

Slutrapport for:

Ph.D projekt 2: Jordens Fragmenteringsegenskaber

Navn: Lars J. Munkholm
Uddannelse: Agronom 1992
Beskæftigelse: Planteavlskonsulent 1993-96
Forsker ved DJF 1996-
Ph.D.-studerende ved KVL 1/1 1998-

Vejledere: Prof. Henry E. Jensen, KVL
Lektor Carsten Petersen, KVL
Seniorforsker Per Schjønning, DJF

Ph.D.-stipendiet startede pr. 1/1 1998 og sluttede 31/12 2000. Ph.D. afhandlingen blev forsvaret den 9. marts 2001.

Formål:

Det overordnede formål med afhandlingen var at bidrage til øget forståelse af jordens smuldreevne med særlig fokus på betydningen af dyrkning (sædskifte, gødskning, jordbearbejdning og pakning) og vandindhold. Det var ligeledes formålet at undersøge sammenhængen mellem feltobservationer og laboratoriemålinger.

Sammendrag af afhandling:

I Ph.D. projektet undersøgte effekter af dyrkning og vandindhold på jordens struktur i relation til jordbearbejdning. Ideelt set ønskes en let-smuldrende jord, hvor det er let at nedbryde de store uønskede knolde, men samtidig svært at pulverisere jorden. Et knoldet såbed kan give problemer med for dårlig rod-jord kontakt, mens et fint såbed kan give problemer med tilslemning af overfladen og vind- og vanderosion. Jordens smuldreevne har særlig stor betydning indenfor økologisk jordbrug, hvor en optimal planteetablering og gode betingelser for plantevækst er af fundamental betydning for afgrødens evne til at udnytte plantens næringsstoffer og vand, samt for afgrødens konkurrenceevne overfor ukrudt. Jordens smuldreevne afhænger af et komplekst samspil mellem klima, jord og jordbearbejdningsredskab. Særligt, spiller jordens vandindhold en hovedrolle. Våd jord er svær at smuldre (flyder ud, deformeres fremfor at smuldre), mens brydning af tør og hård jord kan kræve stor energitilførsel. Dyrkningen påvirker jordens smuldreevne direkte i form af jordbearbejdning og trafik samt indirekte gennem effekter på opbygning og stabilisering af jordstrukturen, der påvirkes af sædskifte og tilførsel af organisk stof .

Jordens smuldreevne blev i marken bedømt *kvalitativt* ved brug af *spadeprøven* og *kvantitativt* ved brug af en simpel *kasteprøve*. Energtilførslen ved kasteprøven var lav i forhold til energitilførslen i en typisk såbedstilberedning. Alligevel var kasteprøven tilstrækkelig følsom til at kunne påvise sikre forskelle mellem behandlingerne i de fleste tilfælde. I laboratoriet blev jordens smuldreevne bestemt ud fra måling af *trækstyrke* (eng.: tensile strength) (kPa) og *specifik brydningsenergi* (eng.: specific rupture energy) (J kg^{-1}) på enkelt-aggregater. Der blev generelt anvendt lufttørre aggregater og i nogle tilfælde opfugtede aggregater (-100 hPa til -3500 hPa). En laboratoriemetode blev udviklet til måling af trækstyrke i en direkte test på uforstyrrede ringprøver ved høje vandindhold. Resultaterne fra den direkte trækstyrke metode var i god overensstemmelse med forventede værdier beregnet ud fra trækstyrke målt på aggregater i en indirekte test.

Generelt set fandtes god overensstemmelse mellem felt- og laboratoriemetoderne. Dette indikerer, at laboratoriemetoder kan anvendes til karakterisering af jordens smuldreevne. Ikke desto mindre anbefales, at laboratorieresultaterne holdes op imod resultater og observationer fra simple feltmetoder udført på tider af året og under forhold, hvor jordbearbejdning vil være aktuel.

Resultater fra undersøgelser i de langvarige gødningsforsøg på Askov Forsøgsstation (JB5) viser, at langvarig årlig tilførsel af organisk stof gør jorden lettere at bearbejde. Det var lettere at bryde de store knolde i tør og fugtig tilstand i jord, der årligt fik tilført organisk stof i husdyrgødet jord i forhold til kunstgødet eller ugødet jord med lille tilførsel af organisk stof. Vi fandt endvidere, at husdyrgødet jord kunne bearbejdes ved et højere vandindhold og ved et større spænd i vandindhold. Omsat til praksis betyder dette, at den husdyrgødede jord kan bearbejdes over et længere tidsrum med et tilfredsstillende resultat. I våd tilstand havde husdyrgødet jord størst strukturstabilitet end ugødet eller kunstgødet jord – dvs. at den husdyrgødede jord var mindst følsom overfor vanderosion. Case-studier på langvarigt konventionelt og økologisk dyrket jord (JB 6-7) viste også på en gunstig effekt af tilførsel af organisk stof og af et alsidigt sædskifte. Det var ikke muligt på baggrund af case-studierne at konkludere, om det var organisk stof eller et alsidigt sædskifte, der havde størst betydning.

Ikke-vendende jordbearbejdning (NINV) på økologisk dyrket lerjord (JB 6) resulterede i dårligere smuldreevne i 7-14 cm jordlaget end i en traditionelt pløjet jord (CONV). Forskelle fandtes både for kasteprøve og trækstyrke på lufttørre aggregater. Forskellen mellem behandlingerne blev ikke udvisket af naturlige strukturforbedrende processer i jorden (opfugtning/udtørring m.v.) i løbet af vækstsæsonen.

Pakning af jorden som følge af færdsel på våd jord resulterede i en markant forringet smuldreevne. Der målttes stærkere jord-aggregater i såvel våd/fugtig som tør jord og jorden faldt fra hinanden i store knolde ved simuleret jordbearbejdning i fugtig tilstand. Ligeledes resulterede intensiv bearbejdning af våd jord med rotorharve i en æltning af jorden. Jorden kom til at bestå af kompakte knolde, der var svære at nedbryde. Resultaterne fra et case-studie på lerjord viste, at de negative effekter på jordens smuldreevne af intensiv færdsel mere end opvejede de positive effekter af langvarig hensigtsmæssig dyrkning af jorden (alsidigt sædskifte og husdyrgødning).

Perspektiver i relation til økologisk jordbrug:

Tilførsel af organisk stof har gavnlig virkning jordens struktur. Resultaterne i afhandlingen bekræfter og sætter tal på denne effekt. Dette er i sig selv interessant i forhold til økologisk planteavl, hvor tilførsel og opbygning af organisk stof gennem husdyrgødning, efterafgrøder og alsidige sædskifter spiller en central rolle. I afhandlingen påvistes gunstige effekter efter mange års høj tilførsel af organisk stof i et langvarigt gødningsforsøg (>100 år). Case-studier inkluderende langvarigt økologisk dyrket jord tydede også på en positiv effekt af tilførsel af organisk stof, men her kunne denne effekt i separeres fra en sædskifte-effekt. Undersøgelserne har ikke afdækket, hvor hurtigt gunstige virkninger af organisk stof tilførsel indtræffer, eller hvor stor tilførsel, der skal til førend gunstige virkninger viser sig. Sidstnævnte er især vigtigt at få belyst i relation til rene økologiske planteavlsbedrifter. På disse kan tilførslen af organisk stof være lav, og mange har pressede sædskifter uden flerårige afgrøder.

Skånsom jordbearbejdning og trafik bør være kodeord i fremtidens økologiske planteavl. I afhandlingen påvistes, at færdsel og intensiv jordbearbejdning af våd jord har kraftig negativ effekt på jordens smuldreevne. Desværre er jordbearbejdningensintensiteten (PTO-drevne redskaber) og trafikbelastningen steget igennem de seneste mange år indenfor både økologisk og konventionelt jordbrug. Resultaterne fra et af vores case-studier tydede på, at de gunstige langtidsvirkninger af organisk stof tilførsel og et alsidigt sædskifte mere end opvejedes af negative effekter som følge af intensiv jordbearbejdning og færdsel. Der er således behov for målrettede undersøgelser, der kan belyse den kort- og langsigtede virkning af den nuværende udvikling. Endnu vigtigere er det dog, at iværksætte en fremadrettet indsats omkring udvikling af mere skånsomme jordbearbejdningssystemer og –redskaber, hvor den opnåede viden i Ph.D. projektet om jordens smuldreevne bør tages i anvendelse.

Ph.D. kurser:

1999 Ph.d. kurset "Advanced Soil Mechanics" bestået november 1999
1999 Ph.d. kurset "Statistik". Eksamen bestået maj 1999
1998 Ph.d. kurset "Agrohydrologi og Bioklimatologi". Bestået juni 1998

Studieophold:

I første halvår af 2000 gennemførte undertegnede et vellykket studieophold ved Prof. B.D. Kay's forskergruppe ved Department of Land Resource Science, University of Guelph, Canada.

Publikationsliste:

Ph.D. afhandling

Munkholm, L.J. 2001. Soil fragmentation and friability: Effects of soil water and soil management. Ph.D. afhandling ved Institut for Jordbrugsvidenskab, KVL, København.

Internationale artikler:

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 2001. Non-inverting tillage effects on soil mechanical properties. *Soil & Tillage Research* 62, 1-14.

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Petersen, C.T. 2001. Soil mechanical behaviour of humid sandy loams: Case studies on long-term effects of fertilization and crop rotation. *Soil Use and Management* (i trykken).

Munkholm, L.J. & Kay, B.D. 2001. Effect of Water Regime on Aggregate Tensile Strength, Rupture Energy and Friability. *Soil Science Society of America Journal* (accepteret).

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Kay, B.D. 2001. Tensile strength of soil cores in relation to aggregate strength, soil fragmentation and pore characteristics. *Soil & Tillage Research* (i trykken).

Munkholm, L.J., Schjønning, P., Deboz, K., Jensen, H.E. & Christensen, B.T. 2002. Aggregate strength and soil mechanical behaviour of a sandy loam under long-term fertilization treatments. *European Journal of Soil Science* 53, xxxx-xxxx (i trykken).

Schjønning, P., Elmholt, S.E., Munkholm, L.J. & Deboz, K. 2001 Physical and biological characteristics in paired organically and conventionally managed soils. *Agriculture, Ecosystem & Environment* (i trykken).

Schjønning, P., Munkholm, L.J., Moldrup, P. & Jacobsen, O.H. 2002. Modelling soil pore characteristics from air exchange measurements: Case studies on long-term effects of fertilization and crop rotation. *European Journal of Soil Science* 53 xxxx-xxxx. (i trykken).

Rapporter m.v.:

Munkholm, L.J. 2000. The spade analysis - a modification of the qualitative spade diagnosis for scientific use. DIAS-report No. 28 Plant Production, Danish Institute of Agricultural Sciences.

Elmholt, S., Deboz, K., Schjønning, P., Munkholm, L.J. Rasmussen, K.J. 1997. Jordens frugtbarhed - mikrobiologi og jordstruktur. I Kristensen E.S.(red): *Økologisk planteproduktion. SP-rapport nr. 15. Danmarks JordbrugsForskning*. 107-125.

Indlæg ved konferencer, symposier etc.:

Deboz, K., Vogensen, L., Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 1998. Impact of soil management on distribution of carbohydrate C and clay dispersibility in different sized soil aggregates I: Børresen, T. (ed.), NJF-rapport nr. 124, Proceedings of NJF-seminar no. 286, Soil tillage and biology, Agricultural University of Norway, Ås, Norway, June 8-10, 1998. 149.

Elmholt, S., Deboz, K., Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 2000. Biotic and abiotic binding and bonding mechanisms in soil. Oral presentation at NJF-seminar No. 310: Soil stresses, quality and care. 10-12 April 2000, Ås, Norway.

Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 1997. Soil tillage and the quantification of soil friability. Symposium Abstract: Soil quality and soil degradation, Royal Veterinary and Agricultural University, pp 19-20.

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 1998. Non-inverting soil tillage as a means of optimizing soil tillage. In: Børresen, T. (ed.), NJF-report no. 124, Proceedings of NJF-seminar no. 286, Soil tillage and biology, Agricultural University of Norway, Ås, Norway, June 8-10, 1998. 26-33.

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 1999. Compaction and intensive tillage effects on aggregate tensile strength and soil friability. Abstracts, International workshop of commission I: soil physics, Subsoil compaction and soil dynamics – processes and environmental consequences 24-26 March 1999, Kiel, Germany.

Munkholm, L.J. 2000. A direct tension test for measurement of bulk soil tensile strength. In: (Ed. Morrison, J.E.) Proceedings of the 15th International Conference of the International Soil Tillage Research Organization, "ISTRO 2000", June 2000, P. Dyke, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas, USA. 9p.

Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 2000. Non-inverting tillage: Early-stage effects on soil mechanical behaviour. In: (Ed. Morrison, J.E.) Proceedings of the 15th International Conference of the International Soil Tillage Research Organization, "ISTRO 2000", June 2000, P. Dyke, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas, USA, 10p.

Schjønning, P., Munkholm, L.J., Deboz, K. & Elmholt, S. 2000. Multi-level assessment of soil quality - linking integrating and differentiating methodologies. Oral presentation at NJF-seminar No. 310: Soil stresses, quality and care. 10-12 April 2000, Ås, Norway.

Schjønning, P., Munkholm, L.J., Moldrup, P. & Jacobsen, O.H. 2000. Soil pore characteristics of differently managed soils. Oral presentation at EUROSIL 2000 Conference, 4-6. September 2000, Reading, England.

Schjønning, P., Munkholm, L.J., Elmholt, S., Debosz, K., Mikkelsen G.H. & Trautner, A. 2000. Den danske dyrkningsjords tilstand og kvalitet – konsekvenser af trafik og jordbearbejdning. Tidsskrift for Landøkonomi 4/00, 293-300.

Artikler til fagblade:

Elmholt, S., Schjønning, P. & Munkholm, L.J. 1997. Økologi og forskning. Landbrugsmagasinet 26, 7.

Munkholm, L.J. 1999. Stik spaden i jorden Økologisk jordbrug, 194, 11.

Munkholm, L.J. 1999. Spadeprøve testet i forsøg Økologisk jordbrug, 194, 11.

Munkholm, L.J., Schjønning, P., Nielsen, L. & Rasmussen, K.J., Økologisk planteavl og jordpakning. Plan-teavlsberetning 1999 Køge-Ringsted Landboforening.

Munkholm, L.J. 2001. Fragmentering og smuldringsegenskaber i jord: effekter af vandindhold og dyrkningsystem. Forskningsnytt om Økologisk Lantbruk i Norden 4, 17.

Munkholm, L.J. 2001. Jordens smuldreevne har stor betydning. Økologisk Jordbrug 244, 8.

Schjønning, P., Munkholm, L. & Rasmussen, K.J. 1999. Økologer skal køre med små vogne. Økologisk jordbrug, 187, 11.

Schjønning, P., Munkholm, L. & Rasmussen, K.J. 1999. Jordpakning og jordløsning. Effektivt landbrug, 11, 8-9.

Schjønning, P., Munkholm, L., Elmholt, S., Debosz, K. & Jensen, U.B. 1999. Jordens struktur-egenskaber – et centralt element i frugtbarhedsbegrebet. Miljøforskning, 39, 7-14.

Mødeindlæg:

Munkholm, L.J. 1998. Jordbearbejdning, jordstruktur og jordfrugtbarhed. Indlæg ved kurset "Behovsbestemt jordbearbejdning". Landmandskursus afholdt på Koldkærgård Landbrugsskole 28. og 29. oktober, 1998.

Munkholm, L.J. 1998. Jordbearbejdningens betydning for jordstruktur og jordens frugtbarhed. Indlæg ved landmandskursus "Behovsbestemt jordbearbejdning" Holstebro 3. december 1998.

Munkholm, L.J. 1999. Jordbearbejdningens betydning for jordstruktur og jordens frugtbarhed. Indlæg ved kurset "Muligheder og økonomi ved reduceret jordbearbejdning". Landmandskursus afholdt på Koldkærgård Landbrugsskole 27-29. oktober, 1999.

Munkholm, L.J. 2000. Spadeprøven. Indlæg ved kurset "Jordbehandling på økobrug". Et kursus for planteavlskonsulenter afholdt på Koldkærgård Landbrugsskole 4-5. september, 2000.

Munkholm, L.J. 2000. Spadeprøven. Demonstration ved kurset "Jordbearbejdning og jordfrugtbarhed". Et kursus afholdt af LØJ for landmænd, rådgivere mfl. på Bygholm Landbrugsskole 19. september 2000.

Munkholm, L.J. 2001. Jordbehandling med omtanke - Hvordan undgås tryk- og strukturskader? Indlæg ved kurset "Jordbehandling med omtanke" afholdt for økologiske landmænd i Sønderjylland på Landbogården Åbenrå, 7. February 2001.

Munkholm, L.J. 2001. Ødelægges jordens struktur ved intensiv jordbehandling og trafik? Indlæg ved landmandskursus, Samsø Landboforening 15. marts 2001.

Munkholm, L.J. 2001. Spadeprøve og jordbearbejdning. Indlæg ved markdemonstration afholdt for økologiske landmænd i Sønderjylland for organic farmers på Rugballegård 6. juni 2001.

Munkholm, L.J. 2001. "Spadeprøven". Bidrag ved Markvandring på Foulumgård 14. juni 2001.

Munkholm, L.J. 2001. Jordpakning og jordstruktur. Indlæg ved kursus for landbrugslærere, Hovborg Kro 19. juni 2001.

Munkholm, L.J. 2001. Spadeprøve og jordbearbejdning. Kursusdag for planteavlskonsulenter afholdt i samarbejde med Landskontoret for Planteavl, Sektion for Økologi 5. juli, 2001.

Undervisning:

"Spadeprøven" Instruktion af bachelorstud. fra KVL 3. maj 2001.