

# Resultater og agromiljømæssige perspektiver ved CULTAN-metoden

Nedfældning af flydende gødning (CULTAN) kan øge kvælstofudnyttelse og mindske miljøbelastningen sammenlignet med gødskning ved bredspredning.



Dr. Martin Kücke  
Julius Kühn Institute, Institute of Crop and Soil Science  
Braunschweig, Germany  
martin.kuecke@jki.bund.de

Nedfældning af flydende gødning er en udbredt praksis i Canada, USA og Australien (f.eks. Holloway *et al.*, 2001) og er i Tyskland kendt som "CULTAN"-gødskning (Controlled Uptake Long-Term Ammonium Nutrition, Sommer 2000). Hensigten med denne teknik, oprindeligt udviklet i Tyskland af Dr. Sommer, var at tilføre næring til afgrøden hovedsageligt med ammonium frem for nitrat. Mens nedfældning af flydende gødning generelt defineres som indsprøjtning under jordoverfladen af en hvilken som helst væske med indhold af kvælstof, tilfører CULTAN-teknikken ammoniak eller ammoniumholdige væsker med intet eller kun et begrænset indhold af andre former for kvælstof (urea, nitrat). Vi begyndte forskningsarbejde med at kvantificere agronomiske og miljømæssige fordele ved CULTAN-strategien, motiveret af de stigende negative miljøpåvirkninger fra nitrat (f.eks. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-udvaskning, N<sub>2</sub>O-afgivelse) og fra gødskning ved bredspredning

(f.eks. overfladeafstrømning) og opmuntret af positive erfaringer hos landmænd samt af det faktum, at NH<sub>4</sub><sup>+</sup> er til gavn for afgrødens fysiologi og vækst (Marschner, 1999).

## Materialer og metoder

Et langsigtet markforsøg for at vurdere CULTAN-teknikken blev påbegyndt i 2002 (lermuldet sand, latinsk kvadrat, 3 gentagelser, 2 kvælstofniveauer, tilførsel ved bredspredning vs. nedfældning ved 3 forskellige vækststadier, 2 sorter pr. parcel siden 2009). En ammoniumsulfatopløsning blev nedfældet enten ved begyndende vegetation, midt i eller til sidst i buskning. Nitratudvaskning blev overvåget ved passive drænvandsprøver. I en lysimeterstation (8 monolitlysimetre inden for ens behandlede parceller) blev nedfældet og bredspredt gødning sammenlignet i pløjnings- og minimal jordbearbejdningssystemer. Desuden blev markforsøg udført på kommercielle marker hvert år.

## Resultater

Ækvivalente eller højere kornudbytter kan opnås ved nedfældning af gødning sammenlignet med gødskning ved bredspredning. Men udbytterne varierede med niveauet for kvælstofgødning og tidspunktet for nedfældning. Tabel 1 viser kornudbytterne efter nedfældning i forhold til de med bredspredt fast gødning (sat til 100). Med den officielt anbefalede mængde af tilført kvælstof (repræsenteret ved kvælstofniveau N<sub>2</sub>) opnåede eller endda overgik vi udbytterne fra gødskning ved bredspredning ved CULTAN-behandling i 5 af 6 år med mindst en af de afprøvede tre nedfældningsdatoer. Som gennemsnit af alle år var udbytte-niveauet ved CULTAN-gødskning 101 henholdsvis 99%, når gødskning blev udført midt i eller ved slutning af buskningsperioden, men kun 94%, når nedfældning skete for tidligt (begyndelse af vækstperioden). Ved det lavere kvælstofniveau (N<sub>1</sub> der repræsenterede anbe-

**Table 1.** Kerneudbytte i korn ved CULTAN-gødsning i forhold til konventionel gødsning ved bredspredning (delt i to henholdsvis tre doser for hvede) med kalkammoniumnitrat. Bredspredning=100.  $N_0$ =udbytte uden kvælstofgødsning;  $N_1$ =gødsning med kvælstof som anbefalet – 25%;  $N_2$ =gødsning med kvælstof som anbefalet.

År	Afgørde	Sort	$N_0$	Bredspredt	Nedfældning		
					Tidlig	Middel	Sen
<b>Kvælstofniveau <math>N_2</math></b>							
2006	Vinterhvede	Dekan	45	100	88	98	102
2007	Vinterbyg	Theresa	47	100	77 <sup>*</sup>	96	107
2008	Vinterrug	Visello	41	100	91	95	87
2009	Vårhvede	Kadrij	53	100	84 <sup>*</sup>	90	115 <sup>*</sup>
2009	Vårhvede	Taifun	64	100	85	95	98
2010	Vinterbyg	Finesse	20	100	97	98	(40)
2010	Vinterbyg	Fridericus	25	100	95	99	(51)
2011	Vinterhvede	Dekan	29	100	98	103	96
2011	Vinterhvede	Mulan	34	100	92	115 <sup>*</sup>	101
2012	Vinterhvede	Dekan	22	100	108	109 <sup>*</sup>	90
2012	Vinterhvede	Mulan	19	100	118 <sup>**</sup>	112 <sup>*</sup>	94
	Gns.		36	100	94	101	99
<b>Kvælstofniveau <math>N_1</math></b>							
2006	Vinterhvede	Dekan	50	100	94	108	98
2007	Vinterbyg	Theresa	53	100	85	106	114 <sup>*</sup>
2008	Vinterrug	Visello	48	100	104	112	93
2009	Vårhvede	Kadrij	68	100	107	122 <sup>*</sup>	117 <sup>*</sup>
2009	Vårhvede	Taifun	77	100	102	112 <sup>*</sup>	100
2010	Vinterbyg	Finesse	24	100	108	106	(57)
2010	Vinterbyg	Fridericus	28	100	98	101	(63)
2011	Vinterhvede	Dekan	35	100	110 <sup>*</sup>	103	106
2011	Vinterhvede	Mulan	38	100	107	113 <sup>*</sup>	111
2012	Vinterhvede	Dekan	29	100	140 <sup>*</sup>	134 <sup>*</sup>	107
2012	Vinterhvede	Mulan	24	100	126 <sup>*</sup>	130 <sup>**</sup>	103
	Gns.		43	100	107	113	105

Tal i parentes: Skade på afgrøde på grund af dårlige vejrforhold under sen nedfældning; udeladt af beregning af gennemsnit; <sup>\*</sup>signifikant forskellig  $p < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>sign.  $P < 0.01$ ; ANOVA og Dunnett test ved stat. program R

falet kvælstofgødsning minus 25%) gav CULTAN-gødsning tilsvarende eller højere kornudbyttet i alle år, især når nedfældning skete midt under buskning (gennemsnit 113%). For begge kvælstofniveauer  $N_1$  og  $N_2$  registrerede vi også tilsvarende eller højere proteinindhold i kornet ved nedfældning midt under eller ved slutning af buskning i alle årene. Disse resultater og andre data fra mark- og potteforsøg (Walter, 2010; Richter, 2010; Schittenhelm og Menge-Hartmann, 2006; Kücke, 2003; Jacobs, 2012) tyder på, at kvæ-

stofudnyttelsen i de fleste tilfælde er højere efter nedfældning sammenlignet med gødsning ved bredspredning. Disse forskelle i udbytte og kvalitet øges med faldende kvælstofniveau og er især udtalte i år med tørkeperioder om foråret samt i dyrkningssystemer med minimal jordbearbejdning. Vi fandt også lavere evapotranspiration pr. kornudbytteenhed for korn i vores lysimeterforsøg og en signifikant reduktion i ammoniakfordampning og  $N_2O$ -afgivelse fra kvælstofgødning (Deppe *et al.*, 2012) efter CULTAN-

gødsning. Desuden viser adskillige andre undersøgelser, at nitratudvaskning kan nedbringes markant. F.eks. fandt Walter (2010) en gennemsnitlig reduktion i nitratudvaskning på 50% ( $p < 0,00$ ).

### Sammendrag og konklusioner

Vores resultater viser, at ved et højt niveau for kvælstofgødsning resulterer CULTAN-gødsning i udbyttet og kvaliteter, der er sammenlignelige med kvælstoftilførsel ved bredspredning. I tilfælde med et re-

duceret kvælstofniveau viser data fra markforsøg imidlertid en højere kvælstofudnyttelse ved CULTAN-strategien. På trods af at vi ikke har nogen officiel gødskningsanbefaling for brug af CULTAN-metoden, er landmændenes interesse i denne teknologi støt stigende. En mere udbredt anvendelse af kvælstofnedfælding er for øjeblikket dog begrænset af i) den lave produktionskapacitet for ”spoke wheel injectors” (spredere med pighjul hvor igennem gødningen anbringes i jorden) i Europa, ii) den lejlighedsvis begrænsede lokale tilgængelighed af flydende gødning, og iii) mangel på maskinstationer der tilbyder denne form for gødskning. På grundlag af vores data og data fra andre forskningsgrupper kan vi konkludere, at forbruget af kvælstofgødning i korndyrkning kan reduceres med 15 til 20% uden at medføre et væsentligt fald i kornudbytte eller -kvalitet. Lignende resultater rapporteres for andre afgrøder (f.eks. grøntsager, kartofler). Med hensyn til kravene inden for EUs rammer, reglerne for god landbrugsmæssig praksis, tilpasningen af gødskning til nye klimatiske forhold og tilpasning af gødskning til minimal eller ingen jordbearbejdning er en placering af gødning under jordoverfladen som CULTAN-teknikken i næsten alle situationer tilførsel af gødning ved bredspredning overlegen (ikke blot hvad angår kvælstof, men også fosfor). Da mindre end 5% af jorden i pløjelaget kommer i kontakt med gødningens næringsstoffer, antager vi, at der er yderligere gunstige virkninger på stabiliteten i jordens organiske materiale

og jordens biologi/mikrobiologi og vil fokusere vores fremtidige forskningsarbejde på disse aspekter ligesom også på afgrødesundhed, som landmænd har rapporteret er blevet forbedret ved CULTAN-gødskning.

### Litteratur

Deppe M, Well R, Giesemann A, Kücke M & Flessa H. 2012. Impact of point injection of ammonium fertilizer on N<sub>2</sub>O fluxes and nitrogen dynamics in soil. Poster at the 17<sup>th</sup> International Nitrogen Workshop “Nitrogen - the future”, Wexford, Ireland 27th-29th June 2012.

Holloway RE, Bertrand I, Frischke AJ, Brace DM, McLaughlin MJ & Shepperd W. 2001. Improving fertilizer efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant and Soil* 236, 209 – 219.

Jakobs. 2012. CULTAN: So geht's. *LZ Rheinland* 04/2012, p 22.

Kücke M. 2003. Anbauverfahren mit N-Injektionsdüngung (CULTAN). Sonderheft 245 *Landbauforschung Völklerode*.

Maschner H. 1999. *Mineral Nutrition of higher plants*. Academic press.

Richter V. 2010. Prozessorientierte Modellierung und Feldversuche zur ammoniumbetonten Injektionsdüngung. *Dissertation TU Braunschweig*. Der Andere Verlag, Tönning, 2010.

Schittenhelm S & Menge-Hartmann U. 2006. Yield formation and Plant metabolism of spring barley in response to locally injected ammonium.

J. Agron. *Crop Sci.* 192, 434-444.

Sommer K. 2000. CULTAN-cropping systems: Fundamentals, state of development and perspectives. In: *Nitrogen in a sustainable ecosystem: From the cell to the plant*. 361-375, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands

Walter E. 2010. Konventionelle mineralische Stickstoffdüngung N-Injektionsdüngung in Feldversuchen 1991 bis 2005 - Einfluss auf Nitratauswaschung und Getreideproduktion. *Diss. Fakultät Agrarwissenschaften Universität Hohenheim* 2010. ■