

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Institut for Plante og Miljøvidenskab

Jordens frugtbarhed og organisk stof

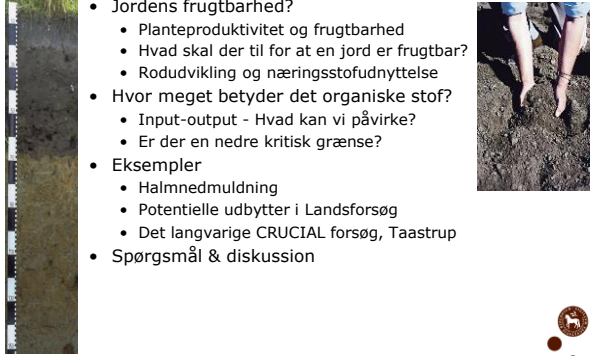


Lars Stoumann Jensen
Professor (mso) i Jordfrugtbarhed, planteernæring, husdyrgødnings- og affaldsanvendelse

Workshop 3.12.2014 ved GR og ØL

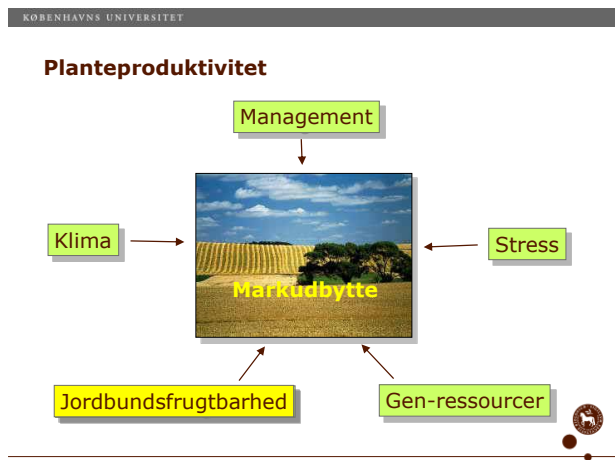
KØBENHAVNS UNIVERSITET

Hvad vil jeg fortælle om....



- Jordens frugtbarhed?
 - Planteproduktivitet og frugtbarhed
 - Hvad skal der til for at en jord er frugtbar?
 - Rodudvikling og næringsstofudnyttelse
- Hvor meget betyder det organiske stof?
 - Input-output - Hvad kan vi påvirke?
 - Er der en nedre kritisk grænse?
- Eksempler
 - Halmnedmuldning
 - Potentielle udbytter i Landsforsøg
 - Det langvarige CRUCIAL forsøg, Taastrup
- Spørgsmål & diskussion

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE



KØBENHAVNS UNIVERSITET

Hvad skal der til for at jorden er frugtbar? - og hvilke faktorer påvirker det...



Naturgivne faktorer:

Tekstur

Mineralogi

Påvirkelige faktorer:

Vandstatus

Reaktionstal (pH)

Næringsstofindhold

Humus / org. stof

Rodudvikling

Definition:
Jordens evne til at virke som vækstmedie for planter, inklusiv dens egen evne til at forsyne plantevæksten med de nødvendige nærings-stoffer i tilstrækkelige mængder og i passende indbyrdes forhold

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Hvorfor er det vigtigt at opretholde indholdet af organisk stof i jord

- Organisk materiale hjælper med at opretholde en række af jordens funktioner så som frugtbarhed, filtreringsevne, potentiale for nedbrydning af organisk stof og fremmedstoffer, evne til at undgå erosion o.s.v.
- Der er bundet C i det organiske materiale, og dermed bindes det så det ikke udledes som CO₂



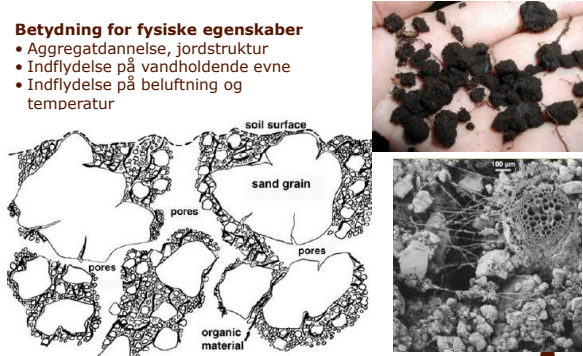
© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Betydningen af organisk materiale for jordens frugtbarhed og kvalitet

Betydning for fysiske egenskaber

- Aggregatdannelse, jordstruktur
- Indflydelse på vandholdende evne
- Indflydelse på beluftning og temperatur



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Betydningen af organisk materiale for jordens frugtbarhed og kvalitet

Betydning for fysiske egenskaber

- Aggregatdannelse, jordstruktur
- Indflydelse på vandholdende evne
- Indflydelse på beluftning og temperatur

Betydning for kemiske egenskaber

- Binding og frigivelse af næringsstoffer
- Kationbytningskapacitet
- Virker som pH buffer
- Tilgængelighed af mikronæringsstoffer
- Filtrering

Betydning for biologiske egenskaber

- Energi til mikroorganismer og nedbrydere
- Frigivelse af organisk bundet N, P, S
- Rodudvikling



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Jordens frugtbarhed - den biologisk aktive jord...?

Der er flere "husdyr" under end over jordoverfladen!
typisk mere end 10-20 X større mikrobiel biomasse end husdyr biomasse på en græsmark.

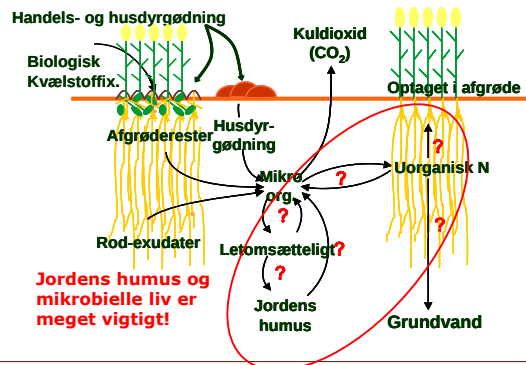
- ♦ 8-16 t/ha = 2-4 t ts/ha
= 900-1800 kg C/ha = 150-300 kg N/ha



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

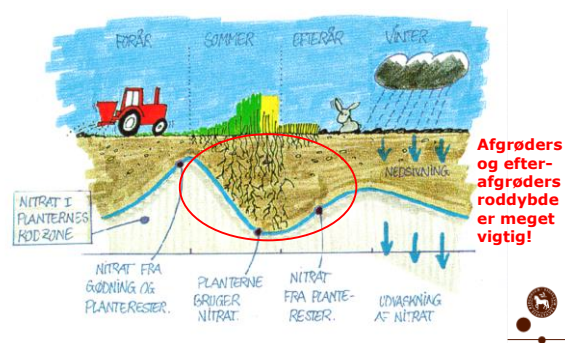
Opbygning og nedbrydning af jordens organiske pulje (humus)



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

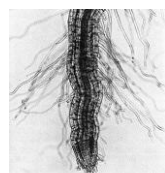
Sædskifte, efterafgrøder, afgrøderester og N forsyning



© Pro

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Effekt af tekstur på rodvækst



Ler og organisk stof er rodledende
Optimale forhold 7-25% ler



(L. Munkholm, DJF, 2006)

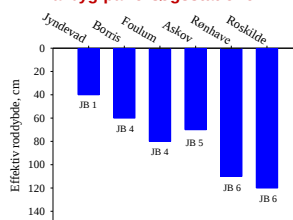
© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Effekt af jordtype på effektiv* rodrybde

*: rodtæthed tilstrækkelig for effektiv vandoptagelse,
næringsstofoptagelse kan ske med mindre rodtæthed

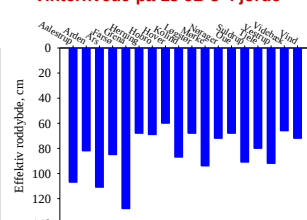
Vårbyg på forsøgsstationer



(L. Munkholm, DJF, 2006)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

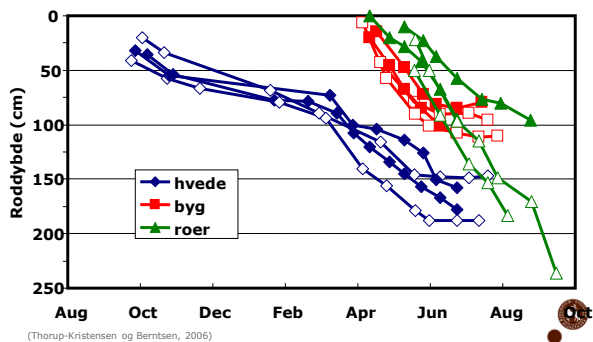
Vinterhvede på 18 JB 3-4 jorde



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

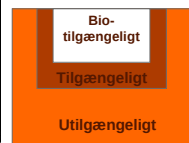
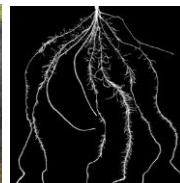
Rodvækst af vinterhvede, vårbyg og roer

2 års data fra Foulum (JB3-4, lukkede symboler ◆ ◆ ◆) og Årslev (JB6, åbne symboler ◇ ◇ ◇)



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Hvad er det planterne "ser" ?



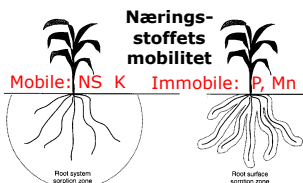
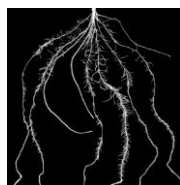
Biotilgængeligt = at det er plante-tilgængeligt og kan optages af en plante indenfor en vækstsæson.

Afhænger af:

- **Almen tilgængelighed** (som er det vi forsøger at bestemme med analysetal, Pt og Kt)
- **Næringsstoffs mobilitet/ bevægelighed** (diffusion og jordvand)
- **Afgrødens rodudvikling** (rodtype, rodhårddannelse og vækstsæsonens længde)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Rodtæthed og næringsstofoptagelse



Afgrødens rodudvikling

	Plantealder (dage)	Jorddybde (cm)	Rodtæthed (km m ⁻³)
Majs	100	0-15	77
		15-30	27
		30-60	6
		60-90	1
Byg	90	0-20	82
		20-40	19
		40-60	12
		60-80	2
		80-100	0,1

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Næringsstoffernes biotilgængelighed

Biotilgængelighed i % af tilgængeligt næringsstof

Næringsstof	Vand-indhold*	Rodlængde (km rod pr. m ³ jord)			
		Lav (1)	< Middel (10)	> Middel (50)	Høj (100)
NO₃-N	høj	58%	100%	100%	100%
	lav	4%	43%	100%	100%
K, Na, NH₄-N	høj	7%	66%	100%	100%
	lav	0,8%	8%	38%	76%
P, Mn,	høj	0,3%	3%	16%	31%
	lav	0,2%	2%	8%	15%

*høj: markkapacitet (40 vol%)

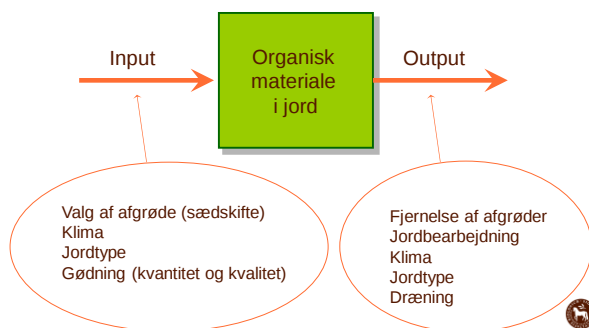
*lav: visnegrænsen (15 vol%)

(Nielsen, 1997)

- Selv med den bedste rodudvikling kan afgrøden ikke få fat i mere end 30% af det vi måler med Pt
- Ved dårlig rodudvikling er det mindre end 1%!

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

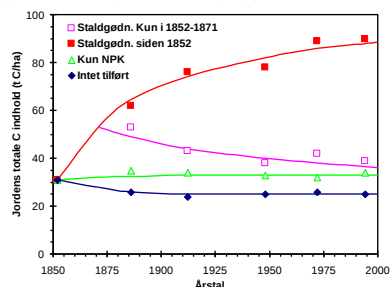
Jordens indhold af organisk materiale - en balance mellem input og output....



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Indholdet af organisk stof i jord ændrer sig relativt langsomt

Broadbalk vedvarende hvedeforsøg 1852-2000 (Rothamsted Exp. Station, UK, jordtype: 25% ler, 57% silt.)



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Græsmarker bidrager med meget organisk stof i jord

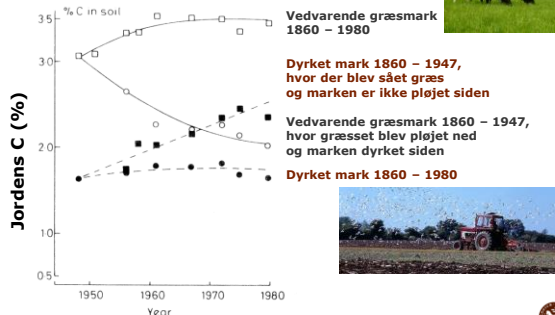
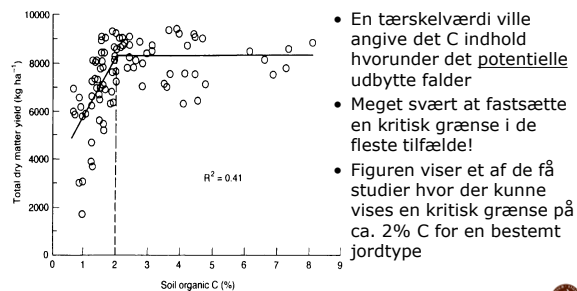


Fig. 18.8. Carbon content in Rothamsted Ley-arable experiment soils: Old grassland soil kept in grass (□), or ploughed and then growing arable crops continuously (○). Old arable soil kept in arable crops (●), or sown to grass and kept unploughed (■).

© Prof. Lars

Hvor lavt kan det organiske stof kan blive før jordens frugtbarhed reduceres kraftigt?



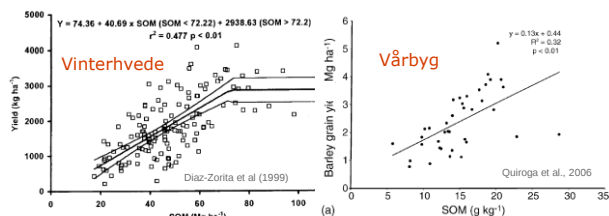
- En tærskelværdi ville angive det C indhold hvorunder det potentielle udbytte falder
- Meget svært at fastsætte en kritisk grænse i de fleste tilfælde!
- Figuren viser et af de få studier hvor der kunne vises en kritisk grænse på ca. 2% C for en bestemt jordtype

(H.H. Janzen et al., 1992)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Jordens organiske stof og afgrødeudbytter

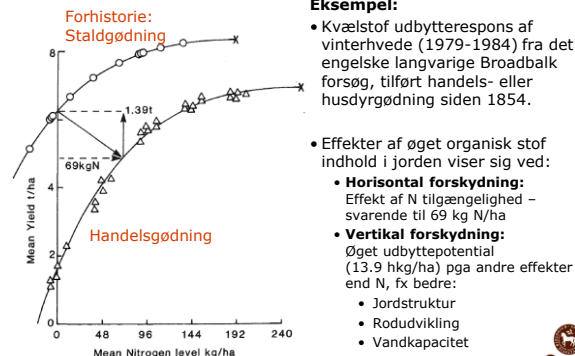
- Eksempel: Kornudbytter som funktion af jordens indhold af organisk stof på et stort antal marker på den Argentinske pampas med semiarid klima og lille eller ingen handelsgødningstilførsel



- Klar effekt af jordens indhold af organisk stof
- MEN overvejende pga. effekten på næringsstoftilgængelighed af N, P, S, mikronæringsstoffer

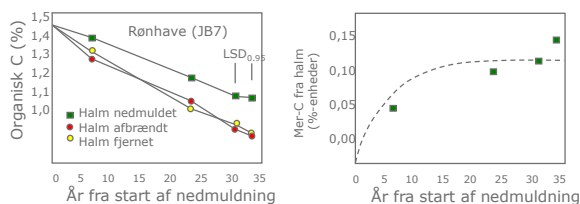
© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Substitution af N eller andre effekter?



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Ensidig korndyrkning og m/u halmnedmuldning jordens indhold af organisk stof

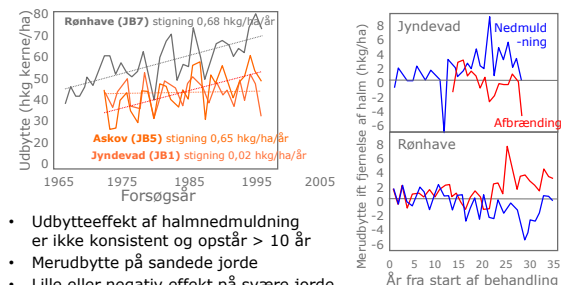


- Fortsat ensidig korndyrkning fører til fald i jordens org. stof
- Halmnedmuldning kan ikke bremse faldet
- Der skal kun ca. 5 år til at nå halvdelen af den mulige halmefekt, ligevægtstilstand opnået efter ca. 35 år

(Schjønning 2004 GVM 295)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

...men betyder det noget for udbytterne?

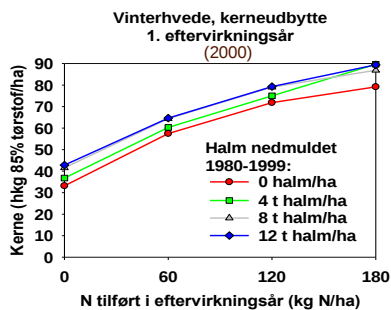


- Udbytteeffekt af halmnedmuldning er ikke konsistent og opstår > 10 år
- Merudbytte på sandede jorde
- Lille eller negativ effekt på svære jorde, omsætningen af halm bliver ringere med udpiningen af jorden (faldet i organisk stof) og det stigende udbytte

(Schjønning 2004 GVM 295)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Betydning af organisk materiale - Effekten af halmnedbuldning

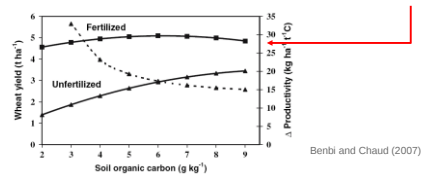


(Thomsen et al., 2003)

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Effekt på udbytte

- Betydningen af jordens organiske stof for udbyttet afhænger først og fremmest af gødningsniveauet
 - Ved ingen eller lav gødskning relativt stor effekt af organisk stof
 - Ved optimal gødskning, vil effekten ofte være lille / nul**



- Kun ved meget lavt organisk stof, under en arbitrar tærskelværdi, vil generelt positiv effekt indtræde, ved optimal gødskning
- Ved lavere gødskning (fx reducerede N-normer eller øko-drift) vil sandsynlighed for en positiv effekt af organisk stof øges

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

DK jordes kulstofindhold og afgrødeudbytter?

- Undersøgt med data fra de danske Landsforsøg i regi af Videnscentret for Landbrug

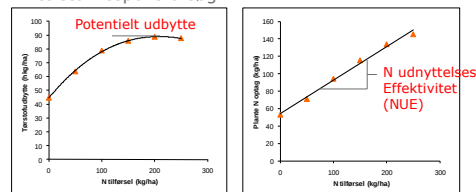
Test af hypoteser på baggrund af disse data:

- Der er en positiv effekt af organisk materiale i jord på udbytter som rækker ud over effekten af næringsstoffer (dvs. det potentielle/maximale udbytte der kan opnås øges)
- Der er en positiv effekt af organisk materiale i jord på kvælstofudnyttelseseffektiviteten

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

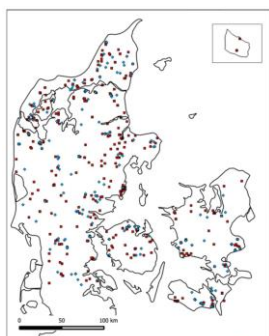
Metode for analyse af resultater

Kvælstof responsforsøg



647 forsøg med vinterhvede
354 forsøg med vårbyg

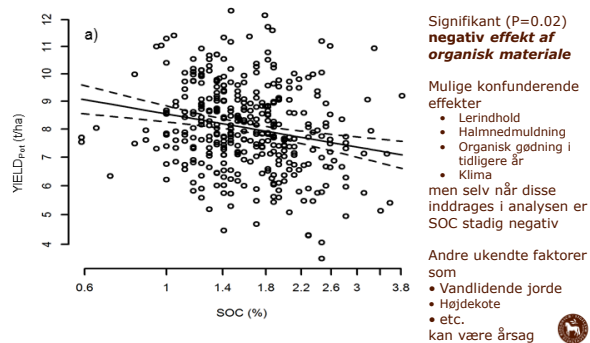
© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE



Landsforsøgslokaliteter anvendt.

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

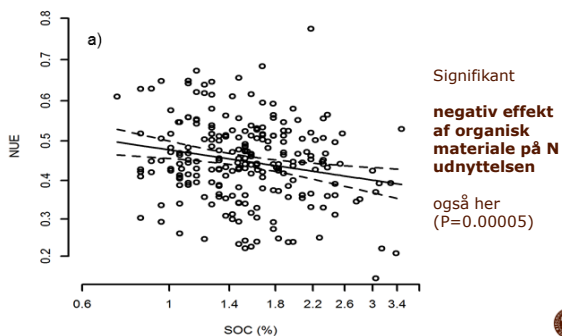
Det potentielle udbytte i vinterhvede



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

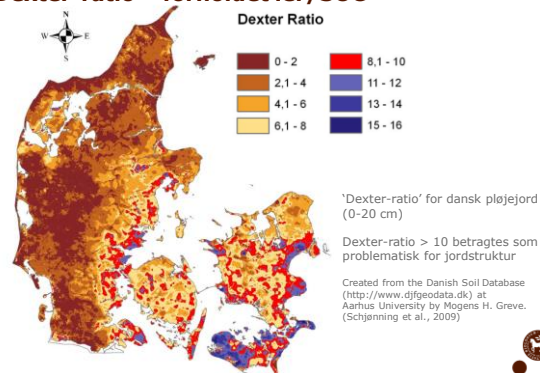
Kvælstofudnyttelse i vinterhvede



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

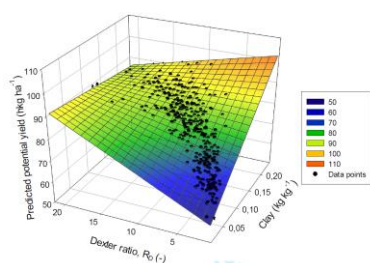
Dexter-ratio – forholdet ler/SOC



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Dexter-ratio og ler-indholdets indflydelse på potentielle vinterhvede udbytter

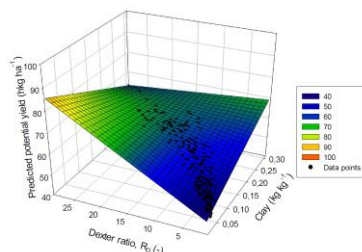


- Ler-indhold er hovedfaktor der kontrollerer det potentielle udbytte
- Ved lave lerindhold er der en positiv effekt af høje Dexter-ratio (dvs. negativ effekt af humus) – men dette skyldes meget få data
- Ved høje lerindhold er der en negativ effekt af Dexter-ratio – dvs en positiv effekt af humus = lav Dexter-ratio

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Dexter-ratio og ler-indholdets indflydelse på potentielle vårbyg udbytter



Tendenser der ligner vinterhvede, men ikke så udtalt
Data er mindre spredte

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Delkonklusion DK kulstofindhold og udbytter

- Der er en svag tendens til en negativ effekt af jordens organiske stof indhold på potentielle udbytter og kvælstofudnyttelse for både vinterhvede- og vårbygforsøgene
- Det er dog muligt at der er andre konfunderende faktorer i datasættet, som skaber denne negative sammenhæng
- Der er på de lerede jorde en tendens til positive effekter af jordens organiske stof indhold ud over gødningseffekten

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

KØBENHAVNS UNIVERSITET

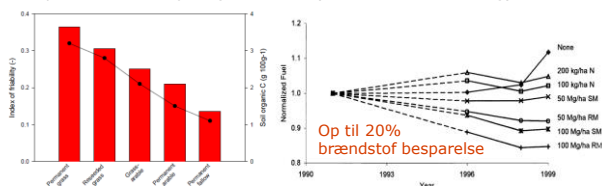
Andre effekter af jordens organiske stof

Meget variable inkonsistente effekter

- Evne til at nedbryde/filtrere miljøbelastende stoffer
- Emission af lattergas (N_2O , klimagas)
- Plantesygdoms-hæmmende organismer

Konsistente effekter:

- Jordens bufferkapacitet (CEC) til at fastholde næringsstoffer
- Jordens fysiske egenskaber, dvs. aggregatdannelse, struktur, porøsitet, bearbejdningsmodstand (=red. brændstofforbrug)



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE



Hvad skal vi med affaldet



Relevante bymæssige affaldsressourcer



Rationale

The CRUCIAL facility was developed with the view to establish a 'historical site' that can contribute to our knowledge on

- cycling of matter, and
- plant and soil quality, and
- the impact on the environment and the integrity of agricultural production systems

The cycling of 'matter' is broadly defined and includes e.g. nutrients, heavy metals, and xenobiotics (i.e. medicinal residues), pathogens and other micro-organisms as well as genes

Hypotese:

When ecotoxicological limits for heavy metals have been approached realistically there will be no (unexpected) adverse effects on soil quality, environment and production system integrity

CRUCIAL – langtids forsøget

Behandlinger:

- Komposteret husholdningsaffald (normal og acceleret)
- Spildevandsslam (normal og acceleret)
- Human urin
- Kvæg gylle
- Dybstrøelse
- Kvæg møg (acceleret)
- NPK
- Ugødet, undersået kløver
- Ugødet



Frankenstein effekten



Hvor galt kan det gå?

Organic fertilizer	Accelerated level (× normal N application)
Composted household waste	2
Cattle manure	2
Sewage sludge	3
	× normal P application
Sewage sludge (normal level)	8
Sewage sludge (accelerated level)	24

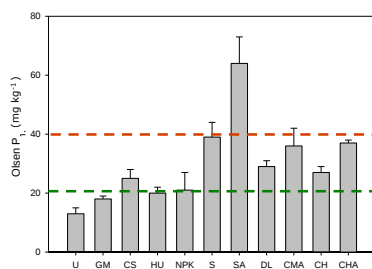
⇒ Accelererede behandlinger
I 2013 > 100 års dosis

Accelererede behandlinger – hvorfor?

Table 2. Estimated number of years for reaching eco toxicological limits for Zn and Cu, with rates of export (leaching and plant uptake) based on Witter (1996), under the assumption that the limits would be reached by net addition of 195 kg Zn ha⁻¹ (75 ppm) and 52 kg Cu ha⁻¹ (20 ppm).

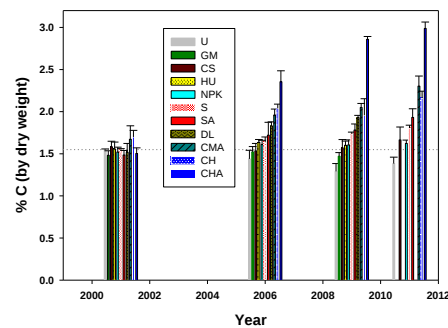
	average quality		worst quality	
	Zn	Cu	Zn	Cu
	yr	yr	yr	yr
Sludge	38	27	18	11
Sludge accelerated	10	7	5	3
MSW Compost	41	31	20	13
MSW Compost accelerated	10	8	5	3
Cattle slurry	9750	7738	9750	3158
Cattle Dung accelerated	2438	1970	2438	804

Fosfortallet 2009



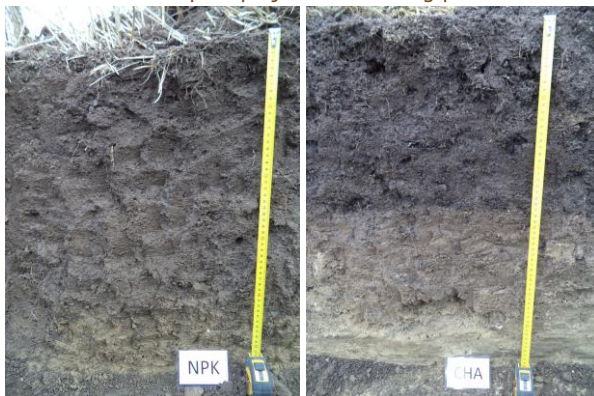
Fosfortallet fås ved division med 10
Stiplede linie indikere normalområde

Total kulstof indhold (2001 -2011)



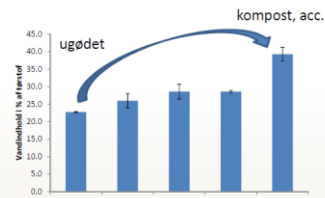
Accelereret
kompost har
fordoblet det
kulstofindholdet

Effekt af kompost på jord struktur og porositet



Gavnlig effekt af mere kulstof i jorden:

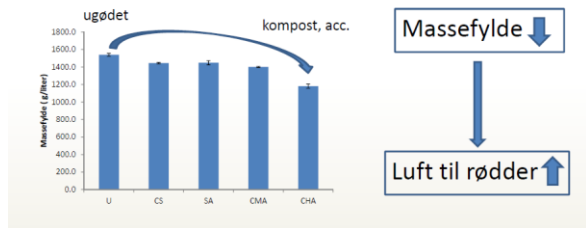
a) Jordens vandholdende evne



U: ugødet
CS: kvæggylle
SA: spildevandsslam, acc.
CMA: kvægmøg, acc.
CHA: husholdningskompost

Gavnlig effekt af mere kulstof i jorden:

b) Jordens massefylde



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Måling af trækraft behov i 2014



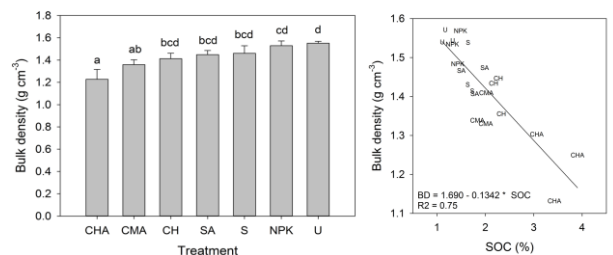
© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Jordprøver til massefylde



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Jordens rumvægt som funktion af kulstof

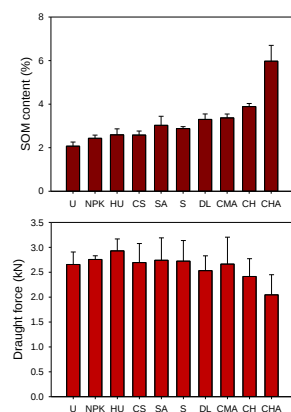


© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Indhold af humus
(organisk stof)

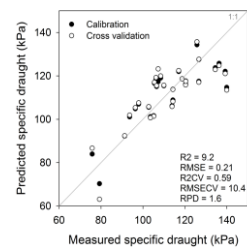
og

specifikt trækraft
behov ved
jordbearbejdning



© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Trækraft behov afhænger af humus og ler



$$S(\text{kPa}) = 58.85 + 6.76 * \text{Ler} - 17.35 * \text{SOC}$$

© Prof. Lars Stoumann Jensen, KU-SCIENCE

Brændstof
forbrug

	Fuel for operation (L h ⁻¹)	Fuel savings (% of difference compared to NPK treatment)
CHA	3.4 (± 0.5) a	-23.9 (± 10.8)
CH	3.8 (± 0.5) ab	-13.7 (± 10.3)
DL	4.0 (± 0.4) ab	-10.2 (± 9.4)
U	4.1 (± 0.3) ab	-6.7 (± 7.3)
CMA	4.1 (± 0.7) ab	-6.7 (± 15.6)
S	4.2 (± 0.5) ab	-5.1 (± 11.7)
CS	4.2 (± 0.5) ab	-5.0 (± 11.9)
SA	4.2 (± 0.6) ab	-4.8 (± 12.8)
NPK	4.4 (± 0.4) ab	
HU	4.6 (± 0.1) b	4.8 (± 2.9)

Konklusion

- Tilførsel af komposteret husholdningsaffald har reduceret brændstofforbrug til jordbearbejdning med
 - 24% for accelereret rate (fordoblet humus)
 - 14% for 'normal' rate (50% mere humus)
- i forhold til den handelsgødede behandling

Spørgsmål og diskussion

