



Etablering af jordvandsystem til indsamling af jordvæske. Systemet bruges til at bestemme tabet af næringsstoffer fra rodzonen. Der etableres et undertryk der suger jordvæsken fra jorden via tefloncoatede slanger ind i opsamlingsflasker, som står i nedgravede isolerede blå kasser.

VIRKNING

af mikrokløver og gødskning på jordbunden og tab af næringsstoffer i etableringsfasen i GREEN CHRISTMAS-projektet

Hvad betyder kløverdække og gødskning i juletræers etableringsfase for vand- og stofbalancen, herunder tabet af næringsstoffer, og kan kløver bidrage med kvælstof gennem fiksering fra luften. Dette belyses i artiklen, der bygger på intensive undersøgelser af vand- og stofbalancer.





© SIMON SKOV

Med Jordspyd udtages jordprøver fra overjorden. Ved at udtage flere stik blev der opnået en repræsentativ prøve. Jordprøverne blev udtaget i forskellige dybdeintervaller og efterfølgende blev samleprøverne homogeniseret og målt hver for sig.

YARA
Knowledge grows

**De er rigtig gode hver for sig
men endnu bedre sammen**

Giv dine juletræer den bedste vækst
Yaras produkter er udviklet til den danske muld og vejrforholdene i de nordiske lande.
Med **YaraMila 23-3-6 m B, Mn, Zn, Se**, **YaraVita GRAMITREL** og **BRASSITREL** får du et højt kvælstofindhold og mikro-næringsstoffer, der gør dem velegnet til juletræskulturer.

Læs mere på yara.dk eller ring 79223366

≡ PER BJERAGER¹⁾, SIMON SKOV¹⁾, MORTEN INGERSLEV¹⁾ OG LARS BO PEDERSEN²⁾

¹⁾ KØBENHAVNS UNIVERSITET, INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB OG NATURFORVALTNING

²⁾ DANSKE JULETRÆER

Indledning

Juletræer er en højværdiafgrøde, og i praksis kan der ved gødsning være en risiko for tab af næringsstoffer, der er en omkostning uden nogen positiv effekt på tilvækst og kvalitet. Tabet kan tilmed føre miljøproblemer med sig gennem udvaskning af næringsstoffer til vandløb, søer og grundvand. Når mikrokløver anvendes som bunddække er det vigtigt at undersøge, om behovet for gødsning stiger eller falder. Generelt optager kløveren næringsstoffer i etableringsfasen, hvor træernes optag er lille, og det kan være vigtigt i forhold til at begrænse risikoen for tab ved udvaskning i etableringsfasen. Næringsstofferne kan frigives igen ved formuldning af kløveren. Specielt for kvælstof gælder, at kløveren kan omdanne kvælstof fra luften til organisk bundet kvælstof, som kan blive til kvælstofgødning, når kløveren formulder.

I Green Christmas-projektet blev alle 17 essentielle plantenæringsstoffer undersøgt. I denne artikel fokuseres på makronæringsstofferne kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K), som juletræer optager i relativt store mængder. Jordbundskemien blev analyseret for at bestemme den tilgængelige pulje af næringsstofferne i overjorden. Tab af næringsstofferne gennem udvaskning fra rodzonen blev bestemt for 5 forsøgsbehandlinger.

Foruden gødsning afhænger næringsstofferne tilgængelighed for træerne af jordtype, klima og plantedække. Alle parametrene er meget forskellige på de to lokaliteter i undersøgelsen.

Jordtyperne og nedsivning

Øverste jordlag i Flakkebjerg er en grov sandblandet lerjord (JB 6 grænsende til JB7) med et højt lerindhold (tabel 1). Jorden har en ringe vandgennemtrængelighed, som medfører stående vand i lavninger efter kraftig regn.

I Ry består det øverste jordlag af groft sand kun iblandet en smule ler og humus (JB1 grænsende til JB2). Den store forskel på jordtyperne betyder sammen med en stor forskel i nedbørsmængden mellem lokaliteterne, at nedsivning af vand fra rodzonen i Ry var over dobbelt så stor som i Flakkebjerg (tabel 1).

I Ry voksede træerne fra ca. 40 cm til ca. 120 cm i forsøgsperioden fra 2014 til 2017. I Flakkebjerg blev alle træerne omplantede i 2014, og de voksede fra ca. 28 cm (ved omplantning) til mellem 42 og 50 cm i forsøgsperioden (side 25).

Jordbundskemi

Jordbundskemien blev analyseret i 2016. Vi forventede ikke, at kløveren ville påvirke jordbundskemien nævneværdig, men hvis det alligevel ville være tilfældet, antog vi, at ændringen ville ske i den øverste del af jorden. Derfor begrænsede undersøgelsen sig til de øverste 20 cm af jorden, og her blev jordbunden opdelt i to dybder henholdsvis 0-10 cm og 10-20 cm under jordoverfladen. Vi var specielt interesserede i at undersøge om kløverens

Tabel 1. Nøgletal for øverste jordlag, nedbør og nedsivning fra rodzonen i 60 cm til dybere jordlag.

	Jordtype	Ler	Silt	Finsand	Grovsand	Humus	Nedbør	Nedsivning
	Jb nr.	%	%	%	%	%	mm/år	Mm/år
Flakkebjerg	6	14	13	44	27	2	695	234
Ry	1	2	2	49	46	1	957	504

Tabel 2. Gennemsnitsværdier for koncentrationen af Ca, Mg, Mn, P, Fe og Rt (reaktionstal) i jorden i 2016, beregnet som gennemsnit ud fra de forskellige behandlinger og jordbundsdybder på de to lokaliteter. Bemærk at fosformålingen ikke er den traditionelle Pt (fosfortallet), men i stedet fosforsyretallet (Ft).

	Flakkebjerg 0-10 cm	Flakkebjerg 10-20 cm	Ry 0-10 cm	Ry 10-20 cm
Total N (% N)	0,143	0,131	0,069	0,054
Nit (mg NO ₃ -N/kg)	1,70	2,20	1,07	0,73
Ammoniumtallet (mg NH ₄ -N/kg)	2,88	1,85	1,18	0,54
Ft (3*mg PO ₄ -P/100 g)	7,31	7,26	7,61	7,73
Kt (mg K/100 g)	15,3	8,41	3,46	1,99
Ca (mg Ca/100 g)	318	290	18,7	23,3
Mgt (mg Mg/100 g)	8,58	3,83	2,47	1,05
Mnt (mg Mn/kg)	5,60	4,26	17,3	16,9
Fet (mg Fe/kg)	1,97	1,72	1,11	0,76
Rt	7,38	7,40	5,03	5,47

kvælstoffikserende egenskaber kunne påvirke jordens kvælstofkoncentration og medføre et øget indhold.

Jordprøverne blev udtaget med jordspyd, og siden analyseret i laborato-

riet for koncentrationen af en række næringsstoffer. Her omtales resultater for jordens koncentrationer af N, P, K, calcium (Ca), magnesium (Mg) og jern (Fe) samt jordens reaktionstal (Rt) (tabel 2).



Installation af sugeceller i 60 cm dybde foregår med et specialinstrument der tillader at der rundt om sugecellens afsættede inert kvartsmateriale, der sikrer cellens kontakt til den omgivende jord.



Punktgødsning af de unge træer.

Kvælstof

Der var en statistisk sikker forskel i kvælstof mellem de to lokaliteter, hvor koncentrationen af total-kvælstof, nitrat-kvælstof og ammonium-kvælstof var betydeligt højere i Flakkebjerg i alle dybder og behandlinger i forhold til Ry. Der blev ikke fundet nogen statistisk sikre forskelle på jordens kvælstof-koncentration mellem de forskellige behandlinger på lokaliteterne, så forsøget kunne ikke påvise nogen effekt af behandlingerne på kvælstof i jorden. Resultaterne antyder dog, at der

i Flakkebjerg kan være en tendens til, at kombinationen af bredsået mikrokløver kombineret med gødsning kan medføre en højere koncentration af både nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) og ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) i de øverste 10 cm af jorden.

Ft, Kt, Cat, Mgt, Fet og Rt

For Ft, Kt, Cat, Mgt, Fet og Rt gælder det, at værdierne med statistisk sikkerhed var højere i Flakkebjerg end i Ry, når man sammenligner ens dybder med hinanden. Det modsatte gør sig gældende med Mnt, som var statisk

sikkert højere i Ry end i Flakkebjerg på grund af det lavere Rt i Ry. For de her nævnte næringsstoffer blev der ikke fundet statistisk sikre forskelle mellem behandlingerne på nogle af lokaliteterne eller mellem jordbundsdybder.

Tab af næringsstoffer

Inden forsøget havde vi en forventning om tre overordnede trends for virkningerne af mikrokløver og gødsning på tab af næringsstoffer ved udvaskning fra rodzonen:

- Udvasningen øges, når der tilføres mere gødning
- Udvasningen mindses, når jorden er dækket af mikrokløver
- Udvasningen afhænger af jordtype og jordbearbejdning

Udvasningen blev undersøgt i Ry og Flakkebjerg i 5 behandlinger (tabel 3 og se i øvrigt side 9). På begge lokaliteter blev der punkt-gødsket med NPK 21-3-10 med udgangspunkt i gødningsmodellen "OPTI" for lerjord på basis af forventet gennemsnitlig højdetilvækst på lokaliteten. "Normaltilførslen" med OPTI var for Ry og Flakkebjerg i gennemsnit over årene på henholdsvis 340 kg og 150 kg handelsvare pr. ha svarende til 72 og 31 kg N/ha pr. år.

To behandlinger var uden kløver, "normal OPTI-dosis" gødning og forskellige med hensyn til herbicid. Den ene var helt uden anvendelse af herbicider (behandling 1), som resulterede i et bunddække af ukrudt. Den anden var med "normal" herbicidbehandling (behandling 2), som medførte bar jord mellem træerne (ingen bunddække). Der indgik 3 behandlinger med bredsået kløver, reduceret glyphosat behandling og stigende gødsning: Ingen gødsning (behandling 5), halv "OPTI-dosis" (behandling 6) og normal "OPTI-dosis" (behandling 7).

Tabel 3. Gennemsnitlig årlig udvaskning af nitrat-N, fosfor og kalium (kg/ha pr. år) i forsøgsperioden. Mikrokløveren var bredsået. Standard herbicid fremgår af en anden tema artikel og reduceret herbicid er en reduceret dosis glyphosat.

Nr.	Behandling			Flakkebjerg			Ry		
	Gødsning	Bunddække	Herbicid	$\text{NO}_3\text{-N}$	P	K	$\text{NO}_3\text{-N}$	P	K
1	Normal	Ukrudt	Ingen	16	0,02	0,9	23	7,6	13
2	Fuld	Ingen	Normal	115	0,03	1,8	52	7,0	21
5	Ingen	Kløver	Reduceret Glyphosat	43	0,02	0,5	12	11,9	13
6	Halv	Kløver	Reduceret Glyphosat	38	0,03	0,5	16	7,8	12
7	Fuld	Kløver	Reduceret Glyphosat	48	0,03	0,7	38	7,3	17

Til bestemmelse af næringsstoffernes udvaskning fra rodzonen blev der løbende opsamlet jordvæske fra 60 cm dybde med sugeceller. Hver behandling blev gentaget i tre parceller, og hver parcel fik installeret tre sugeceller. Et lille konstant undertryk sikrede en meget langsom, kontinuerlig opsamling af jordvæsken i flasker via sugecellerne. Der blev månedligt indsamlet og analyseret en samlet prøve fra hver parcel i forsøgsperioden fra 2014 - 2017.

Vandbalancen

Modellering af vandbalancer på døgnbasis blev anvendt til bestemmelse af jordvandet nedsvivning fra rodzonen til dybere jordlag. I modellen indgår en detaljeret beskrivelse af jord, planter og klima. Der blev anvendt lokale klimadata på dagsbasis for temperatur, vind, global indstråling¹, relativ fugtighed og nedbør. Vandbalancerne blev optimeret på basis af månedlige målinger af jordens vandindhold og kloridbalancer².

Der blev anvendt en fælles vandbalance for hver lokalitet; det vil sige samme nedsvivning for alle behandlinger på samme lokalitet. Dermed indgår ikke eventuelle forskelle mellem vandbalancer for behandlingerne, som kan skyldes mindre variationer i fordampning af vand fra træer, bunddække og bar jord. Ved sammenligning af resultater fra Flakkebjerg og Ry skal man være opmærksom på, at der i Flakkebjerg har været intensiv jordbearbejdning som følge af omplantning umiddelbart inden prøvetagningen gik i gang.

Af vandbalancerne på månedsbasis fremgår det, at den aktuelle fordampning i Flakkebjerg var lidt højere end nedbøren om sommeren, hvilket gav et lille nedbørsunderskud (figur 1). Lerjorden i Flakkebjerg var god til at tilbageholde nedbøren, så der var kun en betydelig nedsvivning i vinterhalvåret. Ry havde i hele forsøgsperioden et nedbørsoverskud på månedsbasis og dermed nedsvivning til de dybere jordlag i hele perioden (figur 1).

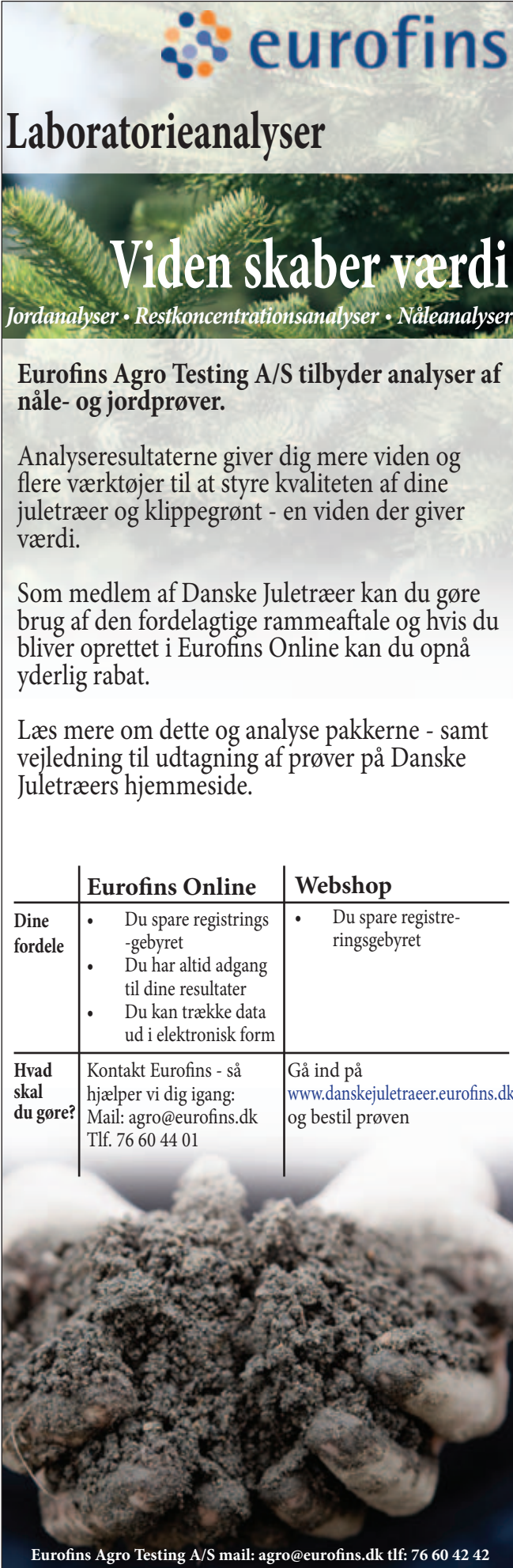
Kvælstofudvaskning

Grundlæggende er den totale udvaskning af kvælstof summen af udvasket organisk kvælstof, ammonium og nitrat. Her vises detaljerede resultater for nitrat, der i praksis udgør næsten hele udvaskningen. Den månedlige nitratudvaskning i Flakkebjerg var på trods af jordens høje lerindhold meget stor i starten, men aftagende i løbet af forsøget (figur 1). Denne kraftige udvaskning tilskrives især øget mineralisering af kvælstof som følge af jordbearbejdningen under omplantningen kort før første udtagning af vandprøver. Den aftagende udvaskning over tid tillægges reduceret mineralisering samt øget optag af nitrat af voksende bunddække og træer. Behandlingen uden kløverdække, normal gødsning og normal herbicidbehandling (behandling 2), gav en særlig stor nitratudvaskning i Flakkebjerg, som nåede op på 58 kg N/ha i november 2014 og 64 kg N/ha i januar 2015. I Ry ses en tendens til, at gødningsbehandlingerne har stigende nitratudvaskning i løbet af forsøget (figur 1).

Den gennemsnitlige nitratudvaskning på årsbasis var i forsøgsperioden generelt mindre i Ry end Flakkebjerg (tabel 3). Men hvis den faldende nitratudvaskning i Flakkebjerg fortsætter, vil udvaskningen sandsynligvis blive mindst i Flakkebjerg efter forsøgets afslutning.

1 Global indstråling er energi fra solen som påvirker vandbalancen ved fordampning af vand fra blade og jordoverflade

2 Klorid akkumuleres ikke af vegetation og i jorden. Derfor skal tilførslen og tabet fra et økosystem være i balance, dvs. at tilførsel og tab skal være lige store.



euofins

Laboratorieanalyser

Viden skaber værdi

Jordanalyser • Restkoncentrationsanalyser • Nåleanalyser

Eurofins Agro Testing A/S tilbyder analyser af nåle- og jordprøver.

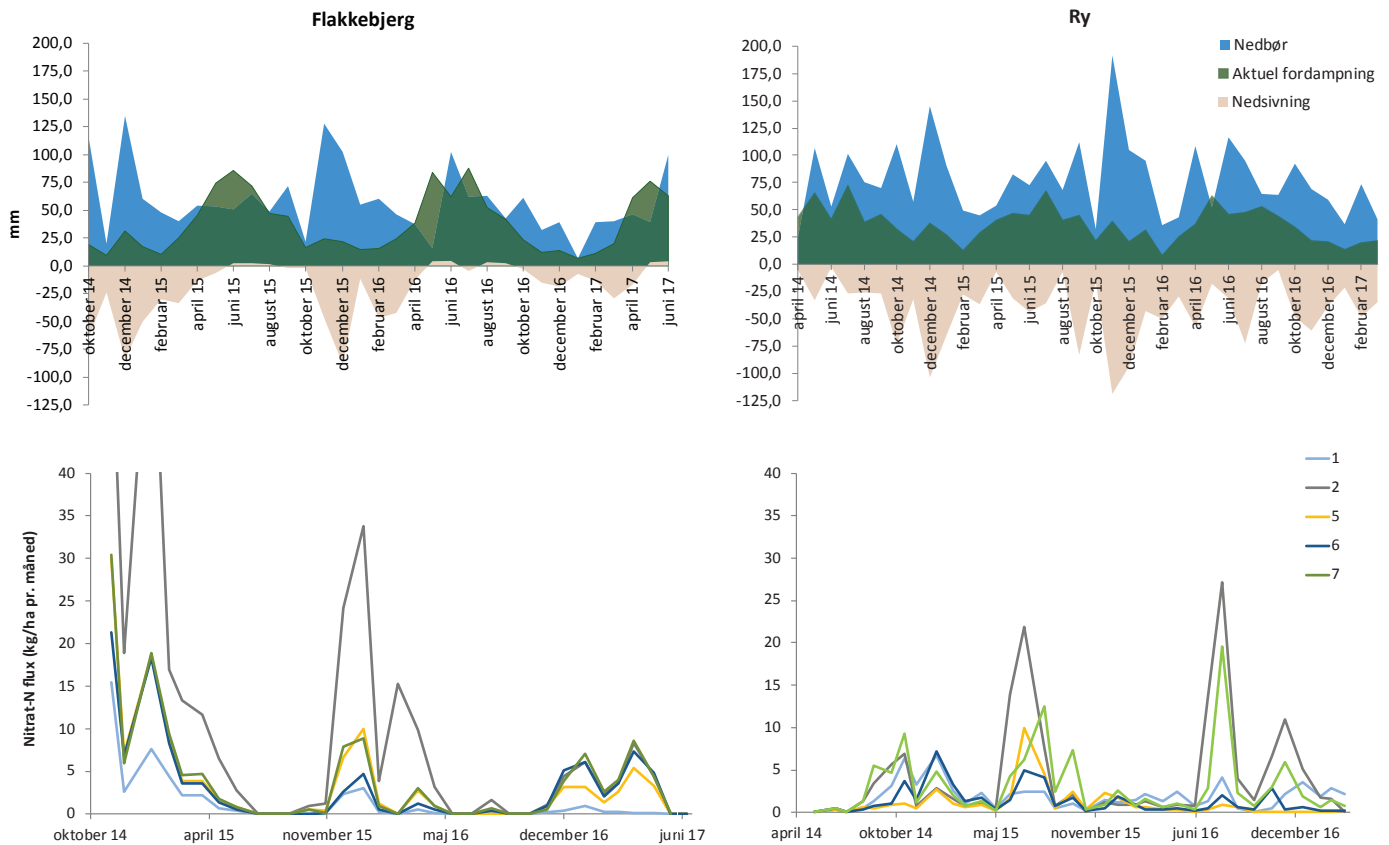
Analyseresultaterne giver dig mere viden og flere værktøjer til at styre kvaliteten af dine juletræer og klippegrønt - en viden der giver værdi.

Som medlem af Danske Juletræer kan du gøre brug af den fordelagtige rammeaftale og hvis du bliver oprettet i Eurofins Online kan du opnå yderlig rabat.

Læs mere om dette og analyse pakkerne - samt vejledning til udtagning af prøver på Danske Juletræers hjemmeside.

	Eurofins Online	Webshop
Dine fordele	<ul style="list-style-type: none"> • Du spare registreringsgebyret • Du har altid adgang til dine resultater • Du kan trække data ud i elektronisk form 	<ul style="list-style-type: none"> • Du spare registreringsgebyret
Hvad skal du gøre?	Kontakt Eurofins - så hjælper vi dig igang: Mail: agro@eurofins.dk Tlf. 76 60 44 01	Gå ind på www.danskejuletraeer.euofins.dk og bestil prøven

Eurofins Agro Testing A/S mail: agro@eurofins.dk tlf: 76 60 42 42



Figur 1. Månedlige vandbalancer og nitratudvaskning i Flakkebjerg og Ry. På grafen for nitratudvaskning i Flakkebjerg medfører afskæring af y-aksen ved 40 kg/ha pr. måned, at behandlingen uden kløver og med standard herbicid (beh. 2) i november 2014 og januar 2015 var udenfor figuren med henholdsvis 58 kg N/ha pr. måned og 64 kg N/ha pr. måned.

I Flakkebjerg havde behandlingen uden herbicider og mikrokløver (behandling 1) den klart laveste nitratudvaskning på kun 16 kg N/ha pr. år, som tilskrives det kraftige bunddække af ukrudt. Alle behandlinger med kløver (behandling 5-7) reducerede i Flakkebjerg nitratudvaskningen til under halvdelen af behandlingen med normal herbicid (behandling 2), der havde en særlig høj årlig nitratudvaskning på 115 kg/ha pr. år. I behandlingerne med mikrokløver var der ingen klar effekt af stigende gødsning fra ingen (behandling 5) til normal "Opti-dosis" (behandling 7). Der var ikke en målbar udvaskning af hverken ammonium eller organisk bundet kvælstof i Flakkebjerg.

I Ry havde behandlingen med mikrokløver og ingen gødsning (behandling 5) den laveste gennemsnitlige nitratudvaskning på kun 12 kg N/ha pr. år, og udvaskningen steg til 38 kg/ha pr. år ved normal "Opti-dosis". Normal herbicidbehandling gav den største nitratudvaskning på 52 kg N/ha pr. år, som dog var under halvdelen af samme behandling i Flakkebjerg.

Den årlige udvaskning af $\text{NH}_4\text{-N}$ i Ry var som gennemsnit af alle behandlinger på 0,8 kg N/ha pr. år, og udvaskningen af organisk bundet kvælstof var på 3,3 kg N/ha pr. år.

Generelt var de målte udvaskningsrater af kvælstof (nitrat + ammonium + organisk) i forsøget store sammenlignet med de estimerede gennemsnit for branchen på 20-25 kg N/ha pr. år.

Udvaskning af P og K var markant lavere i Flakkebjerg end Ry, hvilket må tilskrives en bedre tilbageholdelse i den sandblandede lerjord i forhold til den grovsandede jord i Ry. Som gennemsnit af alle behandlinger var P-udvaskningen i Ry på 8,3 kg/ha pr. år, og det er 317 gange højere end i Flakkebjerg på 0,026 kg/ha pr. år. Udvasningen fra jordbruget ligger generelt under 0,1 kg P/ha pr. år, så P-udvaskningen i Flakkebjerg kan således vurderes som lav, mens P-udvaskningen i Ry var unormalt høj. Årsagen til den meget høje P-udvaskning i



FORSTPLANT

Det bredeste sortiment af planter til juletræer og pyntegrønt. Naturligvis til konkurrencedygtige priser.

Forstplant ApS · Ribevej 47 · DK - 8723 Løsning · T: 2014 1869 · T: 2140 3021 · E: forstplant@forstplant.dk · www.forstplant.dk



Kløverplante med blade, der kommer fra netværket af vandretliggende jordstængler, der slår rødder. Bemærk de små knolde på rødderne. Det er her kløveren i samarbejde med bakterier kan fikserer luftens kvælstof til brugbart ammonium.

Ry kendes ikke, men den er på niveau med et tidligere forsøg (Agenda-forsøget) på præcis samme lokalitet.

Konklusion og perspektivering

Analyserne af jordbundskemien viser, at jorden i Flakkebjerg er meget nærringsrig, og det kan være hovedårsagen til, at behandlingerne ikke havde en tydelig virkning på jordbundskemien. I Ry var jorden til gengæld betydeligt mere næringsfattig, men heller ikke her havde behandlingerne en betydelig effekt på jordbundskemien. Begge lokaliteter har væsentlige variationer i jordbunden, som var med til at sløre eventuelle effekter af behandlingerne. Forsøget har kun forløbet i kort tid i forhold til jordkemiske ændringer. Det kan tænkes, at små årlige forskelle akkumuleres med tiden, så de måske ville have været betydelige, hvis forsøget havde varet i flere år. Det er især interessant i forhold til en mulig effekt af kløverens kvælstoffiksering.

Undersøgelsen af tab ved udvaskning peger på, at kløver + reduceret glyphosat giver et væsentligt mindre tab af kvælstof ved nitratudvaskning i forhold til behandlingen med normal herbicidstrategi; som på begge lokaliteter gav den største udvaskning som følge af bar jord mellem træerne. Lerjorden i Flakkebjerg havde i starten af forsøget en meget høj nitratudvaskning, som dog var faldende over tid. Det tilskrives jordbehandling i forbindelse med omplantning af juletræerne og et gradvist stigende optag fra træer og bunddækket. Behandlingen uden brug af herbicider og kløver gav i Flakkebjerg et kraftigt bunddække af ukrudt og den laveste nitratudvaskning på lokaliteten. Stigende kvælstofgødskning til kløverbehandlingerne påvirkede ikke entydigt nitratudvaskningen i Flakkebjerg, hvilket kan skyldes, at lerjorden havde et stort overskud af tilgængeligt kvælstof forsøgsperioden (de 4 første år efter plantning).

I Ry var der en tendens til, at behandlinger med fuld kvælstofgødskning gav stigende nitratudvaskning. Set over hele forsøgsperioden var kvælstofudvaskningen generelt mindre i Ry end Flakkebjerg; men hvis den faldende kvælstofudvaskning i Flakkebjerg fortsætter, vil udvaskningen sandsynligvis blive mindst i Flakkebjerg efter forsøgets afslutning.

I praksis er det forskelligt om der bruges startgødskning eller ej i planteåret, samt hvornår den egentlige "bevoksningsgødskning" påbegyndes afhængig af jordbund, klima og tradition. På god jord er det f.eks. ikke ualmindeligt at der ikke gødskes, men lukreres på jordens reserver de første 3 – 4 år efter plantningen. Det er i overensstemmelse med resultaterne i Flakkebjerg, der viser generelt høje indhold af næring i jorden og overskud af kvælstof (stor udvaskning af nitrat i starten). Det bekræftes også af artiklen om nålekemi (side 50), idet Flakkebjerg har et stigende indhold af kvælstof i nålene. For Ry peger resultaterne for nålekemi på, at der her i hvert fald er et behov for gødskning, når træerne når en højde på ca. 120 cm.

Behov for opfølgende undersøgelser

Der bør etableres nye langsigtede forsøg med den miljøvenlige kløver for at afklare behovet for kvælstofgødskning i hele omdriften, og om kløverens fiksering af kvælstof tilmed kan forsyne juletræerne med kvælstof via (aktiv) formuldning af kløveren i hele den tidlige fase af juletræsproduktionen, hvor ukrudtsundertrykkelsen af kløver er aktuel.

Ry havde en særlig høj udvaskning af fosfor, der er 100 gange højere end det normale på sandjord. Der er behov for at afklare dette forhold, navnlig set i relation til den nye kommende fosforregulering og indførelsen af fosforlofter i visse oplande. 🌱