

# Intelligente virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskningen (VIRKN)

> ELLY MØLLER HANSEN OG  
INGRID KAAG THOMSEN, AARHUS UNIVERSITET

GUDP-projektet "Intelligente virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskningen" (VIRKN) blev påbegyndt i 2014. Som en central del af projektet gennemføres markforsøg med bestemmelse af nitratudvaskning ved forskellige efterårsbevojsninger og kvælstofniveauer, og der tages planteklip af efterårsbevojsningen til bestemmelse af overjordisk kvælstofoptagelse. Der gennemføres fire forsøg, hvor de to benævnes "Stigende N" og de to øvrige "Bygforsøgene". Alle forsøgsbehandlinger er gennemført som blokforsøg med fire gentagelser. I det følgende beskrives nogle af de resultater, der indtil videre er opnået.

## Stigende N

Forsøgene i "Stigende N" er anlagt på to lokaliteter, JB 6 (Flakkebjerg) og JB 4 (Foulum). Foruden stigende mængder kvælstof til vintersæd og vårbyg er der forsøgsled med tidligt og normalt sået vintersæd. Her bliver alene præsenteret resultater fra ét gødningsniveau til belysning af efterårsbevojsningens effekt på nitratudvaskningen. Vintersæden er vinterhvede på JB 6 og vinterhybridrug på JB 4. Efterårets plantedække af de to vinterafgrøder sammenlignes med efterafgrøder samt ukrudt og spildkorn efter vårbyg. På JB 6 har efterafgrøden hvert år været oliræddike spredt før høst af vårbyg. På JB 4 var efterafgrøden i 2015-16 oliræddike, mens efterafgrøden i 2016-17 har været alm. rajgræs sået som udlæg. Som reference anvendes sort jord efter vårbyg, hvor jorden herbicidsprøjtes om efteråret. Forsøgene er fastliggende, og der dyrkes hvert år de samme afgrøder i samme parceller.

**TABEL 10.** Kvælstofoptagelse i efterårsbevojsning og nitratudvaskning i VirKN-forsøget "Stigende N" i 2015-16 og 2016-17, Flakkebjerg (JB 6).

Forsøgsled	Planteprov, N-optagelse, kg N pr. ha	Nitratudvaskning, kg N pr. ha	Planteprov, N-optagelse, kg N pr. ha	Nitratudvaskning, kg N pr. ha
<i>Efterårsbevojsning</i>	<i>5. nov. 2015</i>	<i>24. nov. 2015 - 17. maj 2016</i>	<i>31. okt. 2016</i>	<i>18. maj 2016 - 26. apr. 2017</i>
Normalt sået vinterhvede <sup>1)</sup>	3c	32b	5b	22b
Tidligt sået vinterhvede <sup>2)</sup>	12b	20cd	19a	9cd
Efterafgrøde, oliræddike <sup>3)</sup>	25a	11d	28a	3d
Spildkorn/ukrudt	9b	23c	22a	15bc
Sort jord, kemisk renholdt efter høst af vårsæd	-	46a	-	32a

abc: Værdier efterfulgt af samme bogstav inden for hver gruppering er ikke signifikant forskellige.

<sup>1)</sup> Sået 29. september 2015 og 21. september 2016.

<sup>2)</sup> Sået 2. september i både 2015 og 2016.

<sup>3)</sup> Oliræddike sået 6. august 2015 og 26. juli samt eftersået 23. august 2016.

De i tabel 10 og 11 viste resultater er fra parceller, der begge år er gødet efter normerne i 2016.

På både JB 6 og JB 4 reducerede efterafgrøder begge år nitratudvaskningen signifikant i forhold til sort jord (tabel 10 og 11). På JB 6 reducerede oliræddike nitratudvaskningen i forhold til sort jord med 35 og 29 kg kvælstof pr. ha i henholdsvis 2015 og 2016 (tabel 10). På JB 4 er kvælstofoptagelsen i oliræddike (2015) og alm. rajgræs (2016) bestemt til henholdsvis 18 kg og 24 kg kvælstof pr. ha, mens nitratudvaskningen er reduceret med henholdsvis 30 og 66 kg kvælstof pr. ha (tabel 11).

Normalt sået vintersæd er sået mellem 21. og 29. september og har kun optaget 3-5 kg kvælstof pr. ha (tabel 10 og 11). Tidligt sået vintersæd, sået ca. 2. september, har optaget 12-19 kg kvælstof pr. ha og reduceret udvaskningen med 7-25 kg kvælstof pr. ha i forhold til normalt sået vintersæd. I tre ud af fire tilfælde er der tendens til mindre udvaskning ved dyrkning af efterafgrøde end ved tidligt sået vintersæd, men i ingen af de fire tilfælde var forskellen signifikant.

Spildkorn og fremspiret ukrudt indeholder 9-22 kg kvælstof pr. ha på JB 6 (tabel 10). På JB 4 indeholdt spildkorn og ukrudt 13 kg kvælstof pr. ha i 2015 (i 2016 er der sået alm. rajgræs i parcellerne). I alle tre tilfælde reducerede spildfrø/ukrudt udvaskningen signifikant i forhold til sort jord med en udvaskningsreduktion på 17-24 kg kvælstof pr. ha. På JB 6 er udvaskningsreduktionen ved spildkorn/ukrudt signifikant mindre end ved dyrkning af efterafgrøde. På JB 4, 2015-16 var der ikke signifikant forskel på udvaskningen ved spildfrø/ukrudt og efterafgrøde, men dog en tendens til mindst udvaskning ved dyrkning af efterafgrøde.

**TABEL 11.** Kvælstofoptagelse i efterårsbevoksning og nitratudvaskning i VirkN-forsøget "Stigende N" i 2015-16 og 2016-17, Foulum (JB 4).

Forsøgsled	Planteprøver, N-optagelse, kg N pr. ha	Nitratudvaskning, kg N pr. ha	Planteprøver, N-optagelse, kg N pr. ha	Nitratudvaskning, kg N pr. ha
<i>Efterårsbevoksning</i>	28. okt. 2015	12. okt. 2015 - 4. maj 2016	1. nov 2016	5. maj 2016 - 11. maj 2017
Normalt sået vinterrug <sup>1)</sup>	3c	39a	4c	25b
Tidligt sået vinterrug <sup>2)</sup>	18a	14b	13b	18bc
Efterafgrøde <sup>3)</sup>	18a	15b	24a	10c
Spildkorn/ukrudt <sup>4)</sup>	13b	21b	23a	15c
Sort jord, kemisk renholdt efter høst af vårsæd	-	45a	-	76a

abc: Værdier efterfulgt af samme bogstav inden for hver gruppering er ikke signifikant forskellige.

<sup>1)</sup> Sået 29. september 2015 og 22. september 2016.

<sup>2)</sup> Sået 3. september 2015 og 2. september 2016.

<sup>3)</sup> Olieræddike sået 4. september 2015 og alm. rajgræs sået som udlæg i 2016.

<sup>4)</sup> Alm. rajgræs i 2016.

### Foreløbige konklusioner fra "Stigende N"

På JB 4 og JB 6 er der fundet en udvaskningsreducerende effekt på 29-66 kg kvælstof pr. ha ved dyrkning af efterafgrøderne olieræddike og rajgræs i forhold til sort jord. Tidlig såning af vinterhvede og vinterhybridrug reducerede tilsvarende udvaskningen med 23-58 kg kvælstof pr. ha, og den var ikke signifikant forskellig fra dyrkning af efterafgrøder. Spildfrø/ukrudt reducerede udvaskningen med 17-24 kg kvælstof pr. ha.

### Bygforsøgene

Bygforsøgene er anlagt på JB 4 (Foulum) og JB 1 (Havrisvej). Formålet med forsøgene er at undersøge, hvordan forskellige efterafgrøder påvirker kvælstofudvaskning og udbytte både i den periode, hvor efterafgrøderne vokser på jorden (efterafgrødeår) og i den efterfølgende sæson (eftervirkningsår). Som reference anvendes vårbyg efterfulgt af sort jord samt vinterhybridrug. I eftervirkningsåret dyrkes vårbyg, og jorden friholdes for bevoksning i den efterfølgende udvaskningssæson. Vinterrugen høstes ved modenhed i eftervirkningsåret og efterfølges ligeledes af sort jord.

### Bygforsøgene på JB 4

I forsøget på JB 4 indgår to forsøgsrunder hver med ét efterafgrødeår efterfulgt af ét eftervirkningsår. Første runde af Bygforsøget på JB 4 blev gennemført i perioden fra efterår 2015 til forår 2017. Alle parceller blev sået med vårbyg i foråret 2015 og efterfulgt af forskellige efterårsbevoksninger (tabel 12). 28. oktober 2016 blev der taget planteklip af alle efterårsbevoksninger, og efterafgrøder bestående af blandinger blev sorteret i de enkelte arter. I eftervirkningsåret blev der sået vårbyg forår 2016 i alle led bortset fra parceller med vinterrug. Vårbyggen dyrket i eftervirkningsåret blev gødet med 40 kg kvælstof pr. ha under normen (1N), som på JB 4 er sat til 143 kg kvælstof pr. ha. Rugen er gødet med 171 kg kvælstof pr. ha.

Kvælstofoptagelsen i olieræddike, rajgræs med og uden kløver, samt i spildkorn er på mellem 25 og 31 kg kvælstof pr. ha og adskiller sig ikke signifikant fra hinanden (tabel 12). Iblandingen rajgræs og rødkløver, der var sået i forholdet ca. 5:1, har kløveren optaget 3 kg kvælstof pr. ha, mens der er optaget 22 kg kvælstof pr. ha i rajgræsset. I efterafgrødeblandingen af honningurt og vårbyg,

**TABEL 12.** Kvælstofoptagelse i efterårsbevoksninger og nitratudvaskning i efterafgrødeår, eftervirkningsår og samlet over de to sæsoner, Foulum (JB 4).

Forsøgsled	Planteprøver, N-optagelse kg N pr. ha	Nitratudvaskning, efterafgrødeår kg N pr. ha	Nitratudvaskning, eftervirkningsår kg N pr. ha	Samlet nitratudvaskning, kg N pr. ha
<i>Efterårsbevoksning 2015</i>	28. okt.	12. okt. 2015 - 15. aug. 2016	24. okt. 2016 - 11. maj 2017	12. okt. 2015 - 11. maj 2017
Olieræddike, sået 20. august	29a	12c	48a	60b
Rajgræs, sået 11. maj som udlæg	31a	17c	61a	77b
Spildkorn, sået 19. august	26a	52a	64a	115a
Rajgræs og rødkløver, sået 11. maj som udlæg	25ab	16c	62a	78b
Honningurt og vårbyg, sået 20. august	20b	26bc	60a	86ab
Sort jord, kemisk renholdt	-	65a	51a	116a
Vinterrug, sået 21. september	5c	46ab	74a	120a

abc: Værdier efterfulgt af samme bogstav inden for hver gruppering er ikke signifikant forskellige.

hvor der var sået med omtrent samme antal frø af hver art, er der optaget 8 kg kvælstof pr. ha i honningurt og 12 kg kvælstof pr. ha i vårbyg. Vinterrugen har optaget 5 kg kvælstof pr. ha, hvilket er signifikant lavere end i efterafgrøder og spildkorn.

Nitratudvaskningen i efterafgrødeåret 2015/16 blev signifikant reduceret fra 65 kg kvælstof pr. ha ved sort jord til 12-17 kg kvælstof pr. ha med efterafgrøder af olieræddike og rajgræs med og uden kløver (tabel 12). Blandingen bestående af honningurt og vårbyg reducerede nitratudvaskningen til 26 kg kvælstof pr. ha, mens nitratudvaskningen fra spildkorn og vinterrug var på samme niveau som fra sort jord. I eftervirkningsåret 2016/17 er der ikke signifikante forskelle på nitratudvaskningen uanset efterårsbevoksningen i 2015/16 (tabel 12).

Samlet set over de to udvaskningssæsoner 2015-17 er der i forhold til sort jord en signifikant reduktion af nitratudvaskningen ved anvendelse af olieræddike og rajgræs med og uden kløver (tabel 12). For de øvrige efterårsbevoksninger, spildkorn, honningurt og vårbyg samt vinterrug, er der ikke signifikante forskelle i den samlede nitratudvaskning sammenlignet med sort jord.

I eftervirkningsåret 2016 er der ingen signifikant effekt af efterafgrøderne i 2015 med hensyn til udbytte og kvælstofoptagelse i vårbyg (resultater ikke vist).

#### Bygforsøgene på JB 1

Forsøget på JB 1 har overordnet samme forsøgsplan- og led som på JB 4 men vil blive gennemført med to efterafgrødeår efterfulgt af ét eftervirkningsår. Forsøget på JB 1 blev anlagt et år senere end på JB 4, så der er indtil videre kun gennemført ét efterafgrødeår (2016/17). Gødningsniveauet 1N på JB 1 er 162 kg kvælstof pr. ha for vårbyg og 187 kg kvælstof pr. ha for vinterrug.

Afgrødernes kvælstofoptag ses af tabel 13.

I 2016 betød høje nedbørsmængder en nitratudvaskning gennem vårbyggen vækstsæsonen svarende til 52-79 kg kvælstof pr. ha (tabel 13). Gennem efterår og vinter 2016/17 er der udvasket 121 kg kvælstof pr. ha fra sort jord, hvilket ikke er signifikant forskellig fra vinterrug. De øvrige efterårsbevoksninger reducerede nitratudvaskningen til 43-53 kg kvælstof pr. ha.

#### Foreløbige konklusioner fra Bygforsøgene

I de indtil nu gennemførte forsøg er der generelt fundet god effekt af efterafgrøder i forhold til sort jord. Således reducerede olieræddike og rajgræs nitratudvaskningen med 48-53 kg kvælstof pr. ha på JB 4 og 68-78 kg kvælstof pr. ha på JB 1. Isåning af rødkløver i rajgræs påvirkede hverken kvælstofoptag i blandingen eller den udvaskningsreducerende effekt sammenlignet med rajgræs i renbestand. En blanding af vårbyg og honningurt reducerede nitratudvaskningen med henholdsvis 39 og 70 kg kvælstof pr. ha på de to lokaliteter. Effekten af spildkorn varierede og reducerede kun nitratudvaskningen på JB 1. Nitratudvaskningen fra vinterrug er i samme størrelsesorden som fra sort jord. Dyrkning af efterafgrøder har ingen indflydelse på nitratudvaskningen i den efterfølgende udvaskningssæson, hvor der er sort jord gennem efterår og vinter. Der er ikke fundet signifikant eftervirkning af efterafgrøderne i forhold til udbytte og kvælstofoptagelse i den efterfølgende afgrøde.

VIRKN er et igangværende GUDP-finansieret projekt, som gennemføres i samarbejde mellem Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet og SEGES og forventes afsluttet i efteråret 2019.

**TABEL 13.** Kvælstofoptagelse i efterårsbevoksninger og nitratudvaskning i efterafgrødeår og eftervirkningsår, Havrisvej (JB 1).

Forsøgsled	Nitratudvaskning, vækstsæson kg N pr. ha	Planteprov, N-optagelse kg N pr. ha	Nitratudvaskning, efterår og vinter kg N pr. ha
<i>Efterårsbevoksning 2016</i>	<i>29. apr. 2016 - 14. aug. 2016</i>	<i>7. nov.</i>	<i>15. aug. 2016 - 27. feb. 2017</i>
Olieræddike, sået 14. august	52a	59a	43b
Rajgræs, sået 23. marts som udlæg	64a	38b	53b
Spildkorn, sået 15. august	77a	33b	52b
Rajgræs og rødkløver, sået 23. marts som udlæg	79a	38b	43b
Honningurt og vårbyg, sået 14. august	62a	41ab	51b
Sort jord, kemisk renholdt	74a	-	121a
Vinterrug, sået 3. oktober	65a	2c	145a

abc: Værdier efterfulgt af samme bogstav inden for hver gruppering er ikke signifikant forskellige.