

Hestebønners tidlige rodudvikling ved dyrkning i kamme.



Bachelorrapport
Lisbeth Dahlmann-Hansen,
Hjg 1961

Vejledere:

Erik Steen Jensen

Institut for Jordbrugsvidenskab,

Faggruppe for økologisk jordbrug

Den Kongelige Veterinær-

og Landbohøjskole

Højbakkegård Allé 13

2630 Taastrup



Finn Pilegård Vinther

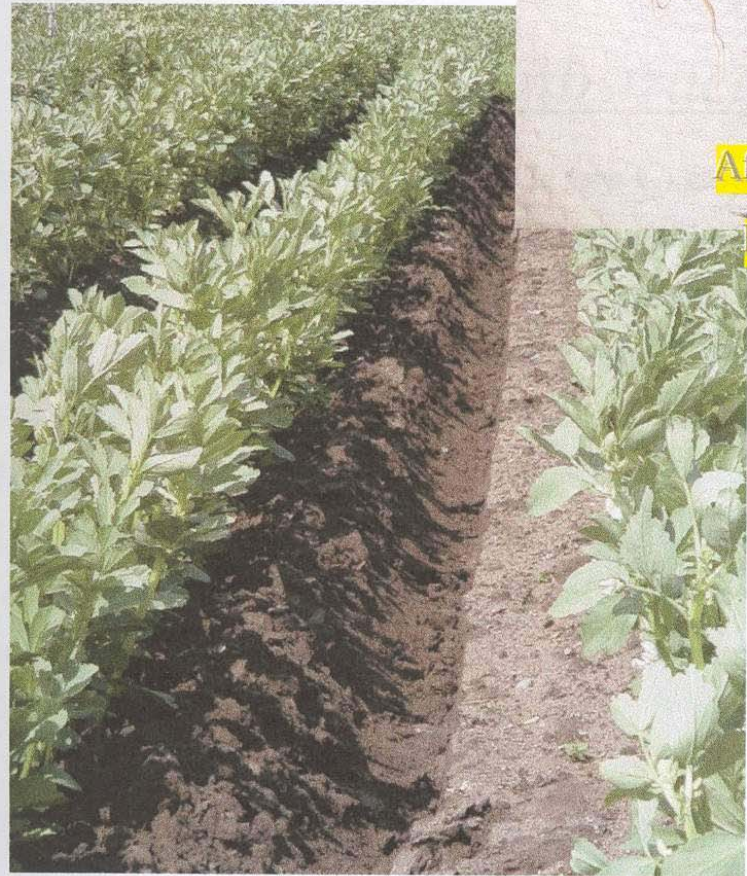
Afdeling for Plantevækst og jord

Danmarks Jordbrugsforskning,

Foulum

Postbox 50

8830 Tjele



August 2002

Forord

Hensigten med denne rapport er at redegøre for mit arbejde med og resultaterne fra mit bachelorprojekt. Rapporten er primært rettet mod forskere og medstuderende inden for økologisk jordbrug, da fokus er for snævert til at kunne bruges af planteavlere i praksis.

Dette bachelorprojekt er blevet til i forbindelse med det af KVL ledede FØJO II projekt, "Carmina", hvori samdyrkning af forskellige afgrøder i kamme undersøges. Et af forsøgene undersøger fordele ved at samdyrke hestebønner og kartofler i kamme, og ved gentagne lejligheder har den tilknyttede landbrugstekniker, Henning C. Thomsen, bemærket, at hestebønnerne tilsyneladende havde en bedre rodudvikling i kammene end på flad jord.

Derfor iværksatte de ansvarlige forskere et underprojekt i det allerede etablerede projekt med hestebønner og kartofler, for at undersøge hvordan rodudviklingen påvirkedes af jordbehandlingen, og om dette havde betydning for planternes kvælstoffiksering. Til disse undersøgelser valgte man knytte et bachelorprojekt.

Det eksperimentelle arbejde, som er inkluderet i mit bachelorprojekt, er foregået i samarbejde med forskere fra afdelingen for plantevækst og jord på Danmarks JordbrugsForskning i Foulum, Finn Pilegård Vinther og Jens Peter Mølgaard, samt personalet på Jynde vad Forsøgsstation, især landbrugstekniker Henning C. Thomsen. Nærværende bachelorprojekt skal derfor ses i sammenhæng med selve undersøgelsen af effekten af at dyrke hestebønner i kamme, og i sammenhæng med selve Carmina projektet.

Jeg er meget taknemmelig for denne mulighed for at medvirke i denne forskning via mit bachelorprojekt, og endnu mere taknemmelig for al den hjælp og vejledning jeg har modtaget fra Henning Thomsen og personalet på Jynde vad Forsøgsstation, Finn Vinther samt de øvrige forskere og studerende, som har svaret på spørgsmål og givet gode råd i forbindelse med dette, mit første eksperimentelle forskning. Jeg er også taknemmelig for hjælpen fra min skrivegruppe og min familie, som har givet gode råd og støtte undervejs.

Lisbeth Dahlmann-Hansen

8. August 2002

Indholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract	1
Forord	2
Indholdsfortegnelse	3
1. Indledning	4
1.1 Baggrund	6
1.2 Hypoteser.....	7
1.3 Afgrænsning	8
1.4 Metode.....	8
2. Litteraturgennemgang:	9
2.1 Jordmodstand og plantevækst.....	9
2.2 Jordvand og plantevækst	10
2.3 Jordtemperatur og plantevækst.....	11
3. Markforsøg	13
3.1 Materialer og Metoder	13
3.1.1 Forsøgsbeskrivelse	13
3.1.2 Målemetoder	14
3.1.3 Statistik	16
3.2 Resultater	17
3.2.1 Jordbehandlingens effekt på jordmodstanden.....	17
3.2.2 Jordbehandlingens effekt på jordens vandindhold:.....	19
3.2.3 Jordbehandlingens effekt på jordtemperaturen.....	22
3.2.4 Jordbehandlingens effekt på rodudviklingen	24
3.2.5 Varmesum og rodudvikling	27
4. Diskussion	28
5. Konklusion	32
6. Perspektivering	33
Litteraturliste	35
Bilag	41
A: Beskrivelse af Carmina	Ai
B: Markplaner	Bi-Biii
C: Temperatur og jordforhold på Jyndeved forsøgsstation i foråret 2002	Ci-Cii

1.

Indledning

I det KVL-ledede FØJO II projekt "Carmina" undersøges mulighederne for at forbedre dyrkningen af rækkeafgrøder i økologiske systemer ved hjælp af kamme og samdyrkning af forskellige afgrøder. Antagelserne bag dette forskningsprojekt er, at samdyrkning reducerer sygdomsproblemer, og at etableringen af kamme forbedrer afgrødernes vækstforhold og samtidig reducerer udvaskning af næringsstoffer, fordi planterester på jordoverfladen i forbindelse med etableringen af kammene samles i midten af kammene, hvor de er beskyttet mod udvaskning, og hvor der er gode forhold for mineralisering. Projektet er beskrevet på FØJO's hjemmeside (Rasmussen, 2000).

I forbindelse med et forsøg med samdyrkning af kartofler (*Solanum tuberosum*) og hestebønner (*Vicia faba* L.) under dette projekt blev der observeret en markant forskel i rodudviklingen blandt hestebønner dyrket i kamme sammen med kartofler, og hestebønner dyrket alene på flad mark (Fig. 1) (Thomsen, 2002).



Figur 1: Rødder fra hestebønner dyrket hhv. i kamme (th) og på flad jord (tv) i 2001 på Jyndevad Forsøgsstation. (Thomsen, 2002)

Der blev desuden målt et betydeligt højere indhold af mineralsk kvælstof i form af nitrat i jorden i kammene (Vinther, 2002).

Den ændrede rodudvikling var ikke et forventet resultat af forsøget, men det formodes, at den ændrede rodudvikling er et resultat af, at planterne dyrkes i kamme, og ikke et resultat af at de samdyrkes med kartofler. Etableringen af kamme ændrer jordens fysiske egenskaber, og disse ændringer påvirker de biologiske og kemiske forhold i jorden. Både de fysiske, kemiske og biologiske forhold i jorden har indflydelse på planternes udvikling af rødder og kvælstoffikserende rodknolde i starten af vækstsæsonen, og dermed på muligheden for symbiotisk fiksering af kvælstof fra luften.

Den biologiske kvælstoffiksering er den vigtigste kvælstofkilde i økologisk planteproduktion.

Det er derfor af stor relevans for forskningen i økologiske dyrkningsmetoder at undersøge en mulig sammenhæng mellem dyrkning af hestebønner i kamme og forbedret rodudvikling, samt at undersøge hvilke karakteristika i kammene, der forårsager ændringen.

1.1 Baggrund

I Danmark er det stort set kun kartofler, som dyrkes i kamme. I kartoffeldyrkning hyppes jorden op i kamme omkring kartoffelplanterne ad flere omgange, primært for at undgå at kartoffelknoldene gennembryder jordoverfladen, bliver udsat for lys og bliver grønne og giftige, men også for at reducere forekomsten af kartoffelskimmel (Klug-Andersen, 2002; Møllerhagen, 1993).

Brugen af kamme er mere udbredt i udlandet, bl.a. i USA, og i ulande forskes der flere steder i fordele og ulemper ved at etablere afgrøderne i kamme frem for at bruge andre jordbehandlingssystemer. En af de store fordele ved at anlægge kamme er, at det reducerer erosion i forhold til konventionel pløjning, både i forbindelse med jordbehandlingen, og ved at reducere afstrømningen af regnvand - hvis kamme er anlagt på en hensigtsmæssig måde. Samtidig udgør kammene et bedre såbed end jord, som slet ikke bliver behandlet, og metoden er derfor et alternativ til helt reduceret jordbehandling, især til afgrøder som hæmmes af en kold og våd jord i starten af vækstsæsonen, for eksempel bønner (*Phaseolus vulgaris* L.). (Rasmussen, 2000; Thapa et al, 1999; Xu & Pierce, 1998)

Ved etablering af kamme løsnes jorden, og den mekaniske modstand mod rodvækst mindskes (Rengasamy & Reid, 1993). Desuden placeres jorden i kamme, hvorved jordens overflade får en stejl hældning.

Kammenes hældning medfører at regnvand i højere grad strømmer af, og siver ned i jorden mellem kammene, frem for at sive ind i kammene. Behandlingen mindsker overfladeafstrømning væk fra marken, men øger til gengæld nedsivning af vand ned igennem og ud af rodzonen. (Waddell & Weil, 1996; Kranz & Kanwar, 1995) Den løse jord i kammene er også mere gennemtrængelig for luft og vand, så den vil generelt være mindre fugtig end jorden i den flade mark.

Jordens hældning medfører også en ændret vinkel i forhold til solens indstråling, og da solens position i løbet af foråret fortrinsvis er lav, vil hældningen mod øst og vest (i Nord-syd vendte kamme) sikre en mere effektiv opvarmning af jorden.

Den forøgede løshed bevirker, at jorden i løbet af foråret hurtigere varmes op i det forarbejdede lag, idet jordens varmeledningsevne nedsættes. Samtidig forbliver jorden under det bearbejdede lag koldere i længere tid. (Jensen & Jensen, 1999)

Da højt vandindhold i en jord øger varmeledningsevnen, men også nedsætter hastigheden, hvormed en jord varmes op eller køles ned, er også den lavere fugtighed i jorden med til at øge den daglige opvarmning af det øverste jordlag, om end det også medfører en lavere nattemperatur i dette jordlag.

Med baggrund i observationer fra sidste års forsøg og ovenstående betragtninger formuleres nedenstående hypoteser.

1.2 Hypoteser

Formålet med dette bachelorprojekt er at teste følgende hypotese:

Når hestebønner dyrkes i kamme, udvikler de i den første del af vækstsæsonen et større rodnet (dvs. mere rodmasse samt længere og dybere rødder), end hvis de dyrkes på flad mark, p.g.a. ændrede fysiske vækstbetingelser i kammen.

Denne hypotese er baseret på flere underhypoteser:

- 1) Jorden i kammene er løsere end jord dyrket under konventionel pløjning.
- 2) Jorden i kammene indeholder mindre vand end jorden i den flade mark.
- 3) Jord, som er samlet i kamme, bliver varmere end jorden i flad mark.

Disse hypoteser testes ved et markforsøg.

Den forventede effekt af de ændrede fysiske vækstbetingelser på hestebønners udvikling af rodnet formuleres i følgende antagelser:

- A) Løsere jord yder mindre mekanisk modstand mod rødderne, og medfører derfor større rodmasse, rodlængde og roddeby.
- B) Tørrere jord vil ikke påvirke rodvæksten negativt, så længe vandindholdet ikke falder under et kritisk niveau.
- C) Varmere jord øger rodvæksten og medfører derfor tidligere spiring, samt større rodmasse, rodlængde og roddeby.

Disse antagelser søges understøttet i et litteraturstudie.

1.3 Afgrænsning

Projektet afgrænser sig til undersøgelser af rodvæksten i den første del af vækstsæsonen, fra kort efter spiring til sidst i juni, hvor blomstringen forventes påbegyndt. Primært vurderes rodvæksten ud fra målinger af rodmasse, men estimeringer af rodedybde og rodlængde bruges supplerende.

Projektet fokuserer på tre fysiske faktorer, som forventes at afhænge af jordbehandlingen, nemlig jordmodstanden, jordens vandindhold og jordtemperaturen.

Det eksperimentelle arbejde, der indgår som en del af dette projekt, er en del af et markforsøg, der også undersøger andre relevante faktorer, såsom jordens indhold af organisk materiale og næringsstoffer, samt det endelige udbytte af og kvælstoffiksering i hestebønner. Resultaterne af disse målinger vil ikke foreligge når nærværende bachelorprojekt afsluttes, og disse faktorer bliver derfor ikke inddraget i denne projektrapport.

1.4 Metode

For at teste ovenstående hypoteser udføres både et litteraturstudie og et markforsøg. Formålet med litteraturstudiet er at afdække allerede eksisterende viden omkring hestebønners rodudvikling, og sammenhængen med jordbehandling og jorden fysiske egenskaber. Relevante referencer i relevant litteratur er så vidt muligt blevet forfulgt, for at undgå sekundære kilder. Det har dog ikke været muligt i alle tilfælde at fremskaffe de oprindelige kilder. Hovedvægten i litteraturstudiet er på videnskabelige artikler over eksperimentelt arbejde, men opsamlinger og en enkelt lærebog er også blevet brugt. Den indsamlede information fra litteraturstudiet bruges til at underbygge hypoteser og antagelser, og til at holde op mod forsøgets resultater i diskussionsafsnittet. Det er ikke lykkedes at finde litteratur som direkte omhandler udviklingen af rødder hos hestebønner dyrket i kamme.

Derfor er der i gennemgangen inkluderet litteratur som omhandler rodudviklingen hos hestebønner og andre kvælstoffikserende afgrøder under andre forhold.

Formålet med markforsøget er at teste de fire ovennævnte hypoteser, og undersøge om antagelserne bliver støttet eller afkræftet af resultaterne, og dermed supplere den eksisterende litteratur.

2.

Litteraturgennemgang:

I denne del præsenteres resultaterne af litteraturstudiet, opdelt i tre dele alt efter om emnet er sammenhængen mellem jordmodstand og afgrødens vækst, sammenhængen mellem jordens vandindhold og afgrødens vækst eller sammenhængen mellem jordens temperatur og afgrødens vækst. Selv om opgavens fokus er røddernes udvikling hos hestebønner, har det p.g.a. den meget begrænsede mængde litteratur om emnet været nødvendigt at inddrage resultater fra forsøg med andre kvælstoffikserende planter samt resultater vedrørende hestebønners overjordiske udvikling, for at underbygge de få kilder som beskæftiger sig med hestebønners rodudvikling.

2.1 Jordmodstand og plantevækst

Jordens mekaniske modstand mod rodvækst kan udtrykkes som penetrometermodstand i MPa, men ofte bruges jordens volumenvægt som en indikator for, hvor kompakt jorden er, og dermed hvor stor mekanisk modstand rødderne møder.

Forsøg har vist at hestebønners rodforlængelse hæmmes kraftigt af en jord med en penetrometermodstand på mere end 4 MPa (Materechera et al, 1991). Andre forsøg har vist at også planter som ærter (*Pisum sativum*), sojabønner (*Glycine max*) og grønne bønner (*Phaseolus vulgaris*) hæmmes af høj volumenvægt og høj jordmodstand (Schumacher & Smucker, 1981; Hallmark & Barber, 1981; Voorhees et al, 1975, cf. Jensen & Jensen 1999).

Jordpakning leder ofte til forsinket rodudvikling og reduceret udbytte i hestebønner (Dawkins & Brereton, 1984; Assaeed et al, 1990), og det har vist sig at i visse tilfælde vil løsning af jorden i dybden øge rodtybden og/eller udbyttet (Rengasamy & Reid, 1993; Rothamsted, 1979), men det er ikke altid tilfældet, idet andre forsøg ikke viser nogen signifikant virkning af jordløsningen. (Turman et al, 1995; Lindemann et al, 1982).

Som konklusion af ovenstående er det rimeligt at antage, løsere jord vil øge mulighederne for at planterne kan udvikle dybere og længere rødder og større rodmasse, men da forskningen inden for emnet tilsyneladende mest har handlet om at løsne en meget kompakt jord, er det muligt at en almindelig, ikke-kompakt jord ikke hæmmer rodvæksten, og at yderligere løsning derfor ikke vil føre til større rodvækst.

2.2 Jordvand og plantevækst

Jordens vandindhold er afgørende for røddernes udvikling, men også fordelingen af vandet i jorden er vigtig. I et eksperiment i New Zealand blev hestebønners rodvækst hæmmet af vanding, samtidig med at skudvæksten forøgedes så meget at planterne gik i leje og frøudbyttet blev reduceret i forhold til kontrollen (Rengasamy & Reid, 1993).

I et andet eksperiment i middelhavsområdet, under forhold, hvor jorden var gennemtør, medførte vanding forøget rodlængde (Manschadi et al, 1998). Med reference til ovennævnte forsøg i New Zealand konkluderede Manschadi et al (1998) at tilgængeligheden af vand i dybereliggende jordlag har stor betydning for planternes reaktion på et moderat tørkestress, idet et moderat stress vil føre til øget rodvækst, hvis der er vand i de dybere jordlag, men ikke hvis jorden er for tør.

Andre forsøg har vist at øget vandindhold mindsker jordmodstanden, og øger rodvæksten af unge bomuldsplanter (Gerard et al, 1982; Taylor & Gardner, 1963, cf. Jensen & Jensen, 1999). Og mange forsøg viser at vanding forøger biomasse produktionen og udbyttet (Hebblethwaite et al, 1984; Keatinge & Shaykewich, 1977; Robinson 1983, Karamanos, 1984; Murinda & Saxena, 1985; Rothamsted 1979).

Men utilstrækkeligt dræn i tunge jorde øger risikoen for sygdomme, og dermed reduceret udbytte (Berhe, 1998). Desuden kan rigeligt vand medføre så kraftig vegetativ vækst, at høstindekset formindskes (Dantuma & Grashoff, 1984). Også frøenes proteinindhold kan forringes af vanding; på en sandet jord kan vanding føre til et meget lavt proteinindhold i hestebønnerne, hvis der ikke samtidig gødes (Robinson, 1983).

Det samlede resultat af et givent vandindhold i jorden, vil afhænge meget af sorten, da der er stor forskel på, hvor godt de forskellige sorter klarer sig under tørre eller fugtige betingelser (Murinda & Saxena, 1985; Rothamsted 1979). Resultatet vil desuden afhænge af jordens vandpotential på kritiske tidspunkter, for eksempel ved spiring og ved blomstring (Hebblethwaite et al, 1984).

Samlet kan man sige at rodvæksten kan påvirkes både positivt og negativt af jordens vandindhold, og det afhænger i høj grad af de specifikke forhold hvilket vandindhold der er optimalt, og hvilke værdier, der er kritiske for, hvornår rodvæksten hæmmes. De tilfælde, hvor man har fundet, at rodvæksten er blevet hæmmet af et øget indhold af vand i jorden, begrænser sig til situationer, hvor der er opstået sygdom, eller hvor der i den tørre behandling har været vand i de dybere jordlag, og tilstrækkeligt vand til at rødderne har kunnet nå ned i dette lag. I sidstnævnte situation har de

vandede planter formentlig ikke behøvet at udvikle deres rodnet for at skaffe tilstrækkeligt vand til den vegetative vækst, og røddernes krav på ressourcer i "source/sink"-forholdet har været mindre i den vandede behandling end i kontrollen.

Da hestebønner generelt har et relativt overfladisk rodnet, som typisk når en dybde på 30 til 90 cm, afhængig af forhold og sort, (El-Shazly, 1993; Hebblethwaite, 1984), vil det kun være i et meget fugtigt miljø, at tør jord øger rodvæksten. I de øvrige undersøgelser, hvor vanding har haft en negativ virkning, har det været udbyttet, som er blevet påvirket. Det er derfor ikke nødvendigvis korrekt at antage at rodvæksten ikke vil blive hæmmet af, at jorden i kammene er tør.

2.3 Jordtemperatur og plantevækst

Højere temperatur i rodmiljøet forårsager tidligere og hurtigere spiring af hestebønner (Bierhuizen & Feddes, 1969, cf. Bierhuizen, 1973). Minimumstemperaturen for 50% spiring er blevet fastslået til omkring 3,5°C (Feddes, 1971; Bierhuizen & Feddes, 1969, cf. Bierhuizen, 1973).

Høj jordtemperatur medfører også hurtigere vækst af både skud og rødder, mens forholdet mellem rod- og skuddel ikke nødvendigvis ændres. Som det fremgår af figur 2, ligger den optimale rodzone-temperatur for både skud og rødder mellem 20 og 30°C. Ved 10°C er rodmassen mindre end det halve i forhold til optimum, og ved 5°C har næsten ingen rodvækst fundet sted. (Brouwer, 1962)

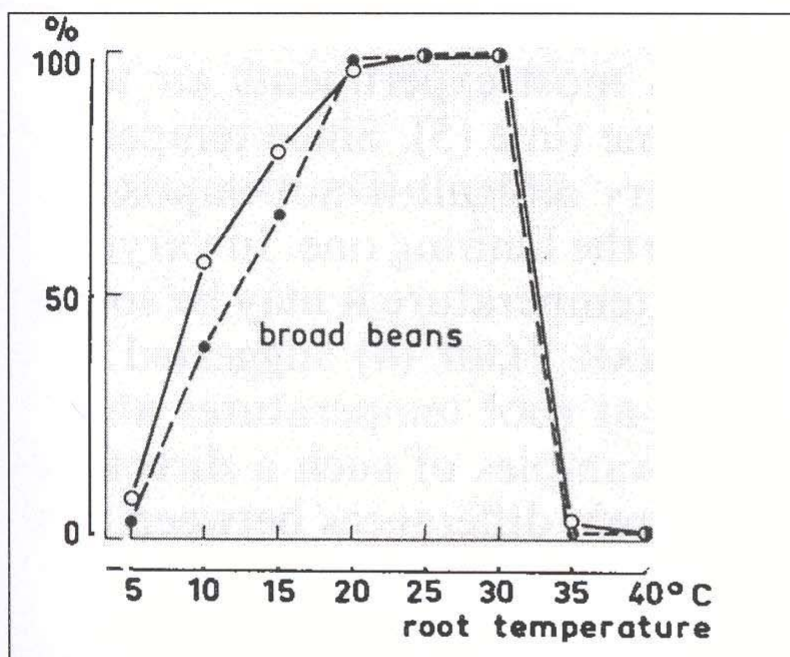


Fig. 2. Tørvægt af hhv. skud (—) og roddel (- - -) efter 24 dages vækst i "Hoagland Solution" (Brouwer, 1962)

Umiddelbart efter spiring vil jordtemperaturen fortsat påvirke hele plantens udvikling, men efterhånden bliver andre faktorer som lufttemperatur, lys, mv. mere vigtige for den overjordiske vegetative vækst (Bierhuizen, 1973), om end en lavere jordtemperatur alt andet lige stadig vil give en lavere biomasseproduktion (Keatinge & Shaykewich, 1977). Røddernes vækst- og aktivitetsniveau afhænger fortsat af jordtemperaturen (Bierhuizen, 1973). Cytokinese og mitose foregår meget langsomt ved temperaturer under 3 °C (Saxena, 1982), og også røddernes vandoptagelse hæmmes af lave temperaturer. I den sammenhæng er dagtemperaturen vigtigere end nattemperaturen, fordi plantens vandforbrug er større om dagen (Bierhuizen, 1973).

Undersøgelser af sojabønner har givet lignende resultater. (Stone & Taylor, 1983)

Samlet kan man konkludere at det er meget rimeligt at antage at højere jordtemperatur vil medføre øget rodvækst.

3.

Markforsøg

3.1 Materialer og Metoder.

3.1.1 Forsøgsbeskrivelse

Det eksperimentelle arbejde, som indgår i dette bachelorprojekt, er en del af et underforsøg i et eksperiment med samdyrkning af kartofler og hestebønner.

Formålet med underforsøget er at undersøge hvordan dyrkningen af hestebønner i kamme påvirker jordens kemiske og biologiske egenskaber, kvælstoffikseringen og udbyttet, samt at teste hypoteserne fra nærværende bachelorprojekt ved at undersøge rodudviklingen i kamme i forhold til på flad jord og ændringen af de fysiske egenskaber i jorden ved etablering af kamme. Forsøget blev anlagt på forsøgsstationen i St. Jyndeved, hvor forsøget med samdyrkning af kartofler og hestebønner foregår. De 4 parceller, hvorpå hestebønner dyrkes alene som kontrol blev brugt til dette forsøg. Disse 4 parceller af netto 24 x 24 m blev inddelt i 2 plots á 6x24m og 3 plots samt et værn á 3x24 m.

For at undersøge hvordan rødderne udvikles ved dyrkning på hhv. flad jord og i kamme, blev der i de to store plots dyrket hestebønner (cv. "Columbo") i to behandlinger. I behandlingen "flad jord" blev jorden forårsplojet i 22 cm dybde, tromlet og harvet i 7 cm dybde, og der blev sået i 5-6 cm dybde. I behandlingen "Kamme" blev jorden forårsplojet i 22 cm dybde og tromlet. Derefter blev jorden placeret i kamme ved at køre to gange med en kartoffelhypper, hestebønnerne blev sået og der blev hyppet jord op endnu engang. Hestebønnerne blev sået i nord - syd gående rækker med en almindelig radsåningsmaskine med en rækkeafstand på 75 cm og ca. 27 planter pr. meter række. Begge behandlinger blev ukrudtsstriglet to gange, kammene blev hyppet op efter hver strigling. D. 12/6 blev der vandet med 25 mm.

De små plots blev brugt til andre behandlinger, som ikke indgår i dette projekt. Se evt. markplanen i appendiks B. Hele forsøget blev anlagt af personalet på forsøgsstationen.

For oplysninger om jordtype og vejrforhold, se appendiks C.

3.1.2 Målemetoder

Planteudviklingen i de to behandlinger blev registreret 6 gange fra ca. 1 uge efter fremspiring midt i april med to ugers mellemrum indtil sidst i juni, hvor de første bælg var under udvikling. Der målt tørvægt af plantens overjordiske og underjordiske del. Plantens højde og roddebyde estimeredes, antal af sideskud taltes og stængeltykkelsen målt. Midt i juni blev også total rodlængde estimeret.

Jordfugtighed og jordtemperatur målt løbende v.h.a. sonder. Jordens modstand målt med penetrometer i midten af april, og porøsitet målt i jordprøver udtaget d. 23. juni.

3.1.2.1 Registrering af planteudviklingen

Ved hver registrering af planternes udvikling blev fem planter gravet op fra hver af de otte plots. I den første udtagning blev de udvalgt tilfældigt af opgraverne, men de sidste fem gange blev de gravet op i en bestemt, men varierende, afstand fra enden af rækken, for at sikre at alle planter blev udtaget på samme grundlag. Så længe de var små nok blev planterne gravet op med en lille skovl, men senere blev en greb brugt til at løsne jorden og løfte "klumpen" op, hvorefter den udvalgte plantes rødder blev skilt fra jord, andre planters rødder og døde rødder. Ved denne metode risikerer man at miste nogle rødder, og især er der en risiko for at man konsekvent mister de fineste rødder. Metoden med at opgrave et jordvolumen og vaske rødderne ud af denne sikrer i højere grad at man får alle rødder med - men dermed også rødder, som ikke tilhører den plante, man undersøger. Herefter blev planterne skyllet, stængeltykkelsen målt med en skydelære nederst på stængelen og skud og rod blev adskilt. Højden af skuddet og rodnettets dybde blev estimeret ved at strække det mest muligt ud og måle længden med lineal. Dette er ikke en metode som ofte er beskrevet i litteraturen, og det var ment som en supplerende måling, som indikerer til hvilken dybde rodnettet omtrent strækker sig.

Tørvægt blev målt efter tørring i ca. 16 timer ved 80°C, rodvægten på en Mettler analysevægt og skuddets vægt på en Mettlervægt med 0,1 g præcision, når vægten generelt lå over 0.5 g.

Ved estimering af total rodlængde blev rødderne klippet i stykker af ca. 0,5 cm og ca. 1 gram frisk plantemateriale blev udtaget og opbevaret i 1% eddikesyreopløsning. Længden af dette rodmateriale blev estimeret ved Newmans metode, dvs. ved at rodstykkerne fordeles jævnt på en plade, og herefter observeres udsnit af pladen gennem et mikroskop med en hårlinie. Det gennemsnitlige antal

skæringer med hårlinien pr. udsnit kan omregnes til den samlede længde af prøven på pladen.

(Newman, 1966; Eppendorfer, 2000)

Da gentagne estimeringer af den samme prøve gav en ret stor variation i resultatet, blev alle prøver estimeret fem gange, og gennemsnittet herfra blev brugt i beregningerne. Herefter blev rodprøven tørret og vejlet. Den estimerede længde af rodprøven blev efterfølgende ganget op med den samlede rodmasse, dog fratrukket vægten af den tykke del af den centrale pælerod, da denne del af roden udgør en stor del af rodmassen, uden at give nogen væsentlig længde til rodnettet, og derfor er den ikke medtaget i målingerne af rodlængden.

3.1.2.2 Målinger i jorden

Jordens modstand blev målt med et håndpenetrometer af typen Eijkelkamp Penetrologger (art.nr. 06.15.01), med 7 gentagelser i hvert plot.

Jordens porøsitet blev undersøgt ved at udtage jordprøver i cylindre på 100 cm³ ca. 10 cm fra planterækken i begge behandlinger, 6 forskellige steder i parcel 2. Jorden blev vejlet, tørret og vejlet igen, hvorefter volumenvægten, porøsiteten og vandindholdet i g pr. 100 g jord, som volumenprocent vand og som vandfyldt porevolumen blev beregnet.

Sonderne til måling af fugtighed i jorden var placeret hhv. i toppen af kammene og midt i mellem kammene, og i planterækkerne og midt imellem planterækkerne på flad mark i 20 cm dybde.

Sonderne er udviklet af forskere på Danmarks JordbrugsForskning i Foulum, og de er beskrevet i SP-Rapport nr. 38 (Thomsen, 1994). De måler jorden volumetriske vandindhold ved hjælp af Time Domain Reflectometry (TDR). Vandindholdet blev målt 10 gange fra midt i april til sidst i juni.

Temperatursonder af typen "TINYtalk II -10/40°C" var placeret i 10 cm dybde i toppen af kammen og midt i rækken på flad mark i parcel 2. Disse sonder måler temperaturen hver eller hver anden time. Da temperaturmålingerne skulle tages sidst i juni, blev sonden fra kammen fundet oven på jorden. Der er formentlig et dyr, som har gravet den op. På målingerne kan det ses at de daglige udsving bliver meget større i kammen fra d. 12 juni, og vi går derfor ud fra at det er på denne dato, at sonden er blevet gravet op, og vi betragter derfor målingerne frem til 11 juni som troværdige.

Alle målinger af planteudviklingen samt målinger af jordmodstand blev foretaget af mig selv.

Sonderne til temperaturmålinger blev tappet for data af personalet på forsøgsstationen og TDR sonderne blev tappet for data af Finn Vinther, som også foretog målingerne af jordens porøsitet.

3.1.3 Statistik

Til statistisk analyse af data brugtes programmet SAS, for at afgøre om behandlingerne medfører signifikante forskelle i de fysiske egenskaber og rodudviklingen. Til dette er brugt den statistiske model:

$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, $i = 1, \dots, a$, $j = 1, \dots, b$, hvor $\{\varepsilon_{ij}\}$ er uafhængige og $N(0, \sigma^2)$ og

$$\sum \alpha = \sum \beta = 0$$

hvor X_{ij} = er måleresultatet fra den i 'te behandling i den j 'te blok, μ = den samlede middelværdi, α_i = variation p.g.a. behandling, β_j = blokvariation og ε_{ij} = tilfældig variation.

Jordmodstandsmålingerne blev delt op efter dybde i intervaller på 6 cm hvor gennemsnittet af forskellige dybder inden for intervallet og alle gentagelserne blev analyseret i SAS med ANOVA for varians fra behandlinger og blok. Porøsitetsmålingerne blev også analyseret for behandlingsvariens i SAS med ANOVA.

Målingerne af jordens vandindhold blev analyseret i SAS med ANOVA i datasæt for blok- og behandlingsvariation for hver måledato. Målingerne af vandindholdet i vægtprocent, volumenprocent og vandfyldt porevolumen blev også testet for behandlingsvariens i SAS med ANOVA.

Temperaturdata blev sammenregnet i døgnmiddeltemperaturer, maksimums- og minimumstemperaturer og varmesummer. Døgnmiddeltemperaturerne blev samlet efter dato, så de svarede til opgravningsdatoerne, og for hver periode blev de som observationer i par testet med t-test for om differencen var signifikant forskellig fra nul. Alle maksimums- og minimumstemperaturer blev samlet og testet med t-test for difference som observationer i par. (Rudemo, 1979). Varmesum blev udregnet som summen af døgnmiddeltemperaturer fratrukket 5°C. Kun døgnmiddeltemperaturer over 5°C er regnet med.

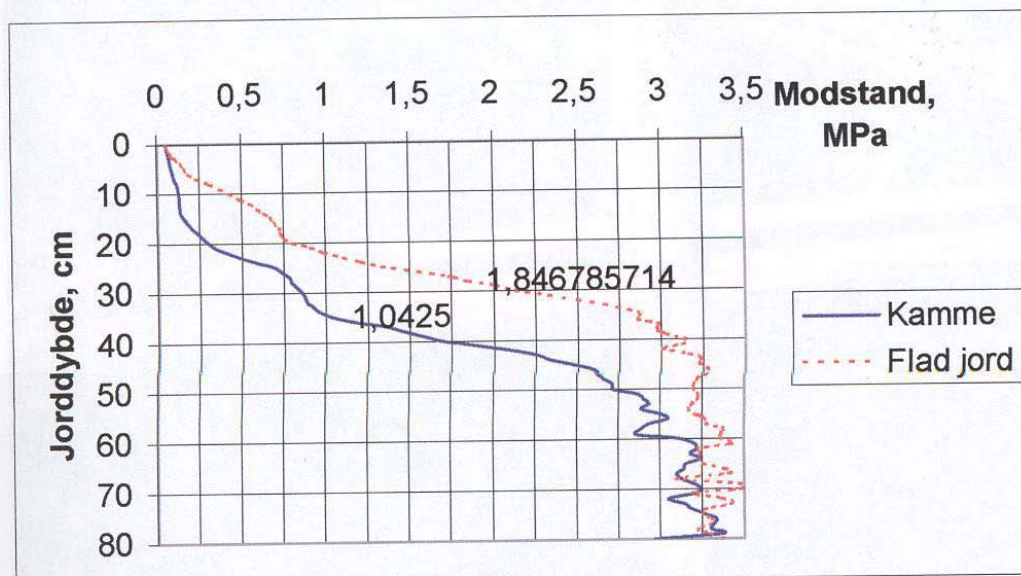
Alle roddata samt skudvægt og -højde og forholdet mellem rødder og skud blev analyseret i SAS med ANOVA i datasæt fra hver opgravningsdato, for både variation mellem behandlingerne og mellem blokkene samt evt. vekselvirkning, for hver type af måling. Den ene dato var der manglende data blandt visse af målingerne, og i disse tilfælde blev GLM brugt i stedet for ANOVA. For at undersøge muligheden for at påvise en direkte sammenhæng mellem forskellen i varmesum og forskellen i roddebygge blev der lavet lineær regression på disse datasæt, efter den transformerede model: $Y_j = a + b \cdot \ln X_j$

hvor Y_j = roddebyggen j dage efter såning, X_j = den akkumulerede varmesum j dage efter såning og a og b er konstanter.

3.2 Resultater

3.2.1 Jordbehandlingens effekt på jordmodstanden

Det samlede gennemsnit for hver af de to behandlinger er illustreret i figur 3, hvor det tydeligt ses at



jordmodstanden er større på flad jord end i kammene.

Figur 3: Jordmodstanden i dybden målt med penetrometer under hhv. kamme og under flad jord.

For variansanalyse blev målingerne inddelt i dybder på 6 cm indtil 41 cm dybde. Forskellen mellem behandlingerne var signifikant i alle dybder fra 5 til 41 cm men ikke i de øverste 5 cm. Forskellen i jordmodstand steg med stigende dybde ned til 30-35 cm dybde, hvor den gennemsnitlige forskel var ca. 1,6 MPa - dvs. mere end det dobbelte af modstanden i kammen (se tabel 1). I det samlede gennemsnit for de øverste 40 cm, hvor langt den største del af rødderne blev fundet, var modstanden på flad jord mere end dobbelt så stor som i kammene.

Tabel 1: Jordmodstand i MPa i udvalgte dybder og i gennemsnit i rodzonen

Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans af forskellen
Dybde:			
6-11 cm	0,11	0,33	P = 0,04
30-35 cm	0,92	2,55	P = 0,003
0-40 cm	0,52	1,26	P = $7 \cdot 10^{-10}$

Kammene er 24-25 cm høje (se figur 4), dvs. kammens top er ca. 12 cm over jordoverfladen på flad jord. Hvis penetrometermålingerne fra kammene parallelforskydes 12 cm, kommer kurverne til at overlape. Rødderne i kammene har altså kunnet vokse ca 12 cm nedad i løs jord, før de nåede den tidligere jordoverflade, med jordmodstand som den planterne på flad jord er startet på.

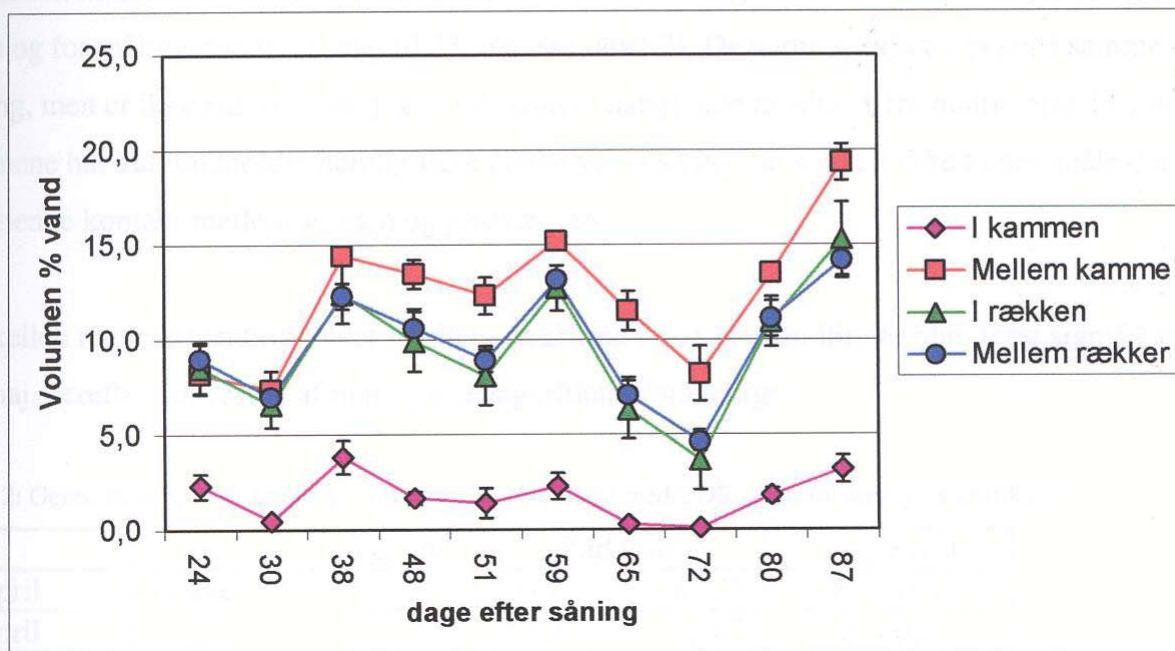


Figur 4: Afstand fra furens bund til kammens top. Den tidligere jordoverflade må ligge ca. midt imellem.

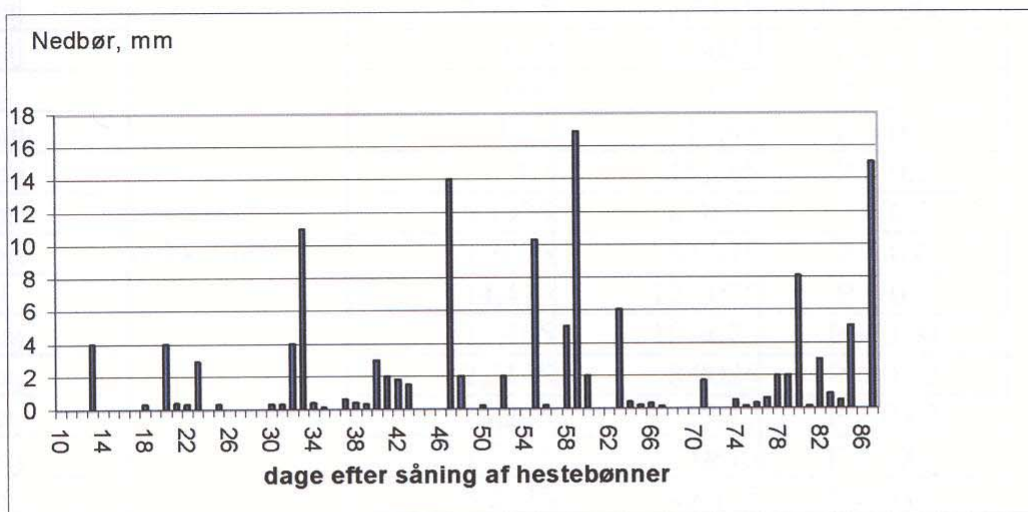
Porositetsmålingerne viste ingen signifikant forskel mellem behandlingerne, selv om volumenvægten i gennemsnit var lidt mindre (1,20 mod 1,25 g/cm³) og porevolumen var lidt større i kammene (55 mod 53 %).

3.2.2 Jordbehandlingens effekt på jordens vandindhold:

I figur 5 er illustreret vandindholdet i midten af kammene, i furerne mellem kammene, midt i rækken på flad mark og midt imellem rækkerne på flad mark, og i figur 6 er nedbøren i løbet af foråret vist.



Figur 5: Vandindholdet i volumenprocent i de to behandlinger i løbet af foråret 2002. Gennemsnit for 4 blokke.



Figur 6: Nedbør i mm i løbet af foråret 2002 på Jyndevad Forsøgsstation

Det ses at vandindholdet i er meget lavt i kammene, hvor det i hele perioden har ligget mellem 0 og 5 %, men højere i furerne imellem kammene, hvor det har ligget mellem 7 og 19%. På flad jord var der meget lidt forskel på målingerne midt i rækken og midt imellem rækkerne, begge steder lå de mellem 5 og 15 %.

Forskellen mellem vandindholdet midt i rækken i de to er signifikant for den første måling (18 april) og for målingerne fra 2. maj til 23. maj (se tabel 2). De andre resultater peger i samme retning, men er ikke signifikante p.g.a. for mange manglende resultater fra målingerne i kammene. I kammene har vandindholdet nemlig flere gange været så lavt, at sonden ikke kunne måle det pga. manglende kontakt mellem sonden og jordvæsken.

Forskellen mellem vandindholdet imellem rækkerne i de to behandlinger blev først signifikant fra 12. maj, derefter var resten af målingerne signifikant forskellige.

Tabel 2: Gennemsnitligt vandindhold i volumen procent, målt med TDR, samt forskellens signifikans.

Dato		kamme	flad jord	signifikans
18. april	i rækken	2,2925	8,5275	P = 0,01
29. april		0,47	6,5675	P = 0,2
2. maj		3,825	12,425	P = 0,03
12. maj		1,6525	9,9125	P = 0,02
15. maj		1,396667	8,1025	P = 0,04
23. maj		2,2825	12,7175	P = 0,008
29. maj		0,28	6,3025	P = 0,2
5. juni		0,09	3,66	P = 0,4
13. juni		1,81	10,95	P = 0,2
20. juni		4,2	15,285	P = 0,2
18. april	imellem rækkerne	8,1925	8,9825	P = 0,2
29. april		7,3675	6,9875	P = 0,6
2. maj		14,415	12,3075	P = 0,2
12. maj		13,465	10,6025	P = 0,04
15. maj		12,3175	8,9025	P = 0,03
23. maj		15,205	13,17	P = 0,02
29. maj		11,5225	7,0875	P = 0,03
5. juni		8,2125	4,6125	P = 0,05
13. juni		13,495	11,1175	P = 0,04
20. juni		19,33	14,1875	P = 0,009

Ved porøsitetmålingen d. 23. juni var vandindholdet signifikant større på flad jord end i kammen. (se tabel 3)

Tabel 3: Vandindhold i jorden i de to behandlinger i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans
Måling:			
Vandindhold, g/100g	10,5	8,7	P = 0,014
Volumenprocent vand	13,1	10,45	P = 0,014
Vandfyldt porevolumen	24,8%	19,2%	P = 0,016



Figur 1: Temperatur i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Vandindholdet i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Den gennemsnitlige vandindhold i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Den gennemsnitlige vandindhold i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Den gennemsnitlige vandindhold i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

Den gennemsnitlige vandindhold i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

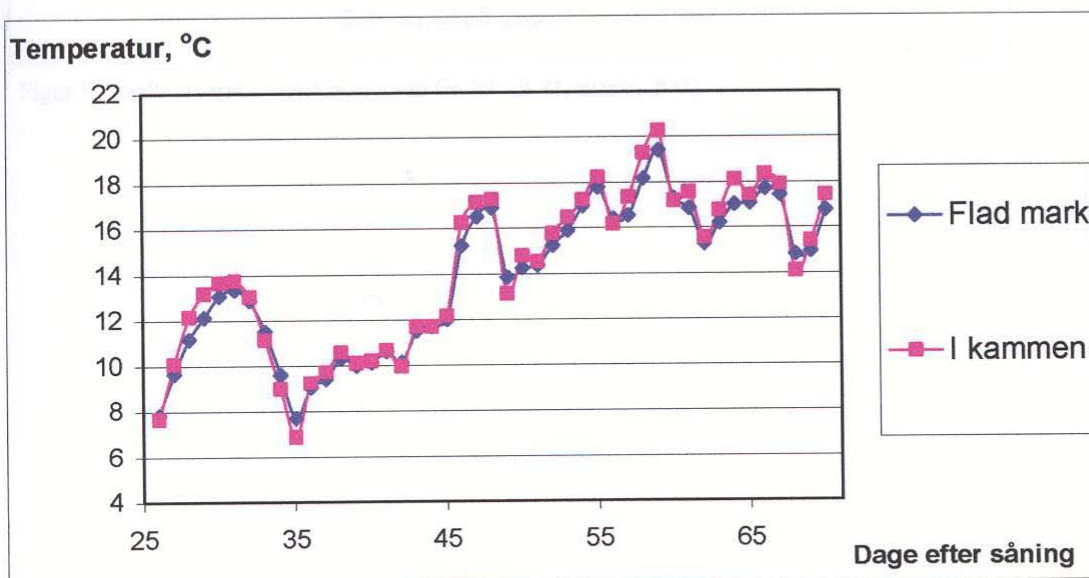
Den gennemsnitlige vandindhold i jorden i blok 2 i forbindelse med porøsitetmålingerne.

3.2.3 Jordbehandlingens effekt på jordtemperaturen

Døgnmiddeltemperaturen var gennemsnitligt 0,2 °C højere i jorden i kammene end i den flade jord (se tabel 4). Forløbet fra 19 april til 3 juni er illustreret i figur 7.

Tabel 4: Døgnmiddel temperatur fra 25 marts til 11 juni i de to behandlinger.

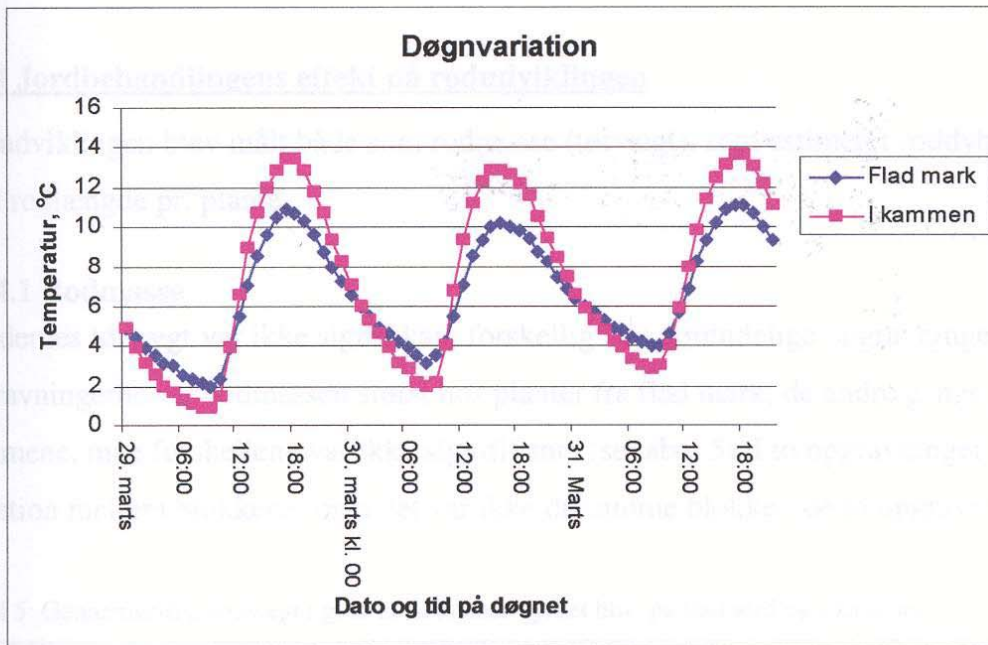
Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans
Gennemsnitlig døgnmiddeltemperatur over hele perioden:	11,4 °C	11,6°C	P < 0,0001



Figur 7: Døgnmiddeltemperatur hhv. i kamme og på flad jord fra d. 19 april til 2 juni 2002

Varmesummen over hele perioden var 3% højere i kammene.

Døgnvariationen var signifikant større i kammene end på flad jord. I gennemsnit var minimumstemperaturerne ca. 1°C koldere og maksimumstemperaturerne ca. 1,5°C varmere i kammene. Svingningerne i temperaturen fulgtes ad tidsmæssigt. For det meste nåede temperaturen minimum omkring 7-8 tiden om morgenen og maksimum ved 17-18 tiden om aftenen. Et eksempel på døgnvariationen er givet i figur 8.



Figur 8: Jordtemperatur målt hver time fra 29. til 31. marts, 2002.

3.2.4 Jordbehandlingens effekt på rodudviklingen

Rodudviklingen blev målt både som rodmasse (tørvægt), som estimeret roddebyde og som estimeret total rodlængde pr. plante.

3.2.4.1 Rodmasse

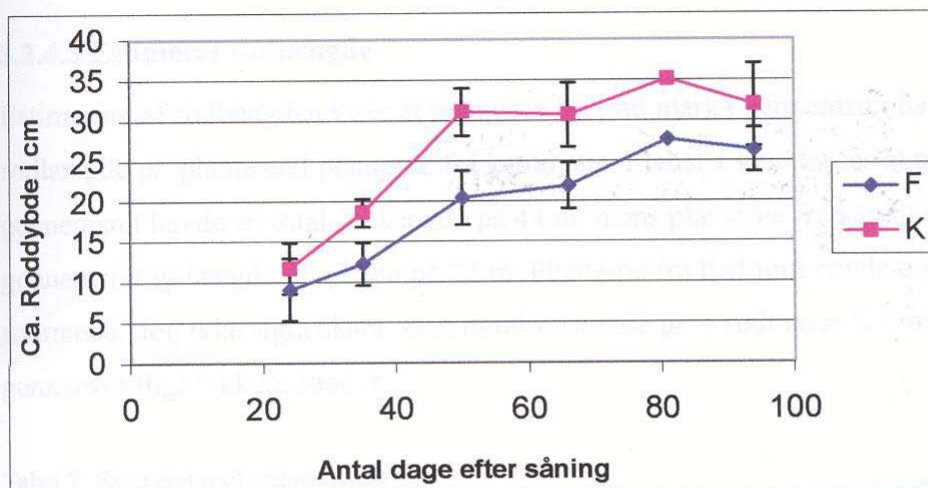
Røddernes tørvægt var ikke signifikant forskellig i de almindelige opgravninger. I et par af opgravningerne var rodmassen størst hos planter fra flad mark, de andre gange var den størst i kammene, men forskellene var ikke signifikante (se tabel 5). I to opgravninger var der signifikant variation mellem blokkene, men det var ikke de samme blokke i de to opgravninger.

Tabel 5: Gennemsnitlig rodvægt i g, af hestebønner dyrket hhv. på flad jord og i kamme.

Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans
Opgravningsdato:			
18 april	0,39	0,37	P = 0,7
29 april	0,36	0,39	P = 0,2
14 maj	0,38	0,43	P = 0,2
30 maj	0,52	0,54	P = 0,8
14 juni	1,38	1,37	P = 0,9
27 juni	2,01	2,03	P = 0,9

3.2.4.2 Estimeret roddebyde

Som det kan ses af figur 9, gik rødderne dybere ned hos de planter som blev dyrket i kamme. Forskellen var i gennemsnit 2,6 cm ved første opgravning, steg til 10,6 cm forskel midt i maj og faldt derefter til 5,6 cm ved sidste måling sidst i juni (se tabel 6). I begge behandlinger var roddebyden størst midt i juni, hvor roddebyden var 28 cm under flad jord og 35 cm under kamme. Forskellene var signifikante for alle måledatoer.



Figur 9: Estimeret roddybde i løbet af den første del af vækstsæsonen i 2002.

Tabel 6: Estimeret roddybde i cm

Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans
Opgravningsdato			
18 april	9,1	11,7	P = 0,0036
14 maj	20,4	31	P < 0,0001
30 maj	27,6	35,1	P < 0,0001
27 juni	26,3	31,9	P < 0,0001

3.2.4.3 Estimeret rodlængde

Estimering af rodlængden viste at planterne fra flad mark i gennemsnit havde signifikant længere rodlængde pr. plante end planterne fra kammene. I tabel 7 kan det ses at planterne fra flad jord i gennemsnit havde en total rodlængde på 44 m, mens planterne fra kammene havde en gennemsnitlig længde pr. plante på 25 m. Planterne fra flad jord havde også større længde pr. g rodmasse, dog ikke signifikant. Den mindre længde pr. g rodmasse for rødderne i kamme tyder på gennemsnitligt tykkere rødder.

Tabel 7: Estimeret rodlængde i meter

Behandling:	Flad jord	Kamme	Signifikans
Måling:			
Total rodlængde pr. plante (m)	44	25	P = 0,007
Rodlængde pr. g rodmasse (m)	47	35	P = 0,08

Røddernes fordeling i jorden var forskellig. Planterne fra flad jord havde generelt rødderne mere koncentreret nærmere jordoverfladen end planterne fra kammene, mens planterne fra kammene havde færre siderødder og længere pælerod.

Dette er illustreret i figur 10.

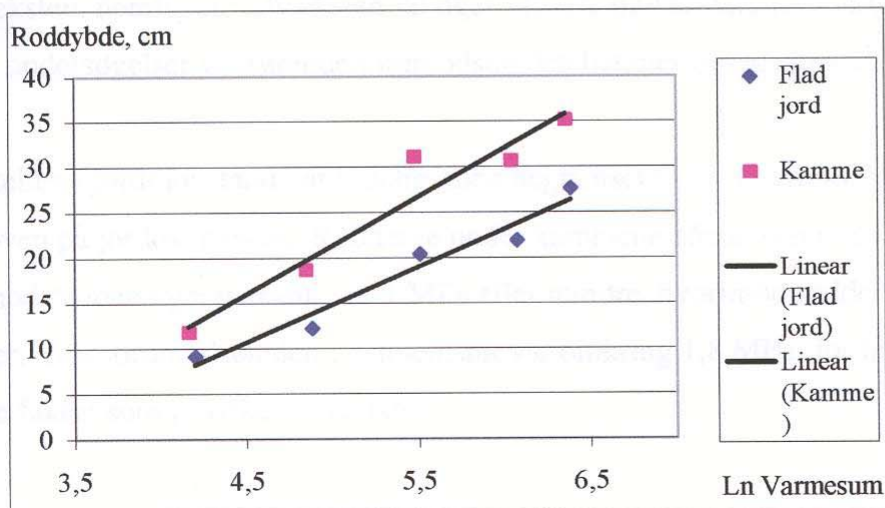


Figur 10: Planter fra blok 15, opgrøvet d. 30. maj. F = 5 planter fra flad jord, K = 5 planter fra kamme.

3.2.5 Varmesum og rodudvikling

Hvis den naturlige logaritme til den akkumulerede varmesum i jorden plottes mod den korresponderende estimerede roddebyde kan en lineær tendenslinje med regressionskoefficient på 0,87 tegnes.

Hvis data fra kamme og data fra flad mark får hver sin tendenslinje, får disse linier regressionskoefficienter på henholdsvis 0,97 og 0,98 (se figur 11).



Figur 11: Udviklingen i roddebyde plottet mod den naturlige logaritme til den tilhørende akkumulerede varmesum.

4.

Diskussion

Markforsøgets resultater bekræfter hypoteserne om ændringen af jordens fysiske egenskaber ved etablering af kamme. Jordens var løsere, tørrere og varmere i kammene.

Litteraturgennemgangen støtter to af de tre antagelser omkring disse fysiske faktorerers indflydelse på rodvæksten, nemlig at rodvæksten vil øges i løsere og varmere jord, dog med det forbehold at de fleste undersøgelser vedrørende jordmodstanden handler om løsning af kompakte jorde.

Forskellen i jordmodstand var tydelig, men begrænset til de 12 cm jord som ved etableringen var lagt oven på jordoverfladen. Rødderne under kammene nåede kun ned i dybder, hvor jordmodstanden i gennemsnit var 1 MPa eller mindre, hvorimod rødderne under flad jord nåede til dybder, hvor jordmodstanden i gennemsnit var omkring 1,8 MPa. Jordmodstand er altså ikke den eneste faktor som påvirker rodtybden.

Antagelsen om at det mindskede vandindhold ikke vil påvirke rodvæksten negativt, kan ikke entydigt bekræftes, da det afhænger helt af den specifikke situation.

Litteraturgennemgangen viste at for meget vand kan være skadeligt for rodvæksten, og at et moderat tørkestress under de rette forhold kan øge rodudviklingen.

TDR målingerne viser at selv i furerne mellem kammene, hvor der var mest vand, var der ikke mere end 20 vol% vand, og det er næppe værd for meget i en jord med ca. 50 % porevolumen. De 5 - 15 % som målt på flad mark har formentlig ikke forårsaget nogen problemer for afgrøden.

Under nordeuropæiske forhold, hvor regnen er jævnt fordelt over året, og jorden normalt ikke tørrer ud i dybden, kunne man forvente, at der er tilstrækkeligt med vand i jorden til at moderat tørkestressede planter vil øge deres rodudvikling, og nå ned i de vandholdige jordlag. Og med en kraftigt løsnet jord skulle det være endnu nemmere for rødderne at komme ned i dybden. Men resultaterne fra markforsøget viser at selv om planterne tilsyneladende har udviklet dybere rødder, er rodmassen ikke blevet forøget, og den totale rodlængde er faktisk blevet mindre. Og den forøgede rodtybde under kammene er selv på det tidspunkt hvor forskellen er størst, ikke større end højdeforskellen mellem kamme og flad jord, og rødderne under kammene er altså ikke kommet ned i dybere jordlag end rødderne under flad jord - faktisk tværtimod. I kammene har vandindholdet ifølge målingerne ligget mellem 0 og 5 %. Dog er målingerne i så tør sandjord ikke helt sikre, men lavt har vandindholdet i hvert fald været. Da visnegrænsen ($pF > 4,2$) i en sandjord ofte ligger ved et

volumetrisk vandindhold på mellem 5 og 10 % (Jensen & Jensen, 1999), skulle man mene at det lave vandindhold i kammene kan hæmme rodvæksten, med forbehold for ovennævnte usikkerhed i målingen.

Temperaturforskellen var i gennemsnit ikke stor, men der var større udsving til maksimum og minimumstemperaturer - dvs. jorden er blevet varmet hurtigere op og kølet hurtigere af. Så længe minimumstemperaturen i begge behandlinger lå under den kritiske grænse for rodvækst på 3-5 °C har den lavere temperatur i kammen formentlig ikke haft den store effekt, hvorimod den højere maksimumtemperatur har kunnet fremme væksten. Men det ser ud til at det ikke er mange dage, hvor begge behandlinger har så lave temperaturer, så dette forhold har formentlig ikke haft den store betydning. Som nævnt i litteraturgennemgangen er rodzonens dagtemperatur vigtigere end nattemperaturen p.g.a. større vandforbrug, men da temperaturerne i de to behandlinger ser ud til at være ens ved middagstid, er det formentlig heller ikke noget, som har påvirket rodudviklingen væsentligt. Ved analyse af resultaterne fra markforsøget formodes den lidt højere døgnmiddeltemperatur at være den vigtigste effekt.

Resultaterne fra den lineære regression mellem varmesum og roddebyde indikerer at forholdet mellem roddebyde og akkumuleret varmesum beskrives bedst for de to behandlinger hver for sig, og man kan derfor formode at behandlingerne har ændret forholdet mellem varmesum og roddebyde, således at rødderne i kammene har reageret på øget temperatur ved at søge dybere ned end rødderne i den flade jord. Dette kan så både skyldes at den løsere jord gjorde udvikling i dybden nemmere, eller manglen på vand gjorde den mere nødvendig – eller det kan skyldes helt andre faktorer. Men resultatet antyder at forskellen i roddebyde ikke alene skyldes øget temperatur i kammene.

Hovedhypotesen, at ændringerne i jordens fysiske egenskaber vil øge rodvæksten, kan ikke entydigt be- eller afkræftes. Rodmassen, som var den primære indikator for rodvæksten, var ikke signifikant påvirket af behandlingerne. Derimod var begge de to supplerende målinger af roddebyde og total rodlængde signifikant forskellige mellem de to behandlinger, men størst i hver sin behandling. Desuden blev der på planterne fra flad jord observeret flere siderødder og større koncentration af rødder i de øvre jordlag.

Den manglende forskel i rodmasse kan skyldes flere forhold. Da der har været flere ændringer i rodmiljøet, kunne man antage at de negative virkninger af blandt andet det begrænsede vandindhold har opvejet de positive virkninger af højere temperatur og løsere jord.

I løbet af vækstsæsonen var der hver anden uge en del gåen frem og tilbage langs rækkerne i forbindelse med opgravning af planter. På kammene kan planterne have været mere sårbare overfor disse forstyrrelser, dels fordi planterne står højere oppe og mindre stabilt forankret end planterne på flad jord, og dels fordi man ikke kan undgå at skubbe til jorden i kammene, når man færdes imellem dem.

Der er også den mulighed, at de observerede forskelle i sidste års forsøg i højere grad har skyldtes samdyrkingen med kartofler, end placeringen i kamme. Men eftersom kartofler og hestebønner blev dyrket i fire rækker ad gangen, er det svært at tro at samdyrkingen har haft en stor indflydelse på rødderne (Se appendiks B). Hvis kartoflerne har reduceret forekomsten af sygdom, som det antages i Carmina projektet, kan dette selvfølgelig have påvirket rodudviklingen.

Mere sandsynligt er det dog at det primært er en ændring i roddebyde, der blev observeret sidste år.

Estimerne af roddebyde og rodlængde er behæftede med visse usikkerheder. Først og fremmest medfører opgravningsmetoden en vis risiko for at miste de dybeste rødder (dette vil naturligvis også påvirke målingerne af rodmassen), men den evt. tabte del burde være nogenlunde lige stor i de to behandlinger, medmindre en større del tabes under kammene, hvor rødderne jo ifølge vores målinger går dybere ned, eller hvis den løsere jord i kammene har gjort det nemmere at grave dybe rødder op, således at en større del af rod materialet graves op fra kammene.

Selve estimeringen af roddebyden er upræcis, fordi der måles på et lodret hængende rodnet, hvilket ikke nødvendigvis repræsenterer den reelle fordeling i jorden. Igen kan man antage at fejlvisningen vi være nogenlunde den samme i begge behandlinger, eller endda mindre på planter fra kamme, fordi rødderne i kammene må formodes at have søgt mere direkte nedad for at finde vand, og fordi jordmodstanden ikke har været hæmmende, hvorimod rødderne i den flade jord formentlig kan være søgt mere sidelæns, fordi der har været mere vand til rådighed og større modstand i jorden i forhold til i kammene.

Ved estimeringen af total rodlængde går usikkerhederne mere på om den rodprøve, som blev taget fra hver plante nu virkelig også var repræsentativ, og på om intersectmetoden giver et sikkert estimat af disse planters rodlængde. Usikkerheden ved denne metode er muligvis større ved

hestebønnerødder end andre planter, da de er forholdsvis tykke (sammenlignet med eksempelvis lupiner), og derfor svære at fordele jævnt på en plade.

Uanset disse usikkerheder står det stadig klart at rodnettets fordeling er forskellig i de to behandlinger. Det er formodentlig den mindskede jordmodstand og det lave vandindhold, der har fået planterødderne til at strække sig i dybden og investere mere biomasse i pæleroden frem for siderødderne og øget total rodlængde.

Om denne forskel er positiv eller negativ kommer an på synsvinklen. Øget roddebygge forbedrer afgrødens mulighed for at klare sig under tørke, og er derfor teoretisk set en fordel, men da planterne i kammen er sået 12 cm højere end planterne på flad jord, når de ikke dybere ned i jordprofilen, idet de kun var 10 cm dybere end planterne på flad jord på det tidspunkt, hvor forskellen mellem roddebyggerne var størst. En samtidig mindsket total rodlængde vil heller ikke gavne i tørkesituationer. For at drage nytte af den ændrede rodudvikling i kammene, skal man altså være sikker på en god vandforsyning.

- A) Øget roddebygge i kammene vil forbedre afgrødens muligheder for at klare sig under tørke.
- B) Øget roddebygge i kammene vil forbedre afgrødens muligheder for at klare sig under tørke, men den øgede rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer.
- C) Øget roddebygge i kammene vil forbedre afgrødens muligheder for at klare sig under tørke, men den øgede rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer, da planterne i kammene er sået 12 cm højere end planterne på flad jord.
- D) Øget roddebygge i kammene vil forbedre afgrødens muligheder for at klare sig under tørke, men den øgede rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer, da planterne i kammene er sået 12 cm højere end planterne på flad jord, og den øgede rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer.

Såset kan jeg konkludere at

afgrøden i kammen vil klare sig bedre under tørke, fordi den har en øget rodlængde og vandindhold i pæleroden, og derfor vil den klare sig bedre under tørke.

Hestebønnerødderne i kammen vil være tykkere end i fladen, fordi de har en øget rodlængde og vandindhold i pæleroden, og derfor vil de klare sig bedre under tørke. Men ændringen i rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer, da planterne i kammen er sået 12 cm højere end planterne på flad jord, og den øgede rodlængde vil ikke gavne afgrøden i tørkesituationer.

5.

Perspektiv Konklusion

Overordnet kan jeg på baggrund af mit projektarbejde konkludere, at den tidlige rodudvikling i hestebønner (*Vicia Faba L.*) ændres, hvis de dyrkes i kamme frem for på flad jord. Denne ændring i rodudvikling blev ikke afspejlet i markforsøgets primære måling, rodmassen, men derimod i forsøgets supplerende estimeringer af rodedybde og rodlængde. Dermed bliver grundlaget for at konkludere mere præcist, hvordan rodudviklingen påvirkes, noget usikkert, og følgende konklusioner er derfor draget med dette forbehold.

Med henvisning til projektets hypoteser og antagelser, kan jeg på baggrund af litteraturgennemgangen og markforsøget konkludere at etableringen af kamme medfører at:

- 1) Jorden i kammene er løsere end den flade jord.
- 2) Jorden i kammene er tørrere end den flade jord.
- 3) Jorden i kammene er varmere end den flade jord.
- A) Reduceret jordmodstand fremmer rodudviklingen.
- B) Lavt vandindhold hæmmer rodvæksten i en sandet jord.
- C) Øget temperatur fremmer rodudviklingen.

Samlet kan jeg konkludere at:

Ændringerne i de tre af jordens fysiske faktorer, som jeg har undersøgt: jordmodstand, vandindhold og temperatur, påvirker rodudviklingen.

Hestebønners rodudvikling i den første del af vækstsæsonen påvirkes af, at dyrkningen foregår i kamme, men ændringen i rodudviklingen fører ikke altid til et større rodnet, men snarere til en øget vækst af pæleroden og en reduceret vækst af siderødderne, hvorved rødderne opnår en større rodedybde, men kortere total rodlængde.

6.

Perspektivering

Resultaterne fra dette projekt giver anledning til yderligere overvejelser mht. hestebønners rodudvikling, og da der ikke foreligger særlig meget forskning indenfor området, og slet ikke i forbindelse med dyrkning i kamme, er der mange aspekter, som det kunne være interessant at undersøge yderligere.

Først og fremmest ville det være interessant at lave et nærmere studie af hvordan dyrkning i kamme påvirker røddernes fordeling i jorden og forholdet mellem pælerod og siderødder med metoder som er designet til at studere dette, og hvordan disse ændringer påvirker den symbiotiske kvælstoffiksering.

Når markforsøget er afsluttet vil det vise sig om den ændrede fordeling af rødderne under kammene har givet anledning til en ændring i udbyttet og i kvælstoffikseringen. Allerede nu tyder en foreløbig måling på, at der har været større fiksering af kvælstof under kammene (Vinther, 2002). Det bliver også interessant at se om en af de andre behandlinger, der gik ud på at hyppe jorden på omkring planterne, efterhånden som de udviklede sig, medfører ændringer i udbytte og kvælstoffiksering. Det ville også være interessant at undersøge rodudviklingen i kamme på lerjord, hvor jorden er tungere, vådere og længere tid om at blive varmet op i foråret. I sådan en jord vil øget løshed og hurtigere opvarmning af jorden i kammene i foråret være en større fordel end på sandjord.

Vandindholdet vil også være højere i både kamme og på flad jord, men samtidig ligger visnegrænsen også ved et højere vandindhold, fordi en større del af vandet holdes tilbage i de helt små porer, hvor det ikke er plantetilgængeligt. Her vil den løsenede jord formentlig være en fordel for planterne, fordi en større porøsitet formentlig også medfører en større andel plantetilgængeligt vand. Så man kan formode at fordelene ved at dyrke på kamme vil være større på lerjord, end den var på sandjord.

Dyrkning i kamme er generelt interessant af hensyn til kvælstofudvaskning og jorderosion. Men for at slå an blandt planteavlere er det vigtigt at metoden i det mindste ikke mindsker deres udbytte eller forringer udbyttesikkerheden. Hvis jorderosion var lige så stort et problem her i landet som der er mange andre steder i verden, ville kammenes positive effekt nok være mere interessant for planteavlere.

Forskningen i hestebønners rodudvikling er interessant fordi hestebønner er en af de kvælstoffikserende planter som er i stand til at fikserer mest kvælstof fra luften. Op mod 60 - 70 % af kvælstoffet i planten fikseres fra luften, hvilket er mere end f.eks. almindelige bønner (*Phaseolus*

vulgaris), mungbønner (*Phaseolus aureus*), kikærter (*Cicer arietinum*), sojabønner (*Glycine max*) og Vignabønner (*Vigna unguiculata*) (Rondon & Bastidas, 1995; Danso, 1995). Hestebønner er således en afgrøde som har et potentiale indenfor økologisk jordbrug.

En forbedret rodudvikling kunne forventes at fremme kvælstoffikseringen. Umiddelbart må man antage at større rodmasse, total rodlængde og roddebylde vil være fremmende for kvælstoffikseringen. Mine resultater tyder ikke på en positiv virkning af kammene i forhold til de to førstnævnte faktorer, men de første resultater fra målingerne af kvælstoffikseringen tyder på en væsentligt forbedret kvælstoffiksering i kammene. Årsagen kan være at hvis den reducerede rodvækst i kammene skyldes et forandret "source/sink"-forhold, og ikke forhold i jorden som hæmmer rodvæksten, vil planten have forøget vegetativ vækst og dermed sandsynligvis større produktion af fotosyntese-produkter, som er til gavn for de kvælstoffikserende bakterier. Det kan også være at årsagssammenhængen er omvendt, således at de forandrede forhold i jorden har fremmet kvælstoffikseringen på bekostning af produktionen af rodmasse.

Et af de største problemer med hestebønner er, at den har ry for at være meget svingende i udbytte fra år til år. Derfor er det væsentligt at forske i metoder til at sikre et mere stabilt udbytte. En forbedret rodudvikling med dybere og længere rødder kunne forventes at reducere usikkerheden, og hvis det viste sig at rodudviklingen blev bedre i kamme, var det værd at kigge nærmere på. Men mine resultater antyder, at dette ikke er tilfældet. Nok gik rødderne dybere ned, men de nåede ikke ned i dybere jordlag, og med reduceret total rodlængde er de ikke sikret en bedre vandforsyning. Dermed kan man tvivle på, om dyrkning i kamme vil medføre en forbedring af udbyttestabiliteten. Men muligheden foreligger, at på en tung lerjord, eller måske med tilstrækkelig vanding vil resultatet være mere positivt.

I lande som Kina, Egypten, Sudan og Etiopien er hestebønner en vigtig afgrøde, som en af de primære kilder til protein blandt den fattige del af befolkningen. Jordforhold og vejrlig i disse lande er selvfølgelig meget anderledes fra forholdene i Danmark, og resultater fra forskning herfra kan derfor ikke nødvendigvis overføres direkte, men resultaterne kan dog stadig have interesse for de mange mennesker, som er afhængige af hestebønner i deres daglige kost.

Litteraturliste.

Assaeed, A.M., McGowan, M., P.D. Hebblethwaite & Brereton, J.C. (1990): Effect of soil compaction of growth, yield and light interception of selected crops. *Annals of Applied Biology*. Bd. 117, nr. 3, pp.653-666.

Berhe, A. (1998): On-farm evaluation of some agronomic factors affecting productivity of faba bean in Selalie zone, Ethiopia. *Fabis Newsletter*. Bd. 41, pp. 13-17.

Bierhuizen, J.F. (1973): The effect of temperature on plant growth, development and yield. I: (ed.) Slatyer, R.O. *Plant response to climatic factors. Proceedings of the Uppsala symposium, 1970*. Unesco. Paris. pp. 89-98.

Bierhuizen, J.F. & Feddes, R.H. (1969): The application of heat units for germination and plant growth. (Paper presented at the congress on timing field production, 1969, at Alkmaar (The Netherlands), to be published in *Acta Hort.*) cf: Bierhuizen, 1973.

Brouwer, R. (1962): Influence of temperature of the root medium on the growth of seedlings of various crop plants. *Mededelingen 175 van heet Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbougewassen, Wageningen*. pp. 11-18.

Danso, S.K.A., (1995): Sustainable Agriculture – the role of biological nitrogen fixing plants. I: (1995) *Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation - Proceedings of a Symposium, Vienna, 17-21 October 1994*. International Atomic Energy Agency, Vienna. pp. 205-224.

Dantuma, G., & Grashoff, C. (1984): Vegetative and reproductive growth of faba bean (*Vicia faba* L.) as influenced by water supply. I: (eds.) Hebblethwaite. P.D., Dawkins, T.C.K., Heath, M.C., Lockwood, G. (1984): *Vicia Faba: Agronomy, Physiology and Breeding. Proceedings of a seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Plant Protein Improvement, held at the University of Nottingham, UK, 14-16 September, 1983*. Martinus Nihoff / Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.

Dawkins, T.C.K., & Brereton, J.C. (1984): The effects of poor soil physical conditions on the growth and yield of *Vicia faba*. I: (eds.) Hebblethwaite, P.D., Dawkins, T.C.K., Heath, M.C., Lockwood, G. (1984): *Vicia Faba: Agronomy, Physiology and Breeding. Proceedings of a seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Plant Protein Improvement, held at the University of Nottingham, UK, 14-16 September, 1983*. Martinus Nihoff / Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.

Edlefsen, O.Ø. (u.å): Jyndevad Forsøgsstation, [online]. Danmarks JordbrugsForskning. [7. august 2002] Tilgængelig på internettet: <http://www.agrsci.dk/ifo/markd/Forsogsstationer/Jyndevad/index.shtml>.

El-Shazly, M.S. (1993): Root distribution and relationship of root length to leaf Area of different genotypes of faba bean. *Fabis Newsletter* No. 32, pp. 25-30.

Eppendorfer, W.H. (2000): Rodudvikling og rhizosfæprocesser. I: (eds) Finnemann, J., Gahonia, T.S., Husted, S., Jensen, L.S., Mattsson, M., Müller, T., Nielsen, K.H., Nielsen, N.E. & Schjørring, J.K. (2000): *Plantevækstfaktorer og afgrødefysiologi B. Vejledning til laboratorieøvelser i Planternes Ernæring*. DSR Forlag, Frederiksberg.

Feddes, R.A. (1971): Water, heat and crop growth. *Mededelingen Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland*, nr.12.

Gerard, C.J., Sexton, P. & Shaw, G. (1982): Physical factors influencing soil strength and root growth. *Agronomy Journal*. Bd. 74, nr. 5, pp. 875–879.

Hallmark, W.B. & Barber, S.A. (1981): Root growth and morphology, nutrient uptake, and nutrient status of soybeans as affected by soil K and bulk density. *Agronomy Journal*. Bd. 73, nr.5, pp 779-782.

Hebblethwaite, P.D. (1984): Faba bean research in Europe. I: (eds.) Hebblethwaite. P.D., Dawkins, T.C.K., Heath, M.C., Lockwood, G. (1984): *Vicia Faba: Agronomy, Physiology and Breeding. Proceedings of a seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Plant Protein Improvement, held at the University of Nottingham, UK, 14-16 September, 1983*. Martinus Nihoff / Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.

Hebblethwaite et al, (1984) – The effect of irrigation and bees on the yield and yield components of *Vicia faba* L. I: (eds.) Hebblethwaite. P.D., Dawkins, T.C.K., Heath, M.C., Lockwood, G. (1984): *Vicia Faba: Agronomy, Physiology and Breeding. Proceedings of a seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Plant Protein Improvement, held at the University of Nottingham, UK, 14-16 September, 1983*. Martinus Nihoff / Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.

Jensen, H.E. & Jensen, S.E. (1999): *Jordfysik og jordbrugsmeteorologi. Det fysiske miljø for plantevækst*. DSR Forlag. Frederiksberg.

Karamanos, A.J. (1984): Effects of water stress on some growth parameters and yield of field bean crops. I: (eds.) Hebblethwaite. P.D., Dawkins, T.C.K., Heath, M.C., Lockwood, G. (1984): *Vicia Faba: Agronomy, Physiology and Breeding. Proceedings of a seminar in the CEC Programme of Coordination of Research on Plant Protein Improvement, held at the University of Nottingham, UK, 14-16 September, 1983*. Martinus Nihoff / Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.

Keatinge, J. D. H. & Shaykewich, C.F. (1977): Effects of the physical environment on the growth and yield of field beans (*Vicia faba minor*) in the Canadian prairie. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. Bd. 89, 2. del, pp. 349–353.

Klug-Andersen, S. (2002): Personlig meddelelse. Lektor, Lic. agro. Sektion for havebrug, Institut for jordbrugsvidenskab, Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, Højbakkegaard Allé 21, 2630 Taastrup. Telefonnummer: 35 28 34 04. E-mail: ska@kvl.dk.

- Kranz, W. L. and Kanwar, R.S. (1995): Spatial distribution of leachate losses due to preplant tillage methods. *I: Clean Water – clean environment – 21st century. Team agriculture – working to protect water resources. Conference proceedings, volume II: Nutrients, March 5-8, 1995, Kansas City, Missouri.* ASAE, Michigan. pp. 107–110.
- Lindemann, W.C., Ham, G.E. & Randall, G.W. (1982): Soil compaction effects on soybean nodulation, N₂(C₂H₄) fixation and seed yield. *Agronomy Journal*. Bd. 74, nr 2, pp. 307–311.
- Manschadi, A.M., Sauerborn, J., Stützel, H., Göbel, W. and Saxena, M.C. (1998): Simulation of faba bean (*Vicia faba* L.) root system development under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. Bd. 9, pp. 259-272.
- Materechera, S.A., Dexter, A.R. & Alston, A.M. (1991): Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant and Soil*. Bd. 135, nr. 1, pp. 31-41.
- Murinda, M.V. and Saxena, M.C. (1985): Agronomy of faba beans, lentils, and chickpeas. *I:* (eds) Saxena, M.C. and Varma, S. *Faba Beans, Kabuli Chickpeas and Lentils in the 1980s: an International Workshop, 16-20 May 1983; proceedings.* Aleppo International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) , pp. 229–244.
- Møllerhagen, P.J. (1993): Jordarbeiding til potet. *I:* (eds) Åssveen, M., Abrahamsen, U. & Dæhlin, E. *Jord- og plantekultur 1993. Korn Potet Miljø. Forsøksresultater 1992.* Apelsvoll forskningsstasjon og Statens fagtjeneste for landbruket. Mysen. pp. 160-161.
- Newman, E.J. (1966): A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*. Bd. 3, pp. 139-145.
- Rasmussen, J. (2000): *Dyrkningsforsøg med rækkeafgrøder*, [online]. FØJO II Forsknings projekter. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug [citeret 4. August 2002]. Tilgængelig på internet: <<http://www.agrsci.dk/foejo/forskning/foejoi/i6.html>>.

Rengasamy, J.I. & Reid, J.B. (1993): Root system modification of faba beans (*Vicia faba* L.), and its effects on crop performance. 1. Responses of root and shoot growth to subsoiling, irrigation and sowing date. *Field Crops Research*. Bd. 33, nr. 3, pp. 175–196.

Robinson, R.G. (1983): Yield and composition of field bean and adzuki bean in response to irrigation, compost and nitrogen. *Agronomy Journal*. Bd. 75, nr. 1, pp. 31–35.

Rondon, M.A. & Bastidas, G. (1995): Determination of the amount of N fixed by faba beans and its residual effect as green manure on a succeeding potato crop using ^{15}N techniques in the field. I: (1995) *Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation - Proceedings of a Symposium, Vienna, 17-21 October 1994*. International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 343-351.

Rothamsted Experimental Station. (1979): *Yields of the field experiments*. Lawes Agricultural Trust. Harpenden.

Rudemo, M. (1979): *Statistik og sandsynlighedslære med biologiske anvendelser. Del 2. Varians- og regressionsanalyse, sampling*. DSR Forlag, Frederiksberg.

Saxena, M.C. (1982): Physiological Aspects of Adaptation. I: Hawtin, G. & Webb, C. (eds) (1982). *Faba Bean Improvement. Proceedings of the Faba Bean Conference held in Cairo, Egypt, March 7-11, 1981*. World Crops Series. Martinus Nijhoff Publishers, Hague, pp. 145-159.

Schumacher, T.E. & Smucker, J.M. (1981): Mechanical impedance effects on oxygen uptake and porosity of dry bean roots. *Agronomy Journal*. Bd. 73, nr. 1, pp. 51 - 55.

Stone, J.A. & Taylor, H.M. (1983): Temperature and the development of the taproot and lateral roots of four indeterminate soybean cultivars. *Agronomy Journal*. Bd. 75, nr. 4, pp. 613-618.

Taylor, H.M. & Gardner, H.R. (1963): Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. *Soil Science*. Bd. 96, pp. 153 - 156. (cf: Jensen & Jensen, 1999)

Thapa, B.B., Cassel, D.K. & Garrity, D.P. (1999): Ridge tillage and contour natural grass barrier strips reduce tillage erosion. *Soil & Tillage Research*. Bd. 51, nr. 3-4, pp. 341 - 356.

Thomsen, A. (1994): Program AUTOTDR for making automated TDR measurements of soil water content. Users's guide, vers. 01, January 1994. SP report no. 38.

Ministry of Agriculture, Danish Institute of Plant and Soil Science.

Thomsen, H.C. (2002): Personlig meddelelse. Landbrugstekniker. Jydevad Forsøgsstation, Flensborgvej 22, 6360 Tinglev, telefon: 74 64 83 16 - 74 64 84 89

Turman, P.C., Wiebold, W.J., Wrather, J.A. & Tracy, P.W. (1995): Effect of planting date and tillage system on soybean root growth. *Journal of Plant Nutrition*. Bd. 18, nr. 12, pp. 2579 - 2594.

Vinther, F.P. (2002): Personlig meddelelse. Seniorforsker. Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Plantevækst og Jord. Postboks 50, 8830 Tjele. Telefon: 89 99 18 61 - Fax: 89 99 16 19. E-mail: Finn.Vinther@agrsci.dk.

Voorhees, W.B., Farrell, D.A. & Larson, W.E. (1975): Soil strength and aeration effects on root elongation. *Soil Science Am. Proc.* Bd. 39, pp. 948-953. (cf: Jensen & Jensen, 1999)

Waddell, J. T. & Weil, R.R. (1996): Water distribution in soil under ridge-till and no-till corn. *Journal Soil Science Society of America*. Bd. 60, nr. 1, pp 230-237.

Xu, C. & Pierce, F.J. (1998): Dry bean and soil response to tillage and row spacing. *Agronomy Journal*, Bd. 90. nr. 3, pp. 393 - 399.

Bilag

A: Beskrivelse af Carmina

FØJO · Forskning > FØJO II > Dyrkningsforsøg med rækkeafgrøder
Dyrkningsforsøg med rækkeafgrøder

Projektets mål er at udvikle økologiske dyrkningssystemer, der giver et højere udbytte, bedre produkt-kvalitet og mindre udvaskning af næringsstoffer. Midlerne er opsætning af jorden i kamme og dybe jordløsninger i vækstsæsonen. Desuden er blandinger af sorter og forskellige kulturer midler til at reducere angreb af sygdomme og skadedyr. I projektet fokuseres fortrinsvis på kartofler, da de i forvejen dyrkes i kamme, og der er et stort behov for at regulere kartoffelskimmel. Spisekvalitet af kartofler vil være en central parameter i forsøgene, der gennemføres på forskellige jordtyper, med og uden fangaf-grøder og med forskellige niveauer af husdyrgødning.

Opsætning af jorden i kamme som alternativ til pløjning er velkendt fra USA, hvor systemet reducerer pesticid- og gødningsforbrug ved konventionel dyrkning. Systemet har ikke tidligere været forsøgt tilpasset økologisk dyrkning i Danmark. I forhold til pløjning forventes det, at kamme vil nedbringe udvaskningen af plantenæringsstoffer i vinterhalvåret. Vinterens nedbør løber af, så vandopløselige næringsstoffer i kammene bliver beskyttet mod udvaskning.

Forsøg har vist, at kartoffel sætter pris på en meget løs jord og giver merudbytter ved dybe jordløsninger i vækstsæsonen. Effekterne er tilsyneladende årsafhængige. Derfor undersøger projektet samspillet mellem dyb jordløsning og vandingsintensitet på sandjord.

Der foreligger kun meget sparsom viden med hensyn til sortsblandinger i kartoffeldyrkning. Der er store økonomiske gevinster ved at forsinke kartoffelskimlens udvikling. Projektet undersøger derfor blandinger af sorter med forskellige resistenssilder og effekten af rækker af andre afgrøder i kartoffel-marken, blandt andet hestebønner.

Projekttitel

I.6 Dyrkning af rækkeafgrøder - Kamme, dybe jordløsninger samt sorts- og artsblandinger (CARMINA)

Projektleder

Jesper Rasmussen

KVL, Institut for Jordbrugsvidenskab

Agrovej 10, 2630 Tåstrup

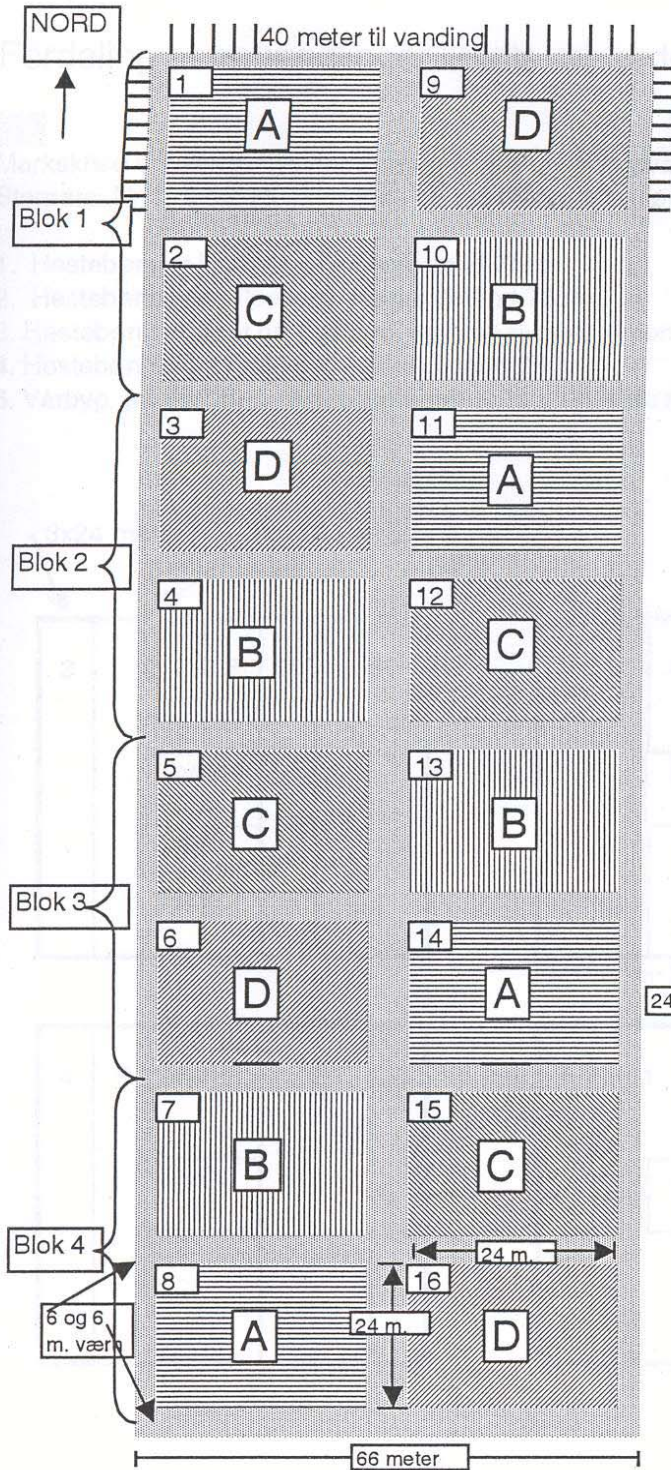
Tlf.: 35 28 34 56, Fax: 35 28 21 75

E-mail: jer@kvl.dk

Projektdeltagere

Christian Bugge Henriksen og Lisa Munk, KVL, Lars Bødker og Jens Peter Mølgaard, DJF (Rasmussen, 2000)

B: Markplaner



Høst af kartofler.

Der høstes 4/6 rækker hvor der står en PVC-pind

Forsøgsplan år 2002

- A: Hestebønner/kartofler Ø-V (på kam)
- B: Hestebønner/kartofler N/S (på kam)
- C: Hestebønner (uden kam)
- D: Kartoffler

A+B: 4 rækker hestebønner og 4 rækker kartofler, skiftevis.

Brutto parc. 30x30 meter (10 træk a' 3m.)

Der sås et hestebønne-værn på 6 meter i midten og 6 meter yder.

Netto parc. 24x24 meter.

Året efter sås der hestebønner, hvor der var kartofler året før, og kartofler hvor der var hestebønner.

Der laves efterårsskamme i led A+B og ingen i led C+D.

Sorter: Hestebønner: Alfred 40 frø/m.

Kartofler: Oleva 3 pl/m..

Gødning: Hestebønner: 0 gødning

Kvæggylle Kartoffler: 160 kg. total N (nedfældet ca. 14 dage efter sætning.)

Vanding: Hele marken vandes med kanon og underskud beregnes efter kartofler (PC-markvand)

Udbyttmåling: Hestebønner: på frø.
kartofler: total knold udb.
midt parc. 15 x 3 m.

Registreringer:

skimmel: obs i marken indtegnes + % angreb bed. pr. række. (2x ugentlig ved angreb.)

N-min prøver: Før lægning

I forlængelse af forsøget laves et orienterende forsøg med forskellige hestebønnesorter sået på kam i samdyrkning med kartofler.

Følgene sorter:

Alfred, Columbo, Scirocco, ATT 1 + et par nr. sorter.

Ligeledes lave et lille forsøg med

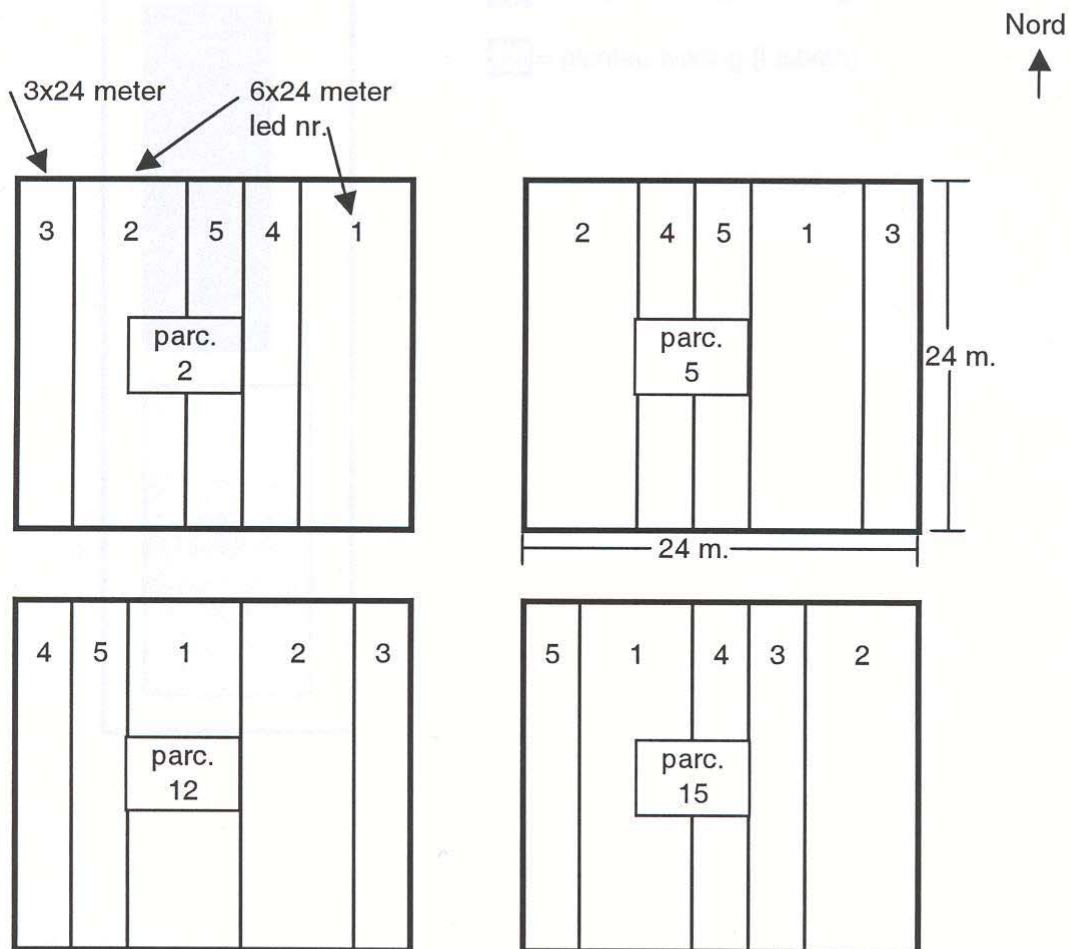
Fordeling af behandlinger i plots og fordeling af plots i parceller



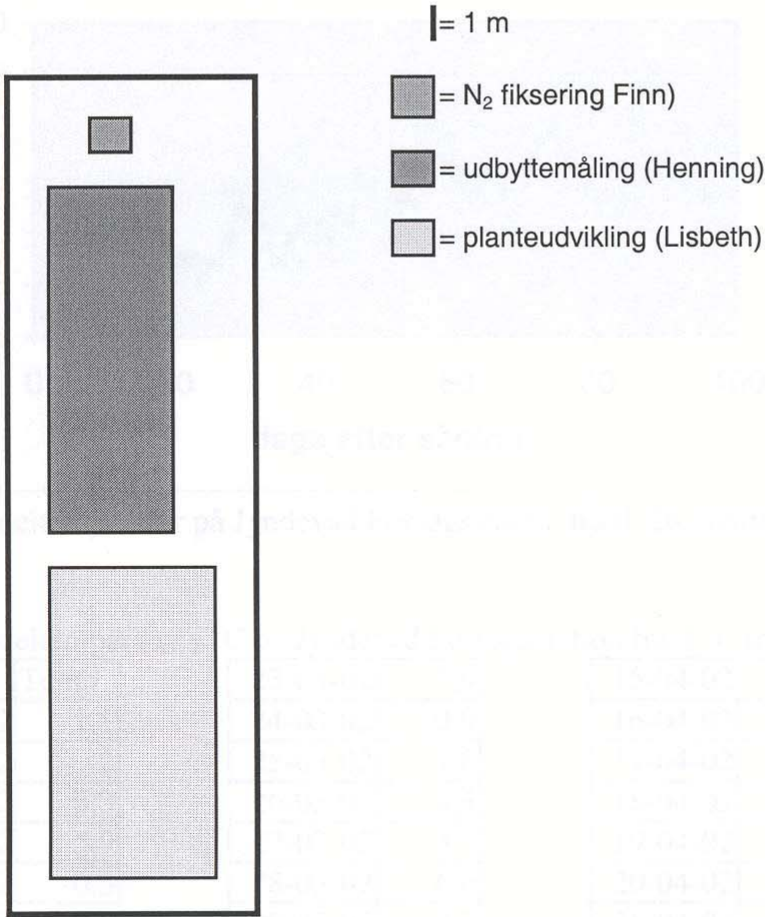
Markskitse til forsøg: "Hestebønners tidlige udvikling ved dyrkning i kamme."

Storparc. Nr. 2-5-12-15 inddrages fra artsblandingsforsøget !

1. Hestebønner i kamme, rækkeafstand 75cm
2. Hestebønner på flad jord, rækkeafstand 75cm
3. Hestebønner, sået på flad jord, kamme hyppes op om de fremspirede planter, rækkeafstand 75cm
4. Hestebønner på flad jord, rækkeafstand 25cm
5. Vårbyg, på flad jord; reference afgrøde i forbindelse med måling af N2 fiksering

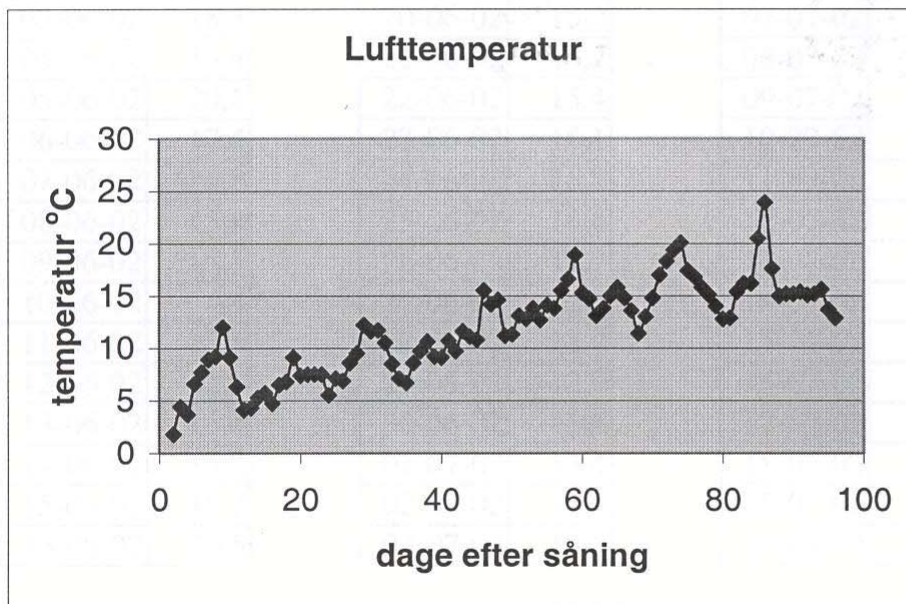


Fordeling af undersøgelser i et plot



Dato	Temperatur (°C)	Temperatur (°C)	Temperatur (°C)
05-05-02	15.5	15.5	15.5
06-05-02	14.2	14.2	14.2
07-05-02	14.6	14.6	14.6
08-05-02	11.2	11.2	11.2
09-05-02	11.3	11.3	11.3
10-05-02	13.1	13.1	13.1
11-05-02	12.8	12.8	12.8
12-05-02	13.8	13.8	13.8
13-05-02	12.7	12.7	12.7
14-05-02	14.7	14.7	14.7
15-05-02	13.6	13.6	13.6
16-05-02	13.3	13.3	13.3
17-05-02	16.6	16.6	16.6
18-05-02	15.9	15.9	15.9
19-05-02	14.7	14.7	14.7
20-05-02	13.1	13.1	13.1
21-05-02	13.8	13.8	13.8
22-05-02	14.7	14.7	14.7
23-05-02	13.6	13.6	13.6
24-05-02	14.7	14.7	14.7
25-05-02	14.8	14.8	14.8
26-05-02	13.6	13.6	13.6
27-05-02	14.8	14.8	14.8
28-05-02	14.8	14.8	14.8
29-05-02	13.6	13.6	13.6
30-05-02	11.4	11.4	11.4

C: Temperatur og jordforhold på Jyndeved forsøgsstation i foråret 2002



Døgnmiddeltemperatur på Jyndeved Forsøgsstation fra d. 26. marts til d. 28. juni

Døgnmiddeltemperatur i °C på Jyndeved Forsøgsstation fra d. 1. marts til d. 1. august:

dato	Temp	23-03-02	1,9	15-04-02	7,5	08-05-02	15,5
01-03-02	1,5	24-03-02	0,9	16-04-02	5,5	09-05-02	14,2
02-03-02	2	25-03-02	1,8	17-04-02	7,1	10-05-02	14,6
03-03-02	6,3	26-03-02	4,4	18-04-02	6,9	11-05-02	11,2
04-03-02	5,9	27-03-02	3,7	19-04-02	8,6	12-05-02	11,3
05-03-02	6,5	28-03-02	6,6	20-04-02	9,5	13-05-02	13,1
06-03-02	6	29-03-02	7,7	21-04-02	12,2	14-05-02	12,8
07-03-02	6,9	30-03-02	8,9	22-04-02	11,6	15-05-02	13,8
08-03-02	6,2	31-03-02	9,2	23-04-02	11,7	16-05-02	12,7
09-03-02	5,2	01-04-02	12	24-04-02	10,5	17-05-02	14,1
10-03-02	7,8	02-04-02	9,1	25-04-02	8,5	18-05-02	13,8
11-03-02	7,6	03-04-02	6,3	26-04-02	7,1	19-05-02	15,5
12-03-02	3,9	04-04-02	4,1	27-04-02	6,7	20-05-02	16,6
13-03-02	2,4	05-04-02	4,3	28-04-02	8,6	21-05-02	18,9
14-03-02	2,7	06-04-02	5,3	29-04-02	9,7	22-05-02	15,3
15-03-02	3,5	07-04-02	5,7	30-04-02	10,6	23-05-02	14,7
16-03-02	4,1	08-04-02	4,7	01-05-02	9,2	24-05-02	13,1
17-03-02	9,3	09-04-02	6,5	02-05-02	9,1	25-05-02	13,8
18-03-02	6,6	10-04-02	6,8	03-05-02	10,7	26-05-02	15
19-03-02	5,3	11-04-02	9,1	04-05-02	9,7	27-05-02	15,8
20-03-02	4,3	12-04-02	7,4	05-05-02	11,6	28-05-02	14,8
21-03-02	4,5	13-04-02	7,5	06-05-02	11,1	29-05-02	13,6
22-03-02	3,2	14-04-02	7,5	07-05-02	10,8	30-05-02	11,4

31-05-02	13
01-06-02	14,8
02-06-02	17
03-06-02	18,3
04-06-02	19,4
05-06-02	20,1
06-06-02	17,4
07-06-02	16,8
08-06-02	15,8
09-06-02	15,1
10-06-02	14
11-06-02	12,8
12-06-02	12,9
13-06-02	15,4
14-06-02	16,2
15-06-02	16,2
16-06-02	20,5

17-06-02	23,9
18-06-02	17,6
19-06-02	15
20-06-02	15,2
21-06-02	15,2
22-06-02	15,4
23-06-02	15,1
24-06-02	15,2
25-06-02	15,6
26-06-02	13,7
27-06-02	12,9
28-06-02	13,7
29-06-02	12,9
30-06-02	13,4
01-07-02	13,4
02-07-02	13,6
03-07-02	14,6

04-07-02	14,5
05-07-02	15,6
06-07-02	15,3
07-07-02	18,7
08-07-02	22,6
09-07-02	17,9
10-07-02	15,7
11-07-02	16,6
12-07-02	18,1
13-07-02	18,4
14-07-02	19,8
15-07-02	20,9
16-07-02	17,9
17-07-02	15,4
18-07-02	17
19-07-02	15,9
20-07-02	14,8

21-07-02	14,9
22-07-02	16,2
23-07-02	15,6
24-07-02	15,5
25-07-02	16,3
26-07-02	17,5
27-07-02	21,9
28-07-02	23,6
29-07-02	22,9
30-07-02	23,3

Jorden er en meget ensartet Jb1, med et indhold af grovsand på ca. 72%, tilgængeligt vand (rodzonekapacitet) er kun ca. 60 mm. (Edlefsen, u.å.)