

Maj 2002

DJF rapport

Nr. 27 • Havebrug



Peter Brønnum

Gødskning af planteskoleplanter i markkultur

Litteraturstudie over mulighederne for fastlæggelse af en hensigtsmæssig gødskningsstrategi for planteskolernes markkulturer

Gødskning af planteskoleplanter i markkultur

Litteraturstudie over mulighederne for fastlæggelse af en hensigtsmæssig gødskningsstrategi for planteskolernes markkulturer

Peter Brønnum
Afdeling for Prydplanter og Vegetabiliske Fødevarer
Forskergruppen for Planteskoleplanter og Forædling
Kirstinebjergvej 10
DK-5792 Årslev

DJF rapport Havebrug nr. 27 • maj 2002

Udgivelse:	Danmarks JordbrugsForskning Forskningscenter Foulum Postboks 50 8830 Tjele	Tlf. 89 99 19 00 Fax 89 99 19 19
------------	---	-------------------------------------

Løssalg:	t.o.m. 50 sider	50,- kr.
(incl. moms)	t.o.m. 100 sider	75,- kr.
	over 100 sider	100,- kr.

Abonnement:	Afhænger af antallet af tilsendte rapporter, men svarer til 75% af løssalgsprisen.
-------------	---

Forsidefoto:	Peter Brønnum
--------------	---------------

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning og nøgleord.....	4
Summary and keywords.....	5
Baggrund.....	6
Indledning.....	6
Målet med gødskning	6
Udvaskning af næringsstoffer.....	7
Plantekvalitet	8
• Overlevelse og vækst.....	8
• Vinterhårdførhed.....	9
Hensigtsmæssig gødskning.....	12
• Fastlæggelse af planternes næringsstofbehov.....	13
• Næringsstoffernes specifikke egenskaber i jorden	14
Metoder til fastlæggelse af gødningsbehovet	15
• Gødskningsforsøg.....	15
• Mangelsymptomer	17
• Planteanalyse (bladanalyse).....	17
• Jordbundsanalyse.....	18
• N _{min} -metoden	19
Konklusion.....	23
Anerkendelse	24
Referencer.....	25

Sammenfatning

Målet med denne rapport er, at give et overblik over nogle af de aspekter vedrørende gødskning af planteskolernes markkulturer, som for øjeblikket betragtes som de væsentligste, nemlig problemstillingerne omkring udvaskning af plantenæringsstoffer fra planteskolernes marker og omkring plante-kvalitet. Desuden er der givet en redegørelse for de problemer, der er forbundet med de forskellige metoder til fastlæggelse af en hensigtsmæssig gødskningsstrategi. Rapporten er udarbejdet efter forespørgsel fra danske planteskoler som et studie af tilgængelig dansk og udenlandsk litteratur.

I rapporten er der lagt særligt vægt på at beskrive forhold omkring gødskning med kvælstof (N), da det anses for det mest miljøbelastende plantenæringsstof i forhold til kalium (K) og fosfor (P). Uanset gødningstype (organisk / uorganisk) vil overgødskning med N medføre øget udvaskning og dermed forurening af vores grundvand. Herudover kan overoptimal tilførsel af både N, P og K i visse tilfælde betyde produktion af planter af ringere kvalitet. Flere undersøgelser viser, at planter, der er optimalt forsynet med næringsstoffer, alt andet lige er af en bedre kvalitet med hensyn til overlevelse, tilvækst og frosttolerance end planter der er under- og overoptimalt forsynede.

Et stort problem ved fastlæggelse af gødskningsniveauet, er at finde metoder, som tilstrækkeligt sikkert bestemmer jordens øjeblikkelige og fremtidige udbud af næringsstoffer, samt det næringsstofbehov der vil være hos planterne under de aktuelle vækstbetingelser den pågældende sæson. De

mest almindelige metoder, dvs. diagnose ud fra mangelsymptomer, kemisk plante- og jordbundsanalyser og de problemer der er forbundet med brugen af disse beskrives. En nyere analysemetode, N_{\min} -metoden, der kombinerer kendskabet til kulturens kvælstofbehov, med måling af den mængde mineralsk N der er til rådighed i rodzonen kan med større nøjagtighed bestemme behovet for tilførsel af kvælstof. Brug af metoden kræver dog et kendskab til, hvad der er optimal kvælstofforsyning og roddybde for hver kultur. Da de oplysninger for øjeblikket kun eksisterer i ringe omfang kræver det, med planteskolernes store antal af forskellige kulturer, omfattende dyrkningsforsøg.

Nøgleord

Planteskole, gødskning, strategi, kvælstof, udvaskning, plantekvalitet, analysemetoder, N_{\min} .

Summary

This study, based on a survey of available literature, attempts to give an overview of the consequences of the current nursery fertilisation practice on nutrient leaching and on the quality of nursery stock. Because of the relatively greater impact of nitrogen (N) on ground water quality and aquatic environments and on the growth and quality of nursery stock, as compared to the other major nutrients potassium (K) and phosphorus (P), more emphasis is put on fertilisation practice with this particular plant nutrient. The use of the various plant nutrition analysis methods is reviewed and the problems associated with the development of an appropriate fertilisation strategy are discussed.

Irrespective of fertiliser type (organic/inorganic) excess fertilisation with N will lead to nitrate leaching and contamination of the ground water. Furthermore, fertilisation levels both below and above the optimum range will, in general, lead to poorer plant quality, with respect to post-planting survival and growth as well as frost tolerance.

A major problem is to find a method that, with sufficient accuracy, will monitor both the current and future soil nutrient supply (N in particular) and the nutrient status and demand of the crop to allow the development of an appropriate fertilisation strategy. The classical analysis methods as compared to the promising results of the more recent N_{\min} -method, which combines information about the crops N-demand and available mineralised N, are discussed.

Keywords

Nursery, fertilisation, strategy, nitrogen, nutrient leaching, plant quality, analysis methods, N_{\min} .

Baggrund

Der er for tiden stor interesse blandt planteskolerne for at få undersøgt og afprøvet alternative metoder inden for en række af de kulturforanstaltninger der indgår i planteskoleproduktionen. Dette er dels påtvunget udefra gennem revurderingen og reduktionen af bekæmpelsesmidlerne, men afspejler også en almindelig interesse for en "grønnere" produktion både hos producenterne og disses kunder. Det har i første omgang især drejet sig om ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse, men også andre områder er blevet belyst f.eks. udvaskning af næringsstoffer ved produktion af containerplanter (Jacobsen m.fl. 1997) og i forlængelse heraf denne rapport om gødsning af markkulturerne.

Af en undersøgelse af produktionsformerne i planteskoler med barrodskulturer, som blev udført af Afdeling for Prydplanter og Vegetabilske Fødevarer ved Danmarks JordbrugsForskning i 1994 fremgår det, at der er en del variation i gødskningspraksis imellem planteskoler, både hvad angår gødskningsniveau, og gødskningsstrategi (antal udbringninger, tidspunkter o. lign.). Planteskolerne har derfor ønsket en forholdsvis bred udredning af den viden, der for øjeblikket findes om gødsning af markkulturerne, hvilket er baggrunden for denne rapport.

Indledning

Det er velkendt at kvælstof (N) i højere grad end de øvrige makronæringsstoffer (f.eks. fosfor (P) og kalium (K)) er udslagsgivende

for udbyttet i planteskolekulturer. De fleste af vores dyrkede jorde er generelt velforsynede med fosfor og kalium så virkningen af gødsning med disse to næringsstoffer er på kort sigt ofte lille (Groven 1968; Köster 1978, Nielsen 1996). Kvælstof er sammen med fosfor samtidig de mest miljøbelastende næringsstoffer, men da fosforudvaskningen fra jordbrug er relativ lille vil denne rapport især koncentrere sig om gødsning med kvælstof. Da der desværre kun findes ganske få danske undersøgelser af gødsning af markkulturer, baserer denne rapport sig i høj grad på udenlandske resultater; især tyske, engelske, og nordamerikanske.

Målet med gødsning

I planteskolerne er udgiften til gødsning af markkulturer af underordnet økonomisk betydning, og planternes tolerance overfor større gødningsmængder er i reglen stor. Der er derfor ikke større udgift eller risiko for plantevæksten forbundet ved overdosering af markkulturerne.

For producenten er et af de primære mål med gødsningen at opnå maksimal produktion af plantemasse pr. ha. Dermed tages der imidlertid ikke hensyn til de øgede krav, der stilles af først og fremmest myndigheder og efterhånden også forbrugere om en miljømæssig bæredygtig produktion. Målsætningen for gødsningen kan derfor omskrives og udvides til

- optimal produktion af plantemasse
- optimal plantekvalitet
- minimal miljøbelastning

Det må være rimeligt at betragte hensigtsmæssig gødskning som en balance mellem de tre nævnte forhold, og det er ikke sandsynligt at en maksimering altid kan finde sted for de enkelte punkter hver for sig, f.eks. *maksimal* produktion af plantemasse. Derfor er der i målsætningen anvendt ordet *optimal*, ud fra den betragtning, at der for hvert delmål må tages hensyn til de øvrige.

Rapporten vil derfor med udgangspunkt i betydning af den hidtidige gødskningspraksis for miljøet forsøge at give en redegørelse for hvad der er *hensigtsmæssig gødskning* af markkulturer i forhold til ovenstående målsætning.

Udvaskning af næringsstoffer

Det er vist, at udvaskning af kvælstof fra landbrugets marker øges svagt med stigende kvælstofgødskning op til det anbefalede og normalniveau for den pågældende afgrøde, at udvaskningen kan stige ganske dramatisk,

hvis den anbefalede dosering overskrides; se f.eks. Kjellerup (1995).

Tyske undersøgelser af indholdet af overskydende mineralsk N i november i 23 planteskolejorde (0-90 cm dybde) viste, at der var meget store forskelle mellem de forskellige planteskoler. Det gødskningsniveau, der lægges af planteskolerne, overstiger derfor ofte planternes faktiske næringsstofbehov (Alt m.fl. 1989). Det laveste og højeste *restindhold* af N, der blev målt i jorden efter vækstsæsonen var hhv. 18 og 253 kg N/ha. Højt N-indhold blev især målt på frøbede (i gnsn. 138 kg N/ha), mens det i conifera-kulturer var relativt lavt (i gnsn. 38 kg N/ha).

Undersøgelse af 6 af de 23 undersøgte planteskolejorde viste, at indholdet af mineralsk N var reduceret betydeligt i februar det følgende år (i gnsn. fra 169 til 29 kg N/ha). Tabet på 140 kg N/ha skyldes formentlig udvaskning (figur 1).

Figur 1. Ændringen af nitrat indholdet i 6 planteskolejorde i dybden 0 - 90 cm i løbet af vinteren 1987-88. Prøverne er udtaget i hhv. november 1987 og februar 1988. Efter Alt m.fl. (1989). *Changes in the nitrate content in six German nursery soils (depth 0-90 cm) during the winter 1987-88. Sampling was done in November 1987 and February 1988. Modified from Alt et al. (1989).*

Det skal med det samme nævnes, at det meget høje niveau af N de tyske jorde skyldes, at der udbringes store mængder af staldgødning. Tilsyneladende bidrager staldgødning med op til 60-70% af det samlede N-bidrag. Ved udbringning af normalt anbefalet mængde kvæggylle eller handelsgødning (kalkammonsalpeter) med samme indhold af plantetilgængeligt N, er der vist større udvaskning af N fra kvæggylle end fra handelsgødning (Kjellerup 1995). Det skyldes, at organisk bundet N i gyllen frigives på tidspunkter, hvor planterne ikke har mulighed for at optage det.

Der findes ingen tilsvarende tal for N-indholdet i danske planteskolejorde, men af den omtalte undersøgelse af produktionsforholdene under danske forhold fremgår det, at det gødskningsniveau, der findes her tilsyneladende ikke er nær så højt, som det der rapporteres fra Tyskland. Tilbage står dog stadig spørgsmålet, hvilket niveau der er det rigtige og hvordan man fastlægger en hensigtsmæssig gødskningspraksis i forhold til udbytte, plantekvalitet og miljø.

Plantekvalitet

Som et andet mål med gødskning blev sat produktionen af planter af optimal kvalitet. Kvalitetsbegrebet er for planteskoleplanter stadig genstand for en del diskussion (Puttonen 1989, Mattsson 1997) og selv om kvalitet kan beskrives med en lang række af parametre vil vi i denne sammenhæng koncentrere os om forhold omkring *overlevelse* og *tilvækst* samt *vinterhårdførhed*. I det følgende præsenteres eksempler på nogle

af de undersøgelser, der har været foretaget.

Overlevelse og vækst

Det er kendt, at der er i et vist omfang er en positiv sammenhæng mellem rod : top forholdet ved plantning og plantens overlevelse og vækst, således at der kan forventes bedre overlevelse af planter med et større rod : top forhold. Denne effekt aftager dog noget med plantestørrelsen (Hermann 1964; Lopushinsky og Bebe 1973; Carlson og Preisig 1981). Det er også vist, at især N-gødsning øger toppens vækst på bekostning af rodens (Brouwer 1962; Graca og Hamilton 1981; Niemiera og Wright 1982). Alt andet lige vil for kraftig N-gødsning derfor ændre rod : top forholdet i negativ retning. Det kan f.eks. være af betydning for overlevelse ved plantning på lokaliteter med dårlig vandforsyning.

Velgødede planter har højere N-indhold. Et højere indhold af N-reserver ved slutningen af vækstsæsonen har i en række tilfælde vist sig at have betydning for det følgende års vækst. Meyer og Tukey (1965) fandt at *Taxus media* 'Hicksii' med et højt N-indhold i skuddene (2,37%) havde dobbelt så stor tilvækst som planter med et N-indhold på 1,54%, mens man hos *Forsythia x intermedia* 'Spring Glory' fandt en øget tilvækst på 22% ved forøgelse af skuddenes N-indhold fra 0,79 til 0,92%. Tilsvarende resultater er fundet for *Syringa vulgaris* (Meyer og Splittstoesser 1969).

Betydningen af oplagrede næringsstofreserver for etablering af skovplanter efter udplantning er belyst i flere undersøgelser

(kun nåletræer). Ved gødskning sent på året, hvor skudvækst er ophørt, kan planterne optage næringsstoffer uden det medfører en yderligere vækstforøgelse (luxus-optagelse).

I *Picea sitchensis* og *Pseudotsuga menziesii* fandt van den Driessche (1984a), at et stigende N-indhold i nålene gav stigende overlevelse efter udplantning i skoven. Gødskning sent på sæsonen (frem til oktober) gav et højere N-indhold i *P. menziesii* og bevirkede en forøgelse af antallet af nye rødder og den relative vækst rate, samt tidligere knopbrydning (van den Driessche 1985).

I en større skotsk undersøgelse (Benzian m.fl. 1974), hvori der indgik 5 nåletræarter *P. sitchensis*, *Picea abies*, *Tsuga heterophylla*, *Abies grandis*, og *Pinus contorta*, blev der i planteskolen gødsket med forskellige niveauer af N og K i begyndelsen af september efter endeknopdannelse. Gødskningen havde ingen effekt på plantevæksten resten af året, men alle 5 arter fik et øget indhold af N, dog ikke af K. Målinger efter udplantning på en række forskellige skovdistrikter viste at øget N indhold også her fremskyndede knopbrydningen den første vækstsæson, især hos *P. sitchensis*, *P. abies*, *T. heterophylla* og delvist hos *P. contorta*. Hos *A. grandis* forsinkede et højt N-indhold knopbrydningen. Der var en tendens til øget højde- og diametervækst hos *P. sitchensis*, men denne effekt aftog efter det 4. år. Overlevelsen var generelt høj og var ikke negativt påvirket af N-gødskning, undtagen hos *A. grandis*. Mullin og Bowdery (1977) fandt ikke bedre overlevelse eller højdetilvækst ved normalt eller dobbelt gødskningsniveau i forhold til ugødede

planter af *Pinus strobus* og *Pinus resinosa*, mens der tilsyneladende var en positiv effekt af gødskning på højdetilvæksten i *Picea glauca*.

Udnyttelsen af de oplagrede mineralske næringsstofreserver er tilsyneladende ganske stor. Det er bemærkelsesværdigt, at selv efter en omplantning til en jord der er velforsynet med næringsstoffer, så stammer de næringsstoffer der indgår ved knopbrydning og ny skudvækst fortrinsvis fra de oplagerede reserver. En undersøgelse af van den Driessche (1985) viste, at der hos *P. menziesii*, i de første 8 uger efter knopbrydning ikke var nogen optagelse af N, P og K fra jorden, men at de mineralske næringsstoffer til ny skudvækst blev importeret fra de oplagrede reserver. De vigtigste N-reserver var i nålene, mens P og K fortrinsvis blev importeret fra de ældre rødder. Konklusionen var i dette tilfælde, at medmindre de nyplantede planter forøger tørvægten med mere end 50 %, er gødskning uden virkning på den umiddelbare vækst pga. de oplagrede reserver. Noget tilsvarende er vist for *P. sitchensis* og *Acer pseudoplatanus*, hvor ny vækst under forårets første skudstrækning (6 uger) tilsyneladende var uafhængig af udbudet af N i jorden (Millard og Proe 1991 og 1992; Proe og Millard 1995).

Vinterhårdførhed

Der eksisterer en generel formodning om, at et højt næringsstofniveau kan forsinke udviklingen af vinterhårdførhed og dermed øge risikoen for skader f.eks. i forbindelse med efterårsfrost. Derfor frarådes det ofte at gøde, især med N, i den senere del af

vækstsæsonen. Ligeledes findes der en antagelse om at gødskning med K skulle have en særlig gunstig virkning på vinterhårdførheden. En gennemgang af de undersøgelser, der er lavet på dette område, viser dog, at disse formodninger ikke har universel gyldighed, eftersom de resultater, der foreligger, ikke viser en klar og sikker tendens og i visse tilfælde ligefrem er modstridende.

En række tidlige forsøg og praktiske erfaringer indenfor frugtavl viste, at der tilsyneladende kunne observeres såvel positive som negative eller ingen virkninger af sen gødskning (McMunn og Dorsey 1935; Edgerton og Harris 1950; Edgerton 1957; Proebsting 1961).

I den skotske undersøgelse med efterårsgødskning af fem nåletræarter, der er refereret til tidligere (Benzian m.fl. 1974) fandt man på to særligt udsatte lokaliteter en del frostskafer på alle 5 arter. Af disse var det kun hos planter af den følsomme sitka proveniens Washington, at årsagen til skaderne med sikkerhed kunne henføres til et højere N-niveau i efterårsgødsningen. Der var ikke nogen effekt af K-gødskning på frostskafer hos *P. sitchensis*. Som tidligere nævnt fremskyndede N-gødskning knopbrydning hos *P. sitchensis* det følgende forår, men det fremgår ikke klart, hvorvidt det var årsag til frostskaferne.

Pellett og White (1969) undersøgte betydningen på frosthårdførheden hos *Juniperus chinensis* cv. 'Hetzii' ved gødskning med flere niveauer af N sent i vækstsæsonen. Efterårsgødskning øgede indholdet af N i skud og rødder. Øget N-indhold var korre-

leret med et højere vandindhold i skuddene, men havde ingen (negativ) virkning på frosthårdførheden.

Højere niveauer af N reducerede frosthårdførheden i slutningen af oktober hos *Viburnum plicatum*, men ikke *Viburnum dentatum* (Robinson og Hamilton 1980). Der var dog kun en negativ virkning i den kritiske periode under udviklingen af vinterhård-førhed i oktober og ikke ved senere test i slutningen af november og i begyndelsen af april det følgende år. Resultaterne fra dette forsøg tyder på, at artsforskelle også kan spille en rolle for effekten af gødskning på frosthårdførheden. I et dyrkningsforsøg undersøgte Kelley (1972) betydning af N-gødskning på vækst og overlevelse af *Pyracantha coccinea*. Der var en meget klar og direkte positiv sammenhæng mellem indholdet af N i de yngste blade og skudvækst, samt en næsten ligeså klar sammenhæng mellem bladenes N-indhold og vinterskafer.

F. x intermedia 'Lynwood' dyrket ved 4 forskellige N-niveauer viste ingen forskel i frosthårdførhed som følge af gødskning efter nedfrysning i november til -24°C og kun svage forskelle ved lavere temperaturer ($-26,0^{\circ}\text{C}$, $-27,4^{\circ}\text{C}$ og $-29,2^{\circ}\text{C}$) (Pellett 1973). Da de valgte testtemperaturniveauer ligger ca. 17° under de temperaturer, der kan forventes i det område på det pågældende tidspunkt (ud fra meteorologiske data blev det beregnet, at sandsynligheden for temperaturer på -9°C eller lavere var 10%) har gødningsniveauet næppe nogen praktisk betydning for frosthårdførheden.

Skader efter tidlig efterårsfrost var større i

planter af *P. sitchensis* med et højt P-indhold. Planterne med det høje P-indhold havde stadig aktiv skudvækst, mens planter med lavt indhold havde afsluttet væksten (Malcolm og Freezallah 1975). I *Cornus sericea* var der ingen virkning af P-indholdet på frosthårdførhed (Pellet 1973). Lavere indhold af P i *Salix purpurea* medførte tidligere udvikling af vegetativ modenhed og dermed tidligere udvikling af frosthårdførhed (Fuchigami og Weiser 1981).

Med hensyn til virkning af K på frosthårdførhed er der også her fundet forskellige og modstridende resultater. Aldhous (1972) angiver positiv virkning af K på hårdføreheden hos *Picea* og *Pinus*. Det samme gør Benzian (1966) for *P. sitchensis* og *T. heterophylla*. Christersson (1975) undersøgte virkningen af indholdet af K og calcium (Ca) på udviklingen af frosthårdførhed i *Pinus sylvestris*, men fandt ingen virkning af nogen af de to næringsstoffer. Kelley (1972) fandt ingen virkning på frosthårdføreheden af K-indhold i skuddene hos *P. coccinea*. Beattie og Flint (1973) dyrkede *F. x intermedia* ved 4 niveauer af K-gødskning (et underoptimalt, 2 optimale og et overoptimalt) og opnåede derved stigende indhold af K i skuddene. Maksimal skudvækst blev opnået ved det laveste af de to niveauer indenfor optimalområdet. Frysetest af planterne i december og januar viste, at det overoptimale K-indhold medførte signifikant dårligere frosthårdførhed hos skuddene i forhold til de 3 lavere niveauer. Der var ikke forskel mellem det underoptimale og de to optimale niveauer. Timmis (1974) fandt at balancen mellem koncentrationen af K og N i planten tilsyneladende har betydning for vinterhårdføreheden. Ved et K : N

forhold på 0,6 i *P. menziesii* var planterne mere frosthårdføre end ved et forhold på 1,3.

Udviklingen af vinterhårdførhed falder i to stadier: Det første, der er induceret af en natperiode af en vis kritisk længde, hvorved der opnås øget, men ikke maksimal frosthårdførhed. Den endelige maksimale hårdførhed opnås efter en yderligere periode med lave temperaturer. Der er en tæt sammenhæng mellem starten på det første stadie og plantens udvikling af vegetativ modenhed, defineret som en tilstand, hvor en manuel afløvning ikke længere medfører brydning af sideknopper eller skuddød den følgende vækstsæson (Nissilla og Fuchigami 1978).

Udviklingen af vinterhårdførhed er med andre ord i høj grad knyttet til kritisk daglængde og temperatur, der dog kan være temmelig varierende fra art til art. Men tilsyneladende kan udviklingen af vegetativ modenhed og frosthårdførhed også påvirkes af andre faktorer, f.eks. reduceret forsyning med vand og næringsstoffer. Det er velkendt at rodskæring sidst på vækstsæsonen, som er en almindelig procedure i mange af de løvfældende kulturer, kan fremme skudafslutning og endeknopdannelse (Shepperd 1986). Ingen eller lav næringsstofforsyning, især med N, P og svovl (S) i denne periode var medvirkende til en tidligere afslutning af skudvækst og øget vegetativ modenhed hos en art med relativ sen skudafslutning *S. purpurea* (Fuchigami og Weiser 1981).

En gennemgang af litteraturen viser forskellige og til tider modstridende resultater, der efter alt at dømme skyldes forskelle i forsøgsbetingelser, f.eks. ved valg af gødskningsniveauer, artsforskelle eller andre om-

stændigheder. På trods af dette synes det alligevel muligt at drage nogle generelle konklusioner med hensyn til forholdet mellem gødsning og plantekvalitet: Gødsning med kvælstof fremmer skudvækst på bekostning af rodvæksten, hvad der medfører et lavere rod : top forhold. Dette anses normalt for at være en kvalitetsforringelse, især ved plantning under forhold med ringe vandforsyning. Det er også vist, at planter med højt N-indhold om efteråret ofte har kraftigere skudvækst og til tider bedre overlevelse end de med et lavere indhold. En række undersøgelser (ikke alle refereret her) viser en positiv virkning af N-gødsning i planteskolen på tilvæksten i op til flere år efter udplantning f.eks. i skoven. Højt N-indhold medfører dog i de fleste tilfælde tidlig knopbrydning, hvilket kan være en væsentlig ulempe ved optagning og håndtering om foråret, og som kan medføre frostskafer i forårsmånederne.

Den væsentligste indflydelse af planternes ernæringstilstand på vinterhårdførheden sker derfor gennem påvirkning af væksten i den afsluttende del af vækstsæsonen, hvor planten overgår til vinterhviletstanden og udvikler frosthårdførhed (akklimatisering). Er planten først i hvile, er næringsstofniveauet tilsyneladende uden større betydning. Det er værd at bemærke, at der kan være tilfælde, hvor det kan være af interesse at hæve planternes næringsstofindhold sent på sæsonen, f.eks. for at få bedre nålefarve.

Under efterårsakklimatiseringen kan der derfor forventes frostskafer, der skyldes næringsstofniveauet i de tilfælde, hvor følgende forhold gælder samtidigt:

- næringsstofniveauet overstyrer daglængdereguleringen af væksten
- temperaturen er så høj at den nødvendige akkumulering af kulhydrater ikke finder sted
- der kommer meget tidlig frost (før daglængdeinduceret akklimatisering).

I langt de fleste tilfælde vil planter, der er gødsket indenfor det område, der betinger optimal vækst og med et velafbalanceret indhold af de forskellige næringsstoffer være ligeså frosthårdføre eller endda mere end de der er underoptimalt gødsket. Ved et overoptimalt gødskningsniveau kan der i mange tilfælde forventes skader.

Hensigtsmæssig gødsning

Hensigtsmæssig gødsning kan forstås som tilførsel af handels- eller naturgødning i mængder der betinger en optimal produktion og kvalitet af den pågældende kultur under hensyntagen til det omgivende miljø, jfr. den opstillede målsætning og de foregående afsnit. Det er derfor nærliggende og naturligt i denne sammenhæng at definere hensigtsmæssig gødsning som behovstilpasset gødsning, i den forstand, at der ikke tilføres en kultur en større mængde planteneringsstoffer end den har behov for. For en mere præcis forståelse af begrebet "behov" kan det derfor være formålstjenligt her at beskrive lidt af den teoretiske baggrund for gødsning.

Fastlæggelse af planternes næringsstofbehov

Der eksisterer en grundlæggende sammenhæng (figur 2) mellem koncentrationen af et givet plantenæringsstof ved rodens overflade og udbyttet af plantemasse, som gælder for de fleste af vores land- og havebrugskulturer.

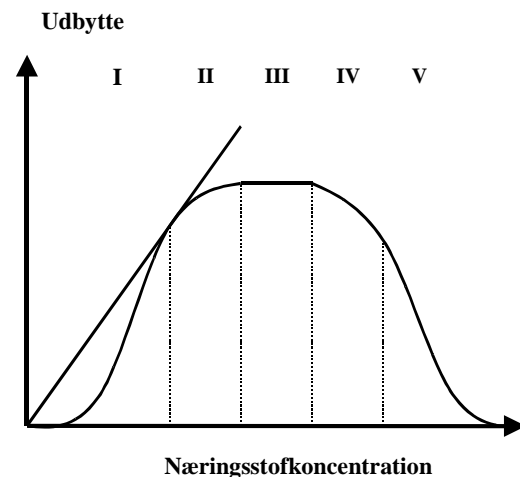
Ved stigende koncentration af et givet næringsstof stiger udbyttet og når et optimal område, hvor øget koncentration ikke længere medfører udbyttestigning (område III).

Ved en koncentration lavere end optimal området (I og II) befinder planten sig i en mangelsituation. I den første del af dette område (område I) kommer mangelen til udtryk gennem nedsat vækst og mangelsymptomer på f.eks. bladene (synlig mangel). I området nærmest optimalområdet befinder planten sig stadig i en mangelsituation (område II) med nedsat væksthastighed, men uden synlige symptomer (skjult mangel).

I koncentrationsområderne IV og V ses en begyndende udbyttereduktion, i første omgang som følge af mangel på andre af de nødvendige næringsstoffer (område IV). Det skyldes, at optagelsen af det næringsstof der overdoseres hindrer optagelsen af næringsstoffer der benytter samme optagelsesmekanisme. Et velkendt eksempel er Ca- og magnesium (Mg) mangel ved kraftig gødskning med K. Ved meget høje koncentrationer (område V) skyldes udbyttenedgangen at det pågældende plantenæringsstof virker giftigt over for planterne.

En ret linie gennem nulpunktet vil røre grafen netop ved den koncentration, hvor der

er den største produktion af plantemasse i forhold til koncentrationen af et givet plantenæringsstof (figur 2). Det område, der afgrænses af dette punkt og begyndelsen af optimumsområdet er det teoretisk optimale koncentrationsinterval for erhvervsmæssig planteproduktion (Nielsen 1988).



Figur 2. Udbytte af plantemasse ved stigende koncentration af et plantenæringsstof ved rodooverfladen. En ret linie gennem nulpunktet rører grafen ved den koncentration, hvor der er den største planteproduktion i forhold til næringsstoffkoncentrationen.

Koncentrationsområderne I - V er beskrevet i teksten.

Yield of plant mass by increasing nutrient concentration at the root surface. The straight line through origo touches the graph at the nutrient concentration where plant production relative to nutrient concentration is maximal.

In the concentration interval I, growth is retarded and the plants have visible symptoms of nutrient deficiency. In interval II, deficiency symptoms are no longer visible, but growth is still affected. Interval III designates the optimum area, where plant production is unaffected by increases in nutrient concentration. In the intervals IV and V yield is reduced, either due to antagonistic effects on other soil nutrients (IV) or toxic effects (V).

Den samme direkte sammenhæng mellem *koncentrationen* af et givet plantenæringsstof ved rodens overflade (= koncentrationen i jordvædsken) og udbyttet, eksisterer ikke nødvendigvis mellem mængden af *tilført gødning* og udbytte, idet der findes en række faktorer, der kan reducere næringsstoffernes tilgængelighed for planterne og dermed

virksomheden af tilført gødning:

- kemiske reaktioner mellem forskellige stoffer i gødningen
- binding af næringsstoffer til jordens partikler
- tab ved udvaskning
- tab ved fordampning
- gødningens kemiske effekter på f.eks. pH, ledningstallet, toksiske forbindelser.

Hvis virkningen af hver af disse faktorer kan reduceres til nul, betyder det, at der kun skal tilføres ligeså meget plantenæringsstof som der fjernes med planterne ved optagning. Dette er en idealsituation, for i praksis kan ingen af de nævnte faktorer sættes til nul og derfor vil fortsat optimering af planteproduktionen kræve tilførsel af plantenæringsstoffer i mængder, der overstiger hvad der føres bort med planterne.

Næringsstoffernes specifikke egenskaber i jorden

Derfor er der også en række specifikke egenskaber ved stofferne, der må tages hensyn til ved fastlæggelsen af en hensigtsmæssig gødningsstrategi. For eksempel gælder det for N-forbindelserne nitrat og ammonium, at nitrat-ionen er relativ mobil, fordi den ikke bindes til jordpartiklernes overflade og derfor også er lettilgængelig for planterne. Samme egenskab gør dog også, at nitrat let udvaskes i perioder med meget nedbør, især på sandede jorde. Under iltfattige forhold kan nitrat desuden omdannes til frit N_2 eller N_2O , som begge er gasser, der fordampes ud af jorden. Ammonium-ionen bindes til jordens ler-partikler, hovedsagelig

på ombyttelig form, der kan frigives til jordvædsken og optages af rødderne. Ammonium kan omdannes til nitrat og udvaskes, eller til ammoniak og forsvinde ved fordampning (Brady 1984).

For fosfors vedkommende gælder at fosfat-ionen, som er den plantetilgængelige form, ved især lavere pH-værdier bindes i meget svært opløselige jern- og aluminiums forbindelser og ved højere pH-værdier til svært opløselige K forbindelser (Brady 1984). Optimal tilgængelighed for fosfat ligger mellem pH 6 og 7. Plantetilgængeligheden af fosfat afhænger af samme grund også i høj grad af, hvilken form for gødningsmiddel det udbringes på, idet opløseligheden (og plantetilgængeligheden) kan påvirkes af de andre stoffer i gødningen. Eksempelvis er opløseligheden og plantetilgængeligheden af fosfat meget stor i (de relativt dyre) mono- og diammoniumfosfat i forhold til super- og triplefosfat (Bjerggård og Hansen 1983). Desuden har jordens indhold af organisk materiale betydning for tilgængeligheden af P. Organisk materiale er en væsentlig kilde for plantetilgængeligt P, og den øgede mikrobielle aktivitet, der findes i jorde med højere indhold af organisk materiale er stærkt medvirkende til at øge tilgængeligheden af hårdt bundet P (Helal og Dressler 1989).

Kalium, hvis salte generelt er letopløselige, bindes ligesom ammonium til jordens lerpartikler på ombyttelig form. På lerjordene kan der derfor opbygges en betydelig reserve af K, mens der er en væsentlig risiko for udvaskning på de sandede jorde med et lavt indhold af ler (Bolton og Coulter 1966).

Den gødningsmængde der kræves for at holde planterne optimalt forsynet med næringsstoffer kan derfor ofte være relativ stor pga. dårlig udnyttelse af den tilført gødning. I følge nordamerikanske opgivelser bortføres ved planteoptagning (nåletræer) pr. hektar mellem 50-200 kg N, 4-35 kg P og 25-105 kg K (van den Driessche 1984b), men en undersøgelse har vist at den faktiske udnyttelse af den tilførte gødning i *P. sitchensis* (1/0) kun er ca. 13-16 % af N, 2-4% af P og 10-22% af K (Benzian og Freeman 1973). På en sandet jord med lavt indhold af organisk materiale var der et tab på 70% af tilført K pga. udvaskning og kun 22% af tilført P var efterfølgende at finde enten i plantemassen eller i de øverste 25 cm jord (Bolton og Coulter 1966). Selv-om det er sandsynligt, at udnyttelsesgraden hos ældre kulturer er højere, vil den næppe overstige 50% (van den Driessche 1984, Witt 1984).

Metoder til fastlæggelse af gødningsbehovet

Ved planlægningen af en hensigtsmæssig gødskningstrategi for en given kultur er der derfor en række faktorer at tage hensyn til. Først og fremmest er det naturligvis vigtigt, at have et mål for det næringsstofbehov, der er nødvendigt for at opnå planter med tilstrækkelig størrelse og kvalitet, men som det fremgår herover er det også vigtigt at inddrage de lokale jordbundsforhold, klima osv. i planlægningen. Hidtil er mange planteskolekulturer ofte blevet gødet på grundlag af almene anbefalinger eller mere eller mindre præcise erfaringer fra den enkelte

planteskole. Det første er særligt uheldigt, da behovet hos de enkelte kulturer kan være ret forskelligt, mens der i de tilfælde, hvor der gødskes efter erfaring trods alt er et vist mål af observationer og tilpasning til lokale forhold indlagt. En af grundene til at det forholder sig sådan, kan være, at der er lavet forholdsvis få gødskningsforsøg med planteskolekulturer. Eftersom N er det plantenæringsstof, der giver den største vækst respons er der i mange af forsøgene især lagt vægt på at undersøge virkningen af tilført N. Men N er også det plantenæringsstof, som det er vigtigst at dosere korrekt, fordi optimalområdet er forholdsvis smalt i forhold til f.eks. P og K (Scharpf 1977) og fordi N pga. sin høje mobilitet i jorden giver de største miljøproblemer. Derfor er der i det følgende især lagt vægt på at beskrive metoder til vurdering af N-behovet.

Gødskningsforsøg

En kulturs næringsstofbehov kan bestemmes i dyrkningsforsøg (dosisrespons forsøg), hvor stigende tilførsel af gødning medfører stigende udbytte op til et maksimum karakteristisk for den givne kultur. Denne type forsøg er grundlæggende for fastlæggelsen af gødningsbehovet, f.eks. i forbindelse med jordbundsanalyser.

Der er lavet forholdsvis få danske forsøg med gødskning af planteskolekulturer. Groven (1968) udførte over en årrække udbytteforsøg med N-gødskning, sammenlignende forsøg med organisk og uorganisk gødning og forsøg med vekslende udbringningstidspunkter. Udbytteforsøgene med stigende mængder og kombinationer af

udbringning af kalksalpeter til tre 2/0 nåletræskulturer *P. abies*, *P. sitchensis* og *P. sylvestris*, viste at maksimal plantevækst (målt som friskvægt) blev opnået ved tilførsel på ca. 100 kg N/ha. Forsøgene viste også, at stigende N-gødsning skubbede fordelingen af højdesorteringer klasser mod større planter især hos *P. sitchensis*. Samme positive forskydning fandt Schmalscheidt (1966) for *Picea omorika* og *Chamaecyparis lawsoniana*.

En del nyere tyske undersøgelser tyder på, at næringsstofbehovet hos vedagtige planter er relativt lavt. Brumm og Schenk (1992) undersøgte N-behovet hos fireårige *P. sylvestris* og fandt at tilførsel af 30 kg N/ha sammen med mineralisering af organisk N dækkede planternes behov for maksimal skudvækst. Planternes N-optagelse blev målt til 25 kg/ha det første år og 55 kg/ha i anden vækstsæson.

Kohstall m.fl. (1988) undersøgte effekten af stigende N-gødsning af *Cotoneaster bullatus* og *F. x intermedia*. I den første vækstsæson blev der for *C. bullatus* målt maksimalt udbytte (friskvægt) ved gødnings-tilførsel svarende til ca. 25 kg N/ha (figur 3). Da jorden ved vækstsæsonens start indeholdt 23 kg mineralsk N pr. ha (= N_{\min} ; se afsnit N_{\min} -metoden), kunne det totale N-behov for *C. bullatus* det første år sættes til ca. 50 kg N/ha. I anden vækstsæson steg udbyttet af både *C. bullatus* og *F. x intermedia* med stigende N tilførsel op til 100 kg N/ha. Udbyttet ved tilførsel af 100 kg N/ha var dog ikke statistisk forskelligt fra udbyttet ved 50 kg N/ha. Lægges hertil N_{\min} -bidraget ved vækstsæsonens start (30-50 kg N/ha), havde den 2-årige kultur et totalt N-behov på 130-150 kg N/ha (eller 80-100 kg/ha hvis man antager at tilførsel af 50 kg N/ha er tilstrækkeligt). Stigende N-gødsning den 1. vækstsæson havde ingen indflydelse på

Figur 3. Udbytte (friskvægt uden blade) af *Cotoneaster bullatus* ved stigende tilførsel af kvælstof i første (1984) og anden (1985) vækstsæson. De lodrette linier angiver den mindste signifikante forskel mellem udbytter (LSD 95%). Efter Alt m.fl. (1989).
Yield (fresh weight without foliage) of Cotoneaster bullatus plants as a function of increasing nitrogen applications in the first (1984) and second (1985) growing season. Vertical bars indicate the least significant differences (LSD 95%) between yields. Modified from Alt et al. (1989).

antallet eller længden af korte og lange skud. I 2. vækstsæson medførte tilførsel af 200 kg N/ha flere kortskud (sidegrene) og længere langskud.

Forløbet af dyrkningsforsøg, som figur 3 er et eksempel på, minder i princippet om det, der er skitseret i figur 2 og kan i praksis læses på samme måde. Det optimale gødningsniveau bestemmes derfor til at ligge lige under det, der svarer til optimalområdet i figur 2 (område III).

Gødningsforsøgene giver principielt de mest nøjagtige forudsigelser om en kulturs gødningsbehov, fordi der i resultatet er inkluderet virkningen af alle de vækstfaktorer, der øver indflydelse på forholdet mellem jordens udbud af næringsstoffer og udbyttet. Det er dog et væsentlig problem ved fastlæggelse af næringsstofbehov ud fra dyrkningsforsøg, at forsøgsomstændighederne og den enkelte planteskoles lokale forhold ofte er forskellige. Særlig stor betydning har årsvariationerne i klimaet, hvilket vanskeliggør bestemmelsen af gødningsplanlægningen direkte ud fra forsøgsresultaterne. Derfor kræver en præcis fastlæggelse af de forskellige kulturers næringsstofbehov adskillige års forsøg for at opnå pålidelige gennemsnitsværdier. Med det meget store antal forskellige kulturer, der dyrkes i planteskoerne bliver dette naturligvis temmeligt kostbart og tidskrævende.

Mangelsymptomer

En anden og på sin vis mere direkte metode til at vurdere næringsstofbehovet er ud fra mangelsymptomer. Der eksisterer adskillige

oversigter over karakteristiske symptomer på mangel af de essentielle plantenæringsstoffer, som ikke skal gengives her (se f.eks. Aldhous og Mason 1994). Det er dog klart at denne metode af mange årsager ikke er ideel til vurdering af gødskningsbehov. Ofte vil mangelsymptomer vise sig så sent, at der allerede er sket en nedgang i væksthastighed og dermed nedgang i potentielt udbytte (se figur 2). Derudover er selve tolkningen ofte vanskelig, bl.a. fordi visse symptomer kan forveksles med sygdomssymptomer eller andre mangelsymptomer. Endelig giver mangelsymptomer ikke nogen viden om den mængde gødning, der er nødvendig for optimal vækst. Mangelsymptomer er et faresignal, man naturligvis bør være opmærksom på, men ikke et redskab i gødningsplanlægningen. Ved tolkning af mangelsymptomer kan det være særdeles nyttigt, at få foretaget en planteanalyse.

Planteanalyse (bladanalyse)

Ligesom der eksisterer en sammenhæng mellem udbyttet og koncentrationen af et givet plantenæringsstof *i jorden* (figur 2) findes en tilsvarende sammenhæng mellem udbytte og koncentration af et plantenæringsstof *i planten*. Der er dog ikke altid overensstemmelse mellem resultaterne af planteanalysen og jordbundsanalysen. Det skyldes at måleværdierne fra en planteanalyse inkluderer virkningen af de vækstfaktorer, der måtte have indflydelse på næringsstofoptagelsen (klima, jordbundsforhold, sygdomme). På den måde giver planteanalysen i forhold til jordbundsanalysen for så vidt et mere nøjagtigt billede af ernærings-situationen, og derfor er planteanalysen vel-

egnet til diagnosticering af mangelsymptomer i de tilfælde hvor jordbundsanalysen synes at være i orden.

En væsentlig forudsætning for brug af planteanalyser er dog kendskab til de koncentrations områder, der betinger optimal vækst. Der foreligger faktisk en del forsøgsresultater med angivelse af optimalområder, selvom det langt fra er alle kulturer der er repræsenteret.

Der er imidlertid også en række usikkerhedsfaktorer forbundet med tolkning af planteanalysen som man bør være opmærksom på. Indholdet af de forskellige næringsstoffer i bladene afhænger i høj grad af næringsstoffernes bevægelighed i planten og derfor får bladalderen stor betydning for analyseresultatet. Det har vist sig at de bedste resultater opnås hvis der analyseres på netop udvoksede blade (van den Driessche 1974).

I løbet af vækstsæsonen kan der selv inden for korte tidsrum være store udsving i næringsstoffekonzentrationen og derfor har tidspunktet for prøveudtagningen stor betydning. Undersøgelser har vist, at for løvfældende arters vedkommende findes den mest stabile periode i sensommeren (august) og for nåletræernes vedkommende fra slutningen af september til december (Wehrmann 1963). Det sidste gør metoden mindre egnet til bestemmelse af gødningsbehovet for plante-skolekulturer, hvor oplysninger om behovet må foreligge før og under vækstsæsonen.

Jordbundsanalyse

Den mest udbredte metode til bestemmelse af gødskningsbehovet er jordbundsanalysen. Analysen laves først og fremmest for at sikre at jordens frugtbarhed er på et passende niveau ved vækstsæsonens start. Normalt indeholder analysen oplysninger om jordens reaktionstal (Rt) og om indholdet af fosfor (Ft, Pt), kalium (Kt) og magnesium (Mgt), der danner basis for bestemmelse af kalkningsbehov og grundgødsning. Behovet for tilførsel af de enkelte plantenæringsstoffer vurderes på baggrund af normtal, baseret på dyrkningsforsøg og erfaring. Tabel 1 giver eksempler på normtal for de makronæringsstoffer der indgår i standardanalysen. For at opretholde et tilstrækkeligt frugtbarhedsniveau anbefales normalt at få foretaget analysen hvert 2. år.

Når jordens næringsstoffindhold efter grundgødsningen er bragt på et passende niveau, bør det vurderes hvilket behov der er for supplerende gødsning gennem vækstsæsonen således, at planterne hele tiden er optimalt forsynet. Her drejer det sig først og fremmest om forsyningen med N og på lette jorde også forsyning med K og Mg.

Ved jordbundanalyser bestemmes N normalt ikke. Det skyldes at indholdet af plante-tilgængeligt (mineralsk) N i jorden ofte er lavt ved vækstsæsonens start og at det N der frigives i løbet af vækstsæsonen som følge af nedbrydning af planterester, N-fixering fra bakterier etc. er uhyre mobilt og hurtigt optages af planterne eller udvaskes efter nedbør. Der er derfor stor usikkerhed omkring prognoseværdien af kvælstofmålinger og man har derfor hidtil måttet ty til anbe-

Tabel 1. Normtal for jordbundsanalyser i planteskole-jorde. Efter Sønderhousen m.fl (1982) og Nielsen (1988). Levels (i.e. low, optimal and high) of soil analysis values for phosphorus (Ft or Pt), potassium (Kt) and magnesium (Mgt) for Danish nursery soils. Modified from Sønderhousen et al. (1982) and Nielsen (1988).

Benævnelse	Fosforsyretal (Ft)	Fosfortal (Pt) ¹	Kaliumtal (Kt)	Magnesiumtal (Mgt)
Lavt niveau	1 - 10	10 - 20	20-60	75
Optimalt niveau	<2	4-5	>6	25
Højt niveau	1-15	15-25	25-50	25
1 enhed = kg/ha	1-10	10-16	16-50	25

falede generelle størrelser for N-tilførsel baseret på erfaring fra dyrkningsforsøg og praksis, som f.eks. vist i tabel 2.

N_{min}-metoden

Det er klart, at sådanne anbefalinger er relativt upræcise i forhold til det faktiske behov, og derfor er der specielt i Tyskland i de seneste tyve år arbejdet en del med at udvikle en metode, der mere nøjagtigt fastlægger behovet for N-gødskning af en given kultur. Med metoden, der kaldes N_{min}, bestemmes jordens indhold af mineralsk N og den kan principielt anvendes indenfor alle landbrugs- og frilandshavebrugskulturer. N_{min}-metoden er oprindeligt udviklet til bestemmelse af N-behovet i vinterhvede (Scharpf 1977) og har siden fundet anvendelse i andre landbrugsafgrøder og grøntsagskulturer (Landbrugets

Rådgivningscenter / Landkontoret for Planteavl 1995; Sørensen 1988).

Metoden har udgangspunkt i den betragtning, at N-behovet hos en given kultur dækkes af 2 hovedkilder:

- 1) Jordens egen N-pulje, der stammer fra gødskning og planterester fra en tidligere kultur.
- 2) N tilført som gødning.

Jordens N-pulje kan opdeles i:

- Plantetilgængeligt *mineraliseret* N (N_{min}) på nitrat- og ammoniumform.
- Utilgængeligt N bundet i *organiske* forbindelser (planterester, humus).

Det N-behov hos en given plantebestand, der betinger maksimalt udbytte benævnes i denne sammenhæng *optimal kvælstofforsyning* (tysk: Sollwert), og består af

¹Fosfortallet (Pt) er mængden af uorganiske fosfater ekstraheret med bicarbonat metoden. Metoden bringer mindre mængder fosfor i opløsning og anses for at være mere følsom overfor ændringer i plantetilgængeligt fosfor. Pt anvendes i dag fortrinsvis fremfor fosforsyretallet (Ft). (efter Landbrugsministeriet: "Fælles arbejdsmetoder for Jordbundsanalyser") .

Table 2. Anbefalede årlige N-gødsningstilførsler til 1- og 2-årige planteskolekulturer. Efter Krüssmann (1981). *Recommended annual nitrogen application rates for a number of 1- and 2-yearold nursery cultures: broadleaves (løvtræer), conifers (nåletræer), ornamental shrubs/hedge plants (prydbuske /hækplanter), roses (roser), shade trees (allétræer), and ornamental conifers (conifera). Modified from Krüssmann (1981).*

Kultur	Kg N/år
Løvtræer (frøplanter) 1. år	150
Løvtræer (frøplanter) 2. år	120
Nåletræer (frøplanter) 1. år	120
Nåletræer (frøplanter) 2. år	80
Prydbuske/hækplanter 1.år	80
Prydbuske/hækplanter 2. år	140
Roser 1.år	90
Roser 2. år	150
Allétræer 1. år efter omplantning	70
Alletræer 2. år efter omplantning	100
Conifera	80

Summen af 1) og 2). Kendes den optimale N-forsyning og størrelsen af jordens N-pulje, kan man let beregne et nogenlunde nøjagtigt estimat for N-behovet:

$$\text{N-Gødningsbehov} = \text{Optimal N-forsyning} \div \text{jordens N-pulje}$$

Som det fremgår af ligningen skal flere forudsætninger være opfyldt for at anvende metoden: 1) Den optimale N-forsyning for den aktuelle planteart skal være kendt fra dyrkningsforsøg. 2) Da N_{\min} kun betegner indholdet af mineralsk N i rodzonen skal man ligeledes kende den normale roddebyde for den pågældende art og dermed størrelsen (dybden) af den rodzone hvorfra prøverne skal tages. 3) Desuden skal jordens indhold af N_{\min} umiddelbart før gødsning bestemmes. Har jorden et højt indhold af organisk materiale f.eks. efter tilførsel af husdyrgødning eller gylle i tidligere år, skal det forventede bidrag i vækstsæsonen af minerali-

seret N herfra også tages i betragtning. Dette bidrag skønnes ud fra kendskab til mængden og typen af organisk gødning.

Det anbefales at tage N_{\min} -prøverne så tidligt på foråret (marts-april), hvor jordtemperaturen stadig er så lav, at mineralisering endnu ikke finder sted. N_{\min} -metoden anbefales især til jorde med forventet højt indhold af mineralsk N ved vækstsæsonens begyndelse f.eks. efter tilførsel af husdyrgødning i tidligere år, eller hvor der efterlades en stor mængde afgrøderester med højt næringsstofindhold. Metoden er som regel mindre egnet på grovsandede jorde eller på humusjord (Landbrugets Rådgivningscenter / Landskontoret for Planteavl 1995).

Under visse forudsætninger kan N_{\min} -metoden give en ganske god prognose for N-gødsningsbehovet for en given kultur. Herunder er gengivet en skematisk oversigt over de forhold der hhv. øger eller reducerer

nøjagtigheden af en prognose for N-behovet med N_{\min} -metoden.

Der er dog flere væsentlige forhindringer for en optimal anvendelse af N_{\min} -metoden i planteskolerne. Mens man inden for grøntsagsavl gennem talrige dyrkningsforsøg efterhånden har skaffet sig oplysninger om optimal N-forsyning for de fleste af de store kulturer, og her anvender metoden i stor udstrækning, mangler disse oplysninger for de fleste af planteskolernes markkulturer (jfr. afsnittet Gødskningsforsøg).

Det er da også et spørgsmål om, hvor stor værdi en N_{\min} -prøvetagning i det tidlige forår vil have, da mange af planteskolerne ligger på lette jorde, hvor det må forventes at det meste N er udvasket i løbet af vinteren. Da næringsstofbehovet hos vedagtige planter tilsyneladende er lille (se f.eks. Brumm og Schenk 1992), er de N-mængder der optages i planteskolekulturerne relativt små i forhold til f.eks. grøntsager (Sørensen 1988). Af samme grund kan man heller ikke forvente at bidraget ved mineralisering af afgrøderester er særligt stort. En ændring mod en mere organisk / økologisk driftsform, hvor der i højere grad anvendes husdyrgødning, vil

muligvis medføre øget interesse for metoden.

Metoden kan dog til hver en tid benyttes, hvis man ved vækstsæsonens begyndelse ønsker oplysning om størrelsen af den tilgængelige N-pulje i jorden. Selv om størrelsen af den optimale N-forsyning for en given kultur ikke er kendt, har de fleste planteskoler dog et mere eller mindre begrundet mål for størrelsen af den N-mængde, der skal udbringes i vækstsæsonen. Ved et udbringningsmål på f.eks. 120 kg N/ha, er et N_{\min} -indhold i jorden på 20-40 kg ved vækstsæsonens start et væsentlig bidrag. På samme måde kan man ved vækstsæsonens afslutning have et ønske om at få at vide, hvor stort et evt. overskud af mineralsk N, der er tilbage i jorden, for at kunne vurdere om årets gødskningspraksis har været hensigtsmæssig. I det tidligere omtalte gødskningsforsøg med *C. bullatus* (Kohstall m.fl. 1988) viste en N_{\min} -undersøgelse efter vækstsæsonen, at tilførsel af 100 kg N, svarende netop til begyndelsen af optimalområdet, gav et N-overskud i jorden på 85 kg/ha. Ved tilførsel af 50 kg N/ha blev kun efterladt 24 kg N/ha. Bemærk at udbyttet ved 50 kg N/ha ikke var statistisk forskelligt fra udbyttet

Øger nøjagtigheden	Reducerer nøjagtigheden
<ul style="list-style-type: none"> - hurtig og tidlig rodvækst - korte kulturforløb - små nedbørsmængder - jord med stor vandholdende evne - dyb rodvækst - lavt indhold af organisk materiale - lave temperaturer - ensartet sædskifte/rotation 	<ul style="list-style-type: none"> - tiden fra prøveudtagning til rodvækst - lange kulturforløb - store nedbørsmængder - sandede jorde - højt indhold af organisk materiale - høje temperaturer - store forskelle mellem kulturer

Efter Wehrmann og Scharpf (1986)

ved 100 kg N/ha, og at der derfor til syne-
ladende kan blive en betydelig miljøgevinst
ved en relativ lille reduktion af udbyttet.

Alle jordbundsanalysemetoder er forbundet
med visse ulemper, der begrænser deres evne
til at forudsige gødskningsbehovet. Som tid-
ligere vist, er der en sammenhæng mellem
koncentrationen, men ikke nødvendigvis
mængden i jorden af et givet plantenerings-
stof og plantevækst. Det skyldes at nærings-
stofferne bindes i forskellig grad til jordpar-
tiklerne. F.eks. gælder det for P's og K's
vedkommende, at det kun er den del af den
totale næringsstofmængde, der findes i jord-
væsken, som er umiddelbart plantetilgænge-
lig, mens den del der sidder bundet på
jordpartiklerne på mere eller mindre ombyt-
telig form, kun langsomt frigives til jord-
væsken. Jorden kan derfor indeholde store
mængder af f.eks. P, mens kun en lille del er
tilgængeligt for planterne.

Det er derfor vigtigt, at analysemetoden (dvs.
ekstraktionen af stofferne fra jordpartiklerne)
i så høj grad som muligt udtrykker stoffernes
plantetilgængelighed (dvs. udbuddet af næ-
ringsstoffer set med plantens øjne). Men da
de fleste analysemetoder afhænger af både
koncentration og mængde, er det ikke muligt
at give et perfekt billede af det udbud af
næringsstoffer som planterne oplever. N_{\min} -
metoden beskriver med ret stor nøjagtighed
mængden af plantetilgængeligt N på prøve-
udtagningstidspunktet, men ikke jordens N-
mineraliserings potentiale. På samme måde
beskriver de almindelige analyse metoder
kun i et vist omfang, hvor stor en mængde af
P og K, der vil blive frigivet og stå til rådig-
hed for planterne i løbet af hele vækst-
sæsonen. Der er f.eks. kun ringe sammen-

hæng mellem Ft og planters P-optagelse
(forklaringsgrad = 38%), mens Pt giver et
noget bedre billede (forklaringsgrad = 83%)
af det P-udbud planten oplever (Borndorff
1950; Olsen m.fl. 1954). I dag benyttes
fortrinsvist Pt. En begrænsning ved Kt er, at
det ikke giver oplysninger om den mængde
af ikke ombytteligt K der frigives og bringes
på ombyttelig form i løbet af vækstsæsonen
(Mervin og Perch 1950).

Dertil kommer yderligere en række andre
faktorer, som man bør have kendskab til
(jordens tekstur, struktur, reaktionstal og
vandholdende evne; forskellige arters næ-
ringsbehov) og faktorer man kun vanskeligt
kan forudsige (klima; sygdomme) som gør
der eksisterer en vis usikkerhed omkring
resultaterne af jordbundanalysen. I gødnings-
planlægningen bør analysens resultater
derfor anvendes som kvalitative mål, der
sammen med erfaring og sund fornuft kan
fastlægge en hensigtsmæssig gødskning.

Konklusion

Med dette litteraturstudie har jeg forsøgt at give et overblik over nogle af de aspekter vedrørende gødskning af planteskolernes markkulturer, som jeg mener er de væsentligste for øjeblikket, nemlig problemstillingen omkring vandmiljø og plantekvalitet. Desuden er der givet en redegørelse for de problemer, der er forbundet med metoder til fastlæggelse af en hensigtsmæssig gødskningsstrategi. Til denne sidste del er der dog stadig flere aspekter, som der desværre ikke bliver plads til indenfor rammerne af denne rapport.

Der er med vilje lagt vægt på at beskrive forholdene omkring N-gødskning, da de anses for at være mest kritiske. Der er næppe tvivl om, at et N-gødskningsniveau udover det der svarer til optimal N-forsyning, medfører øget udvaskning af N og forurening af vores grundvand. Herudover kan overoptimal tilførsel af både N, P og K i visse tilfælde betyde produktion af planter af ringere kvalitet, f.eks. ved reduktion af rod : top forholdet eller for tidlig knopbrydning. Det skal understreges, at planter der er optimalt forsynet med næringsstoffer, alt andet lige er af en bedre kvalitet med hensyn til overlevelse, tilvækst og frosttolerance end under- og overoptimalt forsynede. Ved et gødskningsniveau svarende til overgangen mellem mangelområdet og optimalforsyningsområdet, vil det være muligt at producere planter af god kvalitet og størrelse og samtidig reducere miljøbelastningen i forhold til et gødskningsniveau længere inde i optimalområdet (figur 2 og 3).

Et stort problem ved fastlæggelse af

gødskningsniveauet, er at finde metoder, som tilstrækkeligt sikkert bestemmer jordens øjeblikkelige og fremtidige udbud af næringsstoffer, samt det næringsstofbehov der vil være hos planterne under de aktuelle vækstbetingelser den pågældende sæson. Det er særligt klimaets indflydelse på både plantevæksten (og dermed næringsstofoptagelsen), og de biologiske, kemiske og fysiske processer i jordbunden (mineralisering og udvaskning), der er specielt vanskeligt at forudsige. Mangelsymptomer og planteanalyser kan være svære at fortolke og giver oplysninger om planternes næringsstofbehov så sent, at de er vanskelige at anvende i gødningsplanlægningen. Den mest anvendte metode, jordbundanalysen giver oplysninger om jordens øjeblikkelige frugtbarhedsniveau og dermed om der skal gødskes for at vedligeholde eller forøge niveauet af et eller flere plantenæringsstoffer. Med N_{\min} -metoden, der kombinerer kendskabet til kulturens kvælstofbehov, med måling af den mængde mineralsk N, der er til rådighed i rodzonen, kan man med større nøjagtighed bestemme behovet for tilførsel af N. Bestemmes N_{\min} flere gange, f.eks. forud for hver gødningstilførsel, tages der dermed også højde for klimaets indflydelse på mineraliseringen og planteoptagelsen i løbet af den pågældende vækstsæson. Systematisk brug af metoden kræver dog et kendskab til, hvad der er optimal N-forsyning og roddybde for hver kultur. Da de oplysninger for øjeblikket kun eksisterer i ringe omfang kræver det, med planteskolernes store antal af forskellige kulturer, omfattende dyrkningsforsøg.

Anerkendelse

Udarbejdelsen af dette litteraturstudie over mulighederne for fastlæggelse af en hensigtsmæssig gødskningsstrategi for planteskolernes markkulturer er foretaget med støtte fra brancheorganisationen Dansk Planteskoleejerforening. Der skal her bringes en tak for den økonomiske bistand.

Referencer

- Aldhous, J.R., 1972. Nursery practice. Bul. For. Commn. 43, 38 sider.
- Aldhous, J.R. & Mason, W.L., 1994. Forest nursery practice. For. Commn. Bull. 111, 268 sider.
- Alt, D., Kohstall, H., Bierreth, C., Hegge, M. & Bier-Kamotzske, A., 1989. Stickstoffversorgung von Baumschulgehölzen - Nitrogen Supply of Nursery Crops. Gartenbauwiss. 54(3), 123-128. ISSN 0016-478X.® Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- Beattie, D.J. & Flint, H.L., 1973. Effect of K level on frost hardiness of stems of *Forsythia x intermedia* Zab. "Lynwood". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98, 539-541.
- Benzian, B., 1966. Effect of nitrogen and potassium concentrations in conifer seedlings on frost damage. Report on Rothhampsted Exp. Station, Harpenden, Herts, England, 58-59.
- Benzian, B. & Freeman, S.C.R., 1973. Reference experiments on young conifers at Woburn experimental farm 1961-69. Reports from Rothhampsted Experimental Station 1973, 152-171.
- Benzian, B., Brown, R.M. & Freeman, S.C.R., 1974. Effect of late-season top-dressings of N (and K) applied to conifer transplants in the nursery on their survival and growth on British forest sites. Forestry 47, 153-184.
- Bjerggård, A. & Hansen, M., 1983. Jord, vand og næring. 3. udgave. Gartnerinfo.
- Bolton, J. & Coulter, J.K., 1966. Distribution of fertilizer residues in a forest nursery manuring experiment on a sandy podsol at Wareham, Dorset. Report on forest research 1965. Forestry Commission. HMSO, London, 90-92.
- Borndorff, K.A., 1950. Studier over jordens fosforsyreindhold. V. En ny fremgangsmåde ved undersøgelse af jordens fosforsyreindhold. Tidsskr. Planteavl 53, 336-342.
- Brady, N.C., 1984. The nature and properties of soils. 9th ed. MacMillan Publ. Co.
- Brouwer, R., 1962. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. J. Agric. Sci. 10, 399-408.
- Brumm, I. & Schenk, M., 1992. N-Ernährung und Wachstum von *Pinus sylvestris* L. Gartenbauwiss. 57, 101-106.
- Carlson, W.C. & Preisig, C.L., 1981. The effect of controlled-release fertilizers on the shoot and root development of Douglas-fir seedlings. Can. J. For. Res. 11, 230-242.
- Christersson, L., 1975. Frost hardiness development in *Pinus sylvestris* L. seedlings at different levels of potassium and calcium fertilization. Can. J. For. Res. 5, 738-740.
- Edgerton, L.J., 1957. Effect of nitrogen fertilization on cold hardiness of apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70, 40-45.
- Edgerton, L.J. & Harris, R.W., 1950. Effect of nitrogen and cultural treatment on Elberta peach fruit bud hardiness. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55, 51-55.
- Fuchigami, L.H. & Weiser, C.J., 1981. Relationship of vegetative maturity in *Salix purpurea* as influenced by mineral fertilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106, 140-143.
- Graca, M.E.C. & Hamilton, D.F., 1981. Effects of nitrogen and phosphorus on root and shoot growth of *Cotoneaster divaricata* Rehd. & Wils. Scientia Hort. 15, 77-85.
- Groven, I., 1968. Gødning til planteskolekulturer I. Tidsskrift for Planteavl 72, 459 - 477 (særtryk).
- Helal, H.M. & Dressler, A., 1989. Mobilization and turnover of soil phosphorus in the rhizosphere. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 152, 175-180.
- Hermann, R.K., 1964. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedlings. Tree Planters Notes 64, 7-11.
- Jacobsen, L.H., Petersen, K.K. & Rasmussen, H.N., 1997. Plantevækst og kvælstofudvaskning fra containerplanter dyrket ved forskellige dræn, vandingsmængder og gødningstyper. SP Rapport 4, 48 sider.

- Kelley, J.D., 1972. Nitrogen and potassium rate effect on growth, leaf nitrogen and winter hardiness of *Pyracantha coccinea* "Lalandi" and *Ilex crenata* "Rotundifolia". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97, 446-448.
- Kjellerup, V., 1995. Kvælstofudvaskning efter tilførsel af kalkkammonsalpeter og kvæggylle i sædskifte på sandjord. Grøn Viden 156, 6 sider.
- Kohstall, H., Alt, D., & Bier-Kamotzke, A., 1988. N-Steigerungs-Versuche mit Ziersträuchern. Deutsche Baumschule 6, 256-260.
- Landbrugets rådgivningscenter/Landskontoret for planteavl, 1995. Gødsning efter N_{min} -metoden, 12 sider.
- Lopushinsky, W. & Bebe, T., 1976. Relationship of shoot-root ratio to survival and growth of outplanted Douglas-fir and Ponderosa pine seedlings. USDA forest Service. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. Research Note PNW-274, 7 sider.
- Malcolm, D.C. & Freezaillah, B.C.Y., 1975. Early frost damage on Sitka spruce seedlings and the influence of phosphorus nutrition. Forestry 48, 139-145.
- Mattsson, A., 1997. Predicting field performance using seedling quality assesment. New Forest 13, 227-252.
- McMunn, R.L. & Dorsey, M.J., 1935. Seven years results of the hardiness of Elberta fruit buds in a fertilizer experiment. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 32, 239-243.
- Mervin, H.D. & Perch, M., 1950. Exchangeability of soil potassium in the sand, silt and clay fractions as influenced by the nature of the complementary exchangeable cation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15, 125-128.
- Meyer Jr., M.M. & Splittstoesser, W.F., 1969. The utilization of carbohydrate and nitrogen reserves in the spring growth of lilac. Physiol. Plant. 22, 870-879.
- Meyer Jr., M.M. & Tukey Jr., H.B., 1965. Nitrogen, phosphorus and potassium plant reserves and spring growth of *Taxus* and *Forsythia*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87, 537-544.
- Millard, P. & Proe, M.F., 1991. Leaf demography and the seasonal internal cycling of nitrogen in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seedlings in relation to nitrogen supply. New Phytol. 117, 587-596.
- Millard, P. & Proe, M.F., 1992. Storage and internal cycling of nitrogen in relation to seasonal growth of Sitka spruce. Tree physiol. 10, 33-43.
- Mullin, R.E. & Bowdery, L., 1977. Effects of nursery seedbed density and topdressing fertilization on survival and growth of 3 + 0 red pine. Can. J. For. Res. 8, 30-35.
- Niemiera, A.X. & Wrigth, R.D., 1982. Influence of medium-nitrogen level on growth priodicity of *Ilex crenata* Thunb. "Helleri". Scientia Hort. 17, 81-87.
- Nielsen, N.E., 1988 og 1996. Inst. for Jordbrugsvidenskab. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Personlig kommunikation.
- Nissila, P.C. & Fuchigami, L.H., 1978. The relationship between vegetative maturity and the first stage of cold acclimation. J. amer. Soc. Hort. Sci. 103, 710-711.
- Krüssmann, G., 1981. Die Baumschule. 5. Auflage. Verlag Paul Parey, 195.
- Köster, P., 1978. Zur Nährstoffversorgung von Baumschulgehölzen. Baumshulpraxis 8, 4-5.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ., 939.
- Pellet, N.E., 1973. Influence of nitrogen and phosphorus fertility on cold acclimation of roots and stems of two container grown woody plant species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98, 82-86.
- Pellet, N.E. & White, D.B., 1969. Effect of soil nitrogen and soil moisture levels on cold acclimation of container grown *Juniperus chinensis* "Hetzii". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94, 457-459.
- Proe, M.F. & Millard, P., 1995. Effect of N supply upon the seasonal partitioning of N and P uptake in young Sitka spruce (*Picea sitchensis*). Can. J. For. Res. 25, 1704-1709.

- Proebsting, E.L., 1961. Cold hardiness of Elberta peach fruit buds as influenced by nitrogen level and cover crops. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77, 97-106.
- Puttonen, P., 1989. Criteria for seedling performance potential tests. New Forests 3, 67-87.
- Robinson, J.T. & Hamilton, D.F., 1980. Effect of time and rate of nutrient application on foliar nutrient concentration and cold hardiness i *Viburnum* species. Scientia Hort. 13, 271-281.
- Scharpf, H.C., 1977. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf. Dissertation. Fakultät für Gartenbau und Landeskultur der Technischen Universität Hannover.
- Schmalscheidt, W., 1966. Ergebnis eines mehrjährigen Stickstoffsteigerungsversuchs bei Koniferen. Deutsche Baumschule 18, 66-71.
- Shepherd, K.R., 1986. Plantation silviculture. Martinus Nijhoff Publishers, 88-91 og 92-93.
- Sønderhausen, E., Larsen, O.N. & Eriksen, E.N., 1982. Planteskoledrift. Gartnerinfo, 294.
- Sørensen, J.N., 1988. Optimal forsyning med kvælstof efter N_{min} -metoden. Grønne Fag 11, 3-5.
- Timmis, R., 1974. Effect of nutrient stress on growth, bud set, and hardiness in douglas-fir seedlings. Proc. N. Amer. Containerized Forest Tree Seedling Symposium. R.W. Tinus, W.I. Stein og W.E. Balmer (eds.). Great Plains Agricultural Council Publication No. 68, 187-193.
- van den Driessche, R., 1974. Prediction af mineral nutrient status of trees by foliar analysis. Bot. Rev. (40); 347-394.
- van den Driessche, R., 1984a. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling mineral nutrition, and outplanting performance. Can. J. For. Res. 14, 431-436.
- van den Driessche, R., 1984b. Soil fertility in forest nurseries. I Duryea, M.S. & Landis, T.D. (red.) "Forest Nursery Manual: Production of Bareroot seedlings". Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, 63-74.
- van den Driessche, R., 1985. Late-season fertilization, mineral nutrient reserves, and retranslocation in planted Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) seedlings. Forest Sci. 31, 485-496.
- Wehrmann, J., 1963. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in Forstwirtschaft. Landwirtsch. Forsch. 16, 130-145.
- Wehrmann, J. & Scharpf, H.C., 1986. The N_{min} -method - an aid to integrating various objectives of nitrogen fertilization. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 149, 428-440.
- Witt, H.H., 1984. Düngung nach Intensität des Wurzelswachstums von Gehölzen. Deutsche Baumschule 36, 26-27.

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19
djf@agrsci.dk. www.agrsci.dk

Direktion
Administration

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrernæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Mark- og Stalldrif
Afdeling for Analytisk Kemi
Informationsafdelingen
International Enhed
Afdeling for Centerdrift

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter og
Vegetabiliske Fødevarer

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax 58 11 33 01

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Postboks 536
Schüttesvej 17, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 00

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
4230 Skælskør
Tlf. 58 16 06 00. Fax 58 16 06 06

Askov Forsøgsstation
Vejenvej 55, 6600 Vejen
Tlf. 75 36 02 77. Fax 75 36 62 77

Bioteknologigruppen
(Afd. f. Plantebiologi)
Thorvaldsensvej 40, 2., opg. 8
1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax 35 28 25 89

Borris Forsøgsstation
Vestergade 46, 6900 Skjern
Tlf. 97 36 62 33. Fax 97 36 65 43

Den Økologiske Forsøgsstation
Rugballegård
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 02

Foulumgård, Postboks 50
8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 16 33

Jyndevad Forsøgsstation
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 74 64 83 16. Fax 74 64 84 89

Rønhave Forsøgsstation
Hestehave 20, 6400 Sønderborg
Tlf. 74 42 38 97. Fax 74 42 38 94

Silstrup Forsøgsstation
Højmarken 12, 7700 Thisted
Tlf. 97 92 15 88. Fax 97 91 16 96

Tylstrup Forsøgsstation
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax 98 26 02 11