus på plantedyrking samt NBR's igangværende undersøgelser, der retter sig mod at kvantificere og om muligt reducere lattergasemissionen.

Det store overblik

I klimadebatten flourer et overvældende omfang af diverse nøgletal, som i relative og absolutte værdier forsøger at dokumentere klimagasudledninger samt muligheden for at reducere klimabelastningen ved hjælp af diverse virkemidler. Fra politisk side er der fastsat reduktionsmål for drivhusga-

semmissionerne og i officielle rapporter kan man se, hvordan det går f.eks. for landbruget (*tabel 1*). Opgørelser af drivhusgasemissioner i rapporterne er primært baseret på modelberegninger som f.eks. lattergas fra udbragt gødning, hvor det antages, at 1 % af al kvælstof omdannes til lattergas. Modelberegningerne vil løbende blive forbedret, efterhånden som vi får mere præcis og nuanceret viden om de faktiske udledninger ved forskellige produktionsformer.

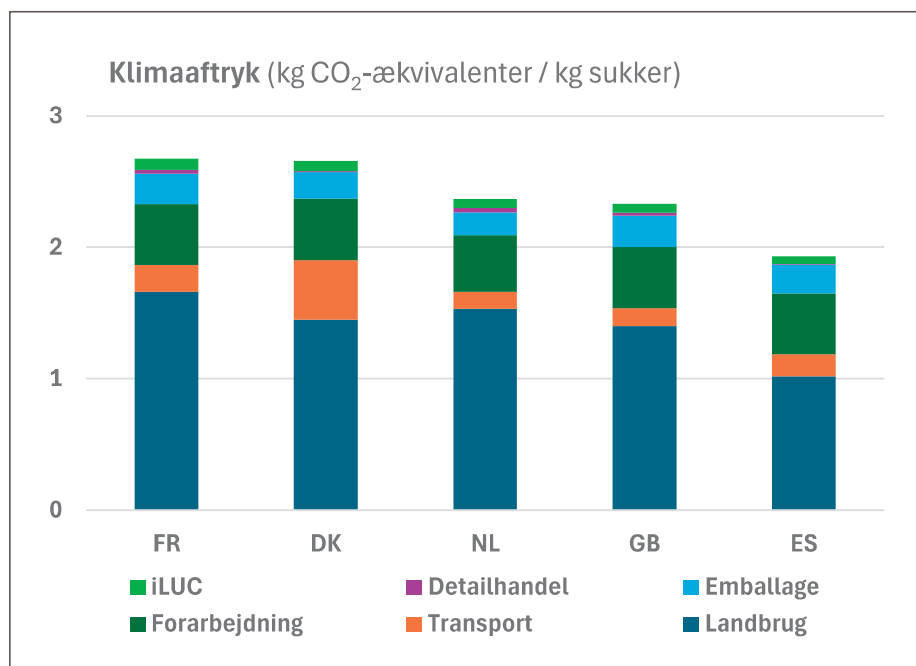
Af *tabel 1* fremgår det at metan (CH₄) og lattergas (N₂O) er de største bidragsydere til den totale drivhusgasemission fra landbruget, og tallene fremkommer ved at tage udgangspunkt i blandt andet antallet af husdyr og forbrug af organiske og mineralske gødninger. Kuldioxid (CO₂) udgør procentisk en lille del, hvilket primært skyldes, at metan og lattergas har meget lange levetider i atmosfæren, og deres opvarmningspotentiale er derfor henholdsvis 28 og 265 gange større end kuldioxid (såkaldte kuldioxid-ækvivalenter (CO₂-eqv.)).

Klimaeffektiv produktion

Det er veldokumenteret, at vegetabiliske produkter, som for eksempel sukker, generelt er meget mindre klimabelastende end animalske produkter. I disse beregninger angiver man oftest klimabelastningen i form af kg CO₂-ækvivalenter per kg produkt, hvilket giver mulighed for at vurdere, hvor klimaeffektiv det enkelte produkt er. Tænk tanken Concito har sammenstillet klimabelastningen på denne måde for over 500 forskellige fødevarer og herunder for sukker produceret i fem forskellige europæiske lande (*figur 1*). Beregningsmetoderne kan diskuteres, og det er muligt at finde andre værdier fra andre kilder, som for eksempel databasen CarbonCloud. Det må forventes, at nøgletallene i stigende grad vil få betydning for eventuel politisk regulering af produktionsmetode samt forbrugernes valg af produkt. Det bliver derfor nødvendigt med et regelsæt til at sikre, at opgørelserne er retvisende og harmoniserede, hvilket betyder et øget pres på producenterne til at kunne dokumentere klimaeffektivitet.

Tabel 1. Drivhusgasemissioner fra landbrugssektoren i Danmark 1990-2022. Kilde: Danmarks National Inventory Document 2024 (DCE-rapport 622, tabel 5.1 side 424).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
CH ₄ , kt CO ₂ eqv.	6.936	7.375	7.340	7.398	7.339	7.273	7.278	7.312	7.059
N ₂ O, kt CO ₂ eqv.	6.281	5.569	5.074	4.749	4.529	4.516	4.556	4.206	4.196
CO ₂ , kt CO ₂ eqv.	613	534	268	222	156	176	254	267	268
Total, kt CO ₂ eqv.	13.831	13.478	12.682	12.369	12.024	11.965	12.089	11.785	11.523



Figur 1. Klimaaftryk for produktion af et kg sukker i fem europæiske lande ifølge Concito (Kilde: The Big Climate Database v.1.2). For yderligere forklaring af beregningsmetoder og diskussion heraf henvises til Concito's "Methodology Report".

Korrekte nøgletal

I Danmark arbejder blandt andet SEGES og NBR med at finde agronomiske metoder til at reducere klimabelastningen fra plantedyrkning og dermed også dokumentere mere præcist, hvor store udledningerne af klimagasser er. Ved dyrkning af sukkerroer er det primært i relation til kvælstofgødsning og nedmuldning af roetop, at der er en risiko for emission af lattergas, og NBR har derfor indledt undersøgelser netop indenfor disse to områder, hvilket beskrives nærmere nedenfor. Uanset kilden til lattergas er det nødvendigt med gentagne målinger over lange tidsintervaller for præcist at kunne estimere den samlede lattergasemission fra en given dyrkningsmetode. Lattergasemissionen er typisk på et lavt niveau, men

BEDRE TRÆKKRAFT ALTID



VREDESTEIN
TYRES

For mere information kontakt
produktspecialist
Knud Blomgreen +45 2030 3408



Foto 1. Måling af lattergas i kvælstofgødsningsforsøg hos NBR i 2024.

under givne forhold kan der opstå høje emissioner indenfor korte tidsintervaller. Hos NBR anvender vi kamre til at estimere emission af lattergas (foto 1). Disse placeres kortvarigt (typisk 60 minutter) i en ramme, der er sat ned i jorden, hvorefter lattergasemissionen kan kvantificeres ved at måle ændringen af lattergaskoncentration i løbet af måleperioden. Koncentrationen af lattergas bestemmes ved at udtage små luftprøver, som analyseres ved hjælp af gaskromatografi. NBR har dog netop investeret i en laser-baseret gasmåler, hvor man direkte kan aflæse koncentrationen i kammeret.

Lattergas fra kvælstofgødsning

I de nationale emissionsopgørelser (tabel 1) antages det, at 1 % af tilført kvælstof omdannes til lattergas. Dette betegnes som emissionsfaktoren for kvælstofgødning. Der vil dog være stor variation i praksis, og i en ny dansk undersøgelse¹ fra Aarhus Universitet var emissionsfaktoren f.eks. langt større

for husdyrgødning end for mineralsk gødning. Formuleringen af gødningen har også en vis betydning, og der findes tabelværdier for disse. I forsøgene hos NBR sammenligner vi sukkerudbytter og lattergasemission ved forskellige udbringningsmetoder. Specielt er vi interesseret i at sammenligne bredspredt og placeret kvælstof, da kvælstofudnyttelsen generelt er højere for placeret kvælstof. I 2024 samt i kommende år vil vi sammenligne lattergasemissionen fra disse metoder for at finde ud af hvilke metoder, der er mest klimaeffektive. Desuden har vi behandlinger, hvor dele af kvælstofgødningen tildeles som bladgødning for at reducere risikoen for lattergasdannelse ved nedbringning i jorden. Resultaterne er indtil videre for sparsomme til at kunne drage nogen konklusioner, så det vender vi tilbage med senere.

Lattergas fra nedmuldning af roetop

Afgrøderester indeholder en vis mængde kvælstof og kan derfor også være en

kilde til lattergas på samme måde som gødning. Mængden af roetop varierer meget fra år til år, og forholdene omkring nedmuldning kan også være ret så forskellige, da roerne høstes over en periode på mange uger. Der foreligger nogle enkelte studier på området, blandt andet et tysk studie med relativ høj emission og et svensk studie, hvor emissionen var omkring en femtedel af emissionen i det tyske studie. For at få en bedre viden om risikoen for emissioner, har NBR indledt en forsøgs serie, hvor effekten af at fjerne roetoppen eller nedmulde den i kombinationen med en nitrifikationshæmmer undersøges. Både det tyske, det svenske og de foreløbige resultater fra NBR-forsøgene viser, at fjernelse af roetop reducerer lattergasdannelsen. Fjernelse af roetop medfører ekstra transport af biomasse ud af marken, og vi laver derfor supplerende undersøgelser for at kvantificere effekten af dette. Det drejer sig om ekstra energiforbrug til jordbearbejdning som følge af mere sammenpakket jord samt udbytte i den efterfølgende afgrøde. Desuden kvantificerer vi hvor store mængder næringsstoffer, der fjernes med roetoppen. Alt i alt indsamler vi dermed en række vigtige nøgletal for at kunne beslutte hvilke tiltag, der bedst tilgodeser både driftsøkonomi og klima. ■

¹ Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. Petesen et al., 2023. Agriculture, Ecosystems & Environment nr. 358.

Klima-projekter hos NBR



Projektleder
Otto Nielsen
NBR Nordic
Beet Research

NBR arbejder løbende med tiltag, som potentielt kan reducere klimabelastningen fra roedyrkingen og tilpasse dyrkingen til mere ekstremt vejr i fremtiden. I denne artikel gives en oversigt over, hvor langt

vi er med emnet, og hvilke typer af resultater NBR ligger inde med, da de fleste af resultaterne i skrivende stund ikke er offentliggjorte (tabel 1). Kontakt gerne NBR, hvis der er resultater, du gerne vil have adgang til allerede nu.

Udnyttelse af roetop

Roetop efterlades typisk i marken, da det er svært at få økonomi i at fjerne denne, og da det medfører øget risiko for pakkningsskader. Der har imidlertid været en tilbagevendende interesse i at udbytte roetoppen til for eksempel biogas, og det

har givet anledning til de gennemførte forsøg (tabel 1). Undersøgelser har fokuseret på at kvantificere værdien af roetop i forhold til indhold af næringsstoffer, og herunder hvordan indholdet varierer mellem marker og influeres af høsttidspunkt. Dernæst er vi i gang med at undersøge, hvordan forskellige kombinationer af køretøjer påvirker udbyttet i efterfølgende afgrøder, og i efteråret 2025 blev der i kombination med Aarhus Universitet (Foulum) lavet målinger af underjordspakning i relation til hullast, jordstyrke og gentagne overkørsler.

Tabel 1. Inddeling af klimarelaterede forsøg efter afgrøde. Udover forsøg med roer indgår forsøg med efterafgrøder og korn. Efterafgrøderne har været dyrket forud for roer, og det er blevet undersøgt, hvordan forskellige strategier for håndtering af efterafgrøder (gødskning med gylle, fjernelse samt nedmuldningsmetoder) efterfølgende påvirker sukkerudbytte og emission af lattergas i roerne. Tilsvarende er kornforsøg efter roedyrking udført for at kvantificere udbytte og lattergasemission i relation til forskellige strategier for roetophåndtering. Da fjernelse af roetop medfører ekstra færdsel i marken, indgår tillige effekten af dette på udbytte i efterfølgende afgrøde.

Afgrøde	Ref.	Faktorer	Antal forsøg/undersøgelser				
			2022	2023	2024	2025	2026
Roer	R1	Topudbytte og indhold af næring + C/N-forhold	2	2	9	3	
	R2	- lattergasmålinger +/- top & +/- nitrifik.hæmmer		1	3	3	
	R3	- to høsttidspunkter	2	2	6		
	R4	Gradueret kvælstoftildeling	1	1			
	R5	Udbringningsteknik for kvælstof	2	2	2	4	1
	R6	- lattergasmålinger			1	2	1
	R7	Høst med/uden følgevogn			1	2	
	R8	Jordstyrke og underjordspakning				1	
	R9	Alternative dyrkningsformer				2	
	R10	Sukkerudbytte i relation til R3,R4,R5,R9, E1-E5	4	4	1	5	?
Korn	K1	Udbytte i relation til fjernelse af roetop (R1)			1	4	3
	K2	Udbytte i relation til R7				1	2
Efterafgrøder	E1	Biomasse og indhold af næring + C/N-forhold	2	2	1		
	E2	- nitrifikationshæmmer og lattergas indgår		2	1		
	E3	- nedmuldningsmetoder indgår	1	2			
	E4	- sporeffekter indgår			1		
	E5	- i relation til gødskning med gylle	2	2	1		
Lab.-forsøg	L1	Lattergas i relation til R2,R3				2	
	L2	Lattergas i relation til R7					1

Lattergas fra roetop

Roetop indeholder kvælstof, som under visse forhold kan omdannes til lattergas, som er en såkaldt klimagas, der medvirker til at skabe global opvarmning. Roetop er også en energikilde til de mikroorganismer i jorden, som gennem deres aktivitet danner lattergas under iltfattige forhold. Derfor er der potentielt en stor risiko for lattergasemission, når der høstes roer under våde forhold. Dette kan være en yderligere grund til at fjerne roetoppen, og vi udfører forsøg, hvor vi sammenligner lattergasemission med og uden fjernelse af roetoppen. Undersøgelserne indeholder også en variant, hvor roetoppen efter roehøst sprøjtes med nitrifikationshæmmer før nedpløjning eller harvning (tabel 1). Dette kan være en strategi i situationer, hvor de rette omstændigheder for lattergasdannelse er til stede.

Håndtering af efterafgrøder

I de første år med klimaprojekter lå fokus på gødsning og håndtering af efterafgrøder dyrket forud for roer (tabel 1). Idéen var at gøde efterafgrøderne med biogasgylle for på den måde at opbygge kulstof i jorden eller for at udnytte efterafgrøderne som beskrevet i afsnittet om udnyttelse af roetop. I disse forsøg blev der også tilsvarende målt lattergas efter forskellige former for nedmuldning, og frem til roerne blev høstet. Disse undersøgelser blev relativt hurtigt indstillet igen, da adskillige andre aktører beskæftiger sig med efterafgrøder og lattergas, og det derfor var bedre at fokusere undersøgelse på håndtering af roetop.

Optimal anvendelse af kvælstof

Kvælstof er i fokus af flere årsager og herunder også i klimaprojekter, da kvælstofgødning kræver store energimængder at fremstille og er en kilde til lattergas. Der foreligger meget generel viden om kvælstof og lattergas, og NBR har derfor valgt at fokusere på faktorer, der er specifikke for roedyrknin-gen. Dette drejer sig om en sammenligning mellem bredspredt og placeret gødning samt om muligheden for at erstatte dele af gødningen med bladgødsning (tabel 1). Udbyttmæssigt er placeret gødning oftest et bedre valg end bredspredt gødning, mens der er behov for adskillige optimeringsforsøg med bladgødsning. Status på udbytteforsøgene kan der læses mere om i NBR's Beretning 2025, men vi er endnu ikke helt klar til at udtale os om effekterne på lattergasemissionen.

Klimatilpasning af roehøst

Roehøsten koncentrerer typisk i sidste halvdel af november og først i december. Dette har lejlighedsvis endt ud i store

udfordringer grundet længere perioder med nedbør i løbet af efteråret. Det forudses, at risikoen for ekstremnedbør og herunder fastlåste vejrsystemer med tilbagevendende nedbør vil blive mere og mere hyppige i fremtiden. NBR er derfor i gang med at skitsere nogle idéforslag samt skaffe midler til at minimere risikoen for pakningsskader ved høst. ■

Renol

**...effektiv penetreringsolie,
den originale og velkendte**

- **Større sikkerhed**
- **Forstærker effekten**
- **Hurtigere regnfasthed**
- **Velafprøvet**
- **Vegetabilsk oprindelse**
- **Biologisk nedbrydeligt**



Nordisk Alkali
Anemonevænget 2 | 4330 Hvalsø
www.nordiskalkali.dk



Plantebeskyttelsesmidler skal anvendes på forsvarlig måde. Læs altid etiketten og oplysninger om produktet før anvendelse. Vær opmærksom på de advarselssætninger og advarselssymboler, der fremgår af etiketten. Nordisk Alkali er medlem af CropLife Danmark.