



GØDSKNING GENNEM 125 ÅR DE LANGVARIGE GØDNINGSFORSØG VED ASKOV FORSØGSSTATION: 1894-2019

BENT T. CHRISTENSEN, INGRID K. THOMSEN OG JØRGEN ERIKSEN

DCA RAPPORT NR. 150 · MARTS 2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



GØDSKNING GENNEM 125 ÅR

DE LANGVARIGE GØDNINGSFORSØG VED

ASKOV FORSØGSSTATION: 1894-2019

DCA RAPPORT NR. 150 · MARTS 2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Bent T. Christensen, Ingrid K. Thomsen og Jørgen Eriksen

Aarhus Universitet
Institut for Agroøkologi
Blichers Allé 20
Postboks 50
8830 Tjele

GØDSKNING GENNEM 125 ÅR DE LANGVARIGE GØDNINGSFORSØG VED ASKOV FORSØGSSTATION: 1894-2019

Serietitel	DCA rapport
Nr.:	150
Forfattere:	Bent T. Christensen, Ingrid K. Thomsen og Jørgen Eriksen
Udgiver:	DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk, hjemmeside: www.dca.au.dk
Fotograf:	Forsidefotos: øverste: Niels Peter Pedersen. Nederste: Kristine Riis Hansen. Begge AU Askov, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
Tryk:	www.digisource.dk
Udgivelsesår:	2019
	Gengivelse er tilladt med kildeangivelse
ISBN:	Trykt version 978-87-93787-30-8. Elektronisk version: 978-87-93787-31-5
ISSN:	2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

Forord

De langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation blev anlagt i 1894 og er i dag blandt de ganske få forsøg i verden, som er blevet videreført i mere end 125 år. Forsøgene er så vidt vides de eneste langvarige forsøg, der tillader en direkte sammenligning mellem effekten af varierende tilførsel af næringsstoffer med husdyrgødning og handelsgødning. De løbende registreringer og resultater fra forsøgene, resultater fra en lang række specifikke projekter og arkivet med historiske jord- og planteprøver betyder, at forsøgene udgør en unik forskningsplatform for studier inden for vidt forskellige fagområder.

Askov Forsøgsstation blev etableret i 1885. Forsøgsstationen blev i 1886 en del af den nystartede Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, senere benævnt Statens Planteavlsforsøg. I løbet af 1980-erne og 1990-erne gennemgik Statens Planteavlsforsøg en organisatorisk centralisering, der medførte samling af aktiviteter ved Forskningscenter Foulum og en reduktion i antallet af forsøgsstationer. I 1997 blev Statens Planteavlsforsøg og Statens Husdyrbrugsforsøg fusioneret til Danmarks JordbrugsForskning, som 10 år senere blev en del af Aarhus Universitet.

I hele dette forløb har Askov Forsøgsstation bevaret sin nationale og internationale identitet og sikret, at forsøgene blev videreført. Det kan tages som et udtryk for den værdi, som skiftende ledelser, danske og udenlandske forskningsmiljøer, erhvervslivet og det omgivende samfund har tillagt de langvarige gødningsforsøg, og for de nuværende og tidligere medarbejderes helhjertede indsats.

Denne rapport er en introduktion til de langvarige gødningsforsøg på Lermarken, hvor vægten er lagt på beskrivelse af forsøgsareal og præsentation af forsøgsplaner. Mere udførlig information om gødningsforsøgene findes i Christensen m. fl. (1994, 2006, 2019), Christensen og Trentemøller (1995) og Christensen og Johnston (1997). Appendiks A præsenterer resumeer af resultater fra udvalgte projekter publiceret i perioden 2014-2019. Appendiks B opregner publikationer fra perioden 1994-2019, der er direkte baseret på eller i væsentlig grad inddrager de langvarige forsøg.

En særlig tak til Henning Carlo Thomsen, Kristine Riis Hansen og Niels Peter Pedersen, Askov Forsøgsstation, for centrale bidrag til denne rapport.

Bent T. Christensen

AU Foulum, februar 2019

Indholdsfortegnelse

Introduktion	7
Askov Forsøgsstation	11
Forsøgsarealerne	14
<i>Sandmarken</i>	14
<i>Lermarken</i>	14
Forsøgsplanen på Lermarken.....	16
Sædskiftet	16
Gødningsbehandlinger	18
Forsøgsarealernes almindelige drift	24
Afgrødeudbytter 2006-2018	26
Referencer	32
Appendiks A: Eksempler på projektaktiviteter 2014-2019	33
Appendiks B: Publikationer fra perioden 1994-2019	41

Introduktion

Baggrunden for de langvarige gødningsforsøg var den udvikling, der fandt sted i dansk landbrug i sidste halvdel af 1800-tallet. I "kornsalgsperioden" fra omkring 1840 og frem til midt i 1870-erne steg produktionen af korn betydeligt, og prisen på korn var begunstiget af eksport til de stærkt voksende bybefolkninger i de store industrilande, ikke mindst Storbritannien. Men fra 1860-erne blev eksporten af korn udsat for konkurrence fra blandt andet USA, hvor store arealer var blevet opdyrket. Med baggrund i andelsbevægelsens fremvækst foretog mange brug derfor en omlægning fra kornsalg til animalsk produktion med fokus på malkekvæg og svin. Hertil kom opdyrkning af hedearealer, hvor fårehold blev erstattet af kvæghold. Den øgede bestand af husdyr stillede krav til planteproduktionen, herunder større produktivitet og sikkerhed for vinterfoder til kvæget. Omlægningen betød også, at der blev mere husdyrgødning til rådighed. Anvendelse af mineralsalte (kunstgødning, handelsgødning) var på det tidspunkt ubetydelig, hvorfor deres rette brug og værdi stadigt var ubesvarede spørgsmål. En øget viden om den bedste udnyttelse af husdyr- og handelsgødning skulle derfor fremme en større og mere udbyttesikker planteproduktion, hvor roer og kløvergræs var vigtige afgrøder i sædskifte med korn.

Historisk set har gødningsforsøgene haft stor betydning for opbygningen af viden om afgrødernes forsyning med plantenæringsstoffer. Det oprindelige formål var at demonstrere den landøkonomiske gevinst, blandt andet forskellige afgrøder og sædskifters reaktion på tilførsel af husdyr- og handelsgødning i forskellig mængde og med forskellige kombinationer af kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K). Centrale aspekter var det umiddelbare økonomiske afkast ved brug af handelsgødning, den rette balance mellem de enkelte næringsstoffer, og hvorvidt ensidig brug af handelsgødning ville forringe jordens frugtbarhed.



Effekt af gødskning ved besigtigelse i marken giver altid udbytte – her synes der at være en enkelt kålroe, som påkalder sig særlig interesse.



Experiments with Farmyard Manure and Fertilizer.

Yield in average per rotation, 100 fodder units

	Unmanured	Artificial fertilizer	1 Farmyard manure
	N	I	
Askov loam-field 1923-1948	13.9	34.8	46.8 31.8
Askov sand-field 1923-1948	11.4	34.0	43.4 36.8
Lyngby 1922-1933	21.8	41.3	47.2 43.1
Karslev 1911-1926	22.8	34.1	38.5 34.6
Shedsgaard 1929-1944	12.7	26.2	32.8 30.1
Lundsgaard 1921-1946	14.3	28.2	33.8 32.4
Tystrup 1921-1946	23.0	37.8	43.8 41.8

1922 1948

Telegrams: LABORATORY, HARPENDEN.
Telephone: 21 HARPENDEN.

Railway Station:
HARPENDING (MIDLAND RAILWAY).

Lawes Agricultural Trust.

Director:
E. J. RUSSELL, D.Sc., F.R.S.
Secretary:
W. BARNICOT.

*Rothamsted Experimental Station
Harpenden.*

August 23rd 1921

The Director,
Statens Planteavlslaboratorium.
Henrik Steffens Vej 4 III
Copenhagen,
Denmark.

Dear Sir,

At the request of Mr F. Hansen, who visited this station a short time ago I have to-day forwarded per parcels post seven tins containing samples of soil taken from our own fields. Particulars are enclosed in each tin.

Yours faithfully,

W. Barnicot.
Secretary.

P.S. I shall be glad to hear in due course of their safe arrival.

Selvom de langvarige gødningsforsøg oprindeligt var rettet mod dansk landbrug, skortede det ikke på internationalt udsyn – her sølvmedalje ved Verdensudstillingen i Paris i 1900 (tildelt Frederik Hansen), besøg på Rothamsted Forsøgsstation i England i 1921 med eftersendelse af jordprøver til analyse, og poster hvor Karsten Iversen i 1954 præsenterer resultater fra de langvarige gødningsforsøg ved et internationalt træningskursus i gødsning og kalkning (Organisation for European Economic Co-Operation og US Foreign Operations Administration).

Den direkte demonstration af effekter under markforhold var i begyndelsen et vigtigt aktiv ved forsøgene. Her kunne konsulenter, landmænd og andre kyndige ved selvsyn se, hvordan forskellige afgrøder reagerede på varierende gødskning. Forsøgsresultaterne blev efterfølgende videreformidlet til en større kreds typisk gennem foredrag og indlæg i landbrugets fagblade.

Fra oprindeligt alene at være rettet mod anvendelse af gødning i dansk landbrug, har de langvarige gødningsforsøg over årene fået et langt bredere anvendelsesperspektiv og betydeligt større international interesse. Fastholdelsen over meget lang tid af de centrale og veldokumenterede behandlinger har sikret forsøgenes fortsatte aktualitet. I dag fungerer forsøgene typisk som platform for specifikke forskningsprojekter, der udføres i forpligtende internationalt samarbejde. Denne forskning har ofte grundvidenskabelig karakter, hvor resultaterne offentliggøres i internationale videnskabelige tidsskrifter. Men forsøgene anvendes også som platform for forskning, som relaterer sig til aktuelle problemstillinger i dansk og europæisk planteproduktion. Lange tidsserier af jord, plante og klima data udgør desuden et uerstatteligt fundament for opbygning og test af matematiske modeller, der kan simulere omsætning af kulstof i dyrket jord og udveksling af CO₂ med atmosfæren.

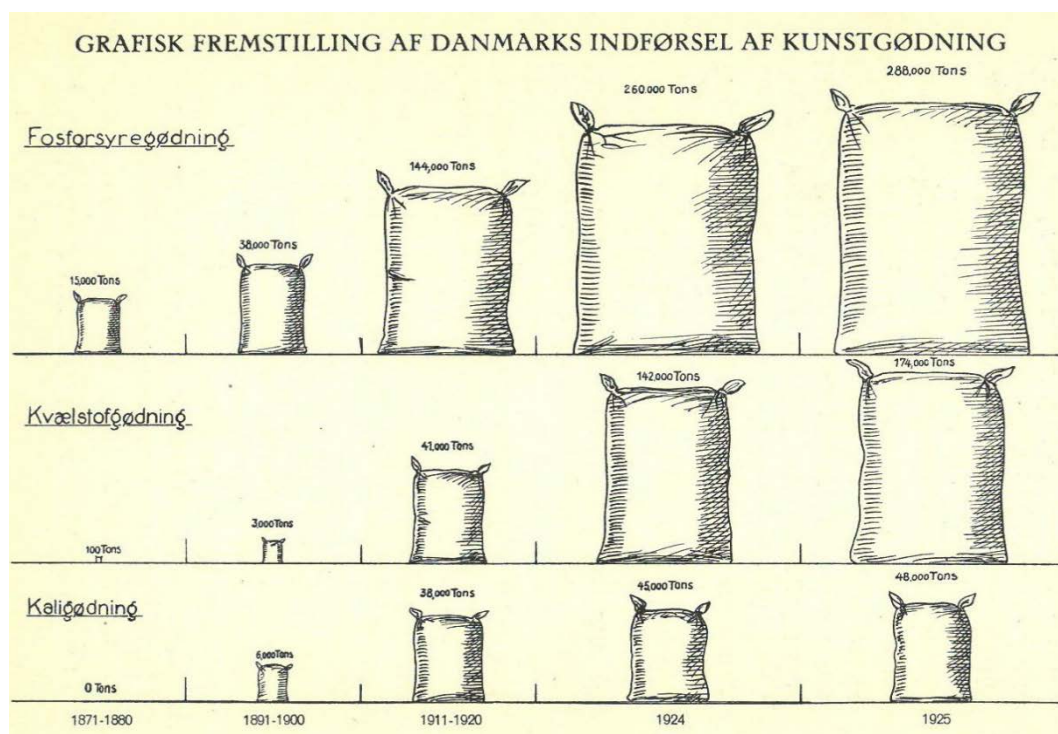
Forsøgene i Askov er så vidt vides de eneste, hvor den langsigtede virkning af forskellige niveauer af handels- og husdyrgødning kan sammenlignes direkte. Desuden er forsøgsplanens udformning historisk set enestående, idet forsøgene er anlagt med fire blokke (marker), hvor hver blok har flere gentagelser af den enkelte forsøgsbehandling. Det betyder, at resultater kan underkastes statistiske analyser og tillægges en større sikkerhed, end det er muligt for resultater fra de få andre forsøg med tilsvarende alder. Forsøgene er velegnede som platform for projekter, der ikke kompromitterer forsøgenes kontinuitet, men som kan drage konkret nytte af den lange og veldokumenterede historie. For eksempel er der forsøgsparcer, som nu har været holdt ugødet i 125 år. Flere undersøgelser har været baseret på nye analyser af jord og plantemateriale udtaget direkte i forsøgsparcer eller fra det tilknyttede prøvearkiv.

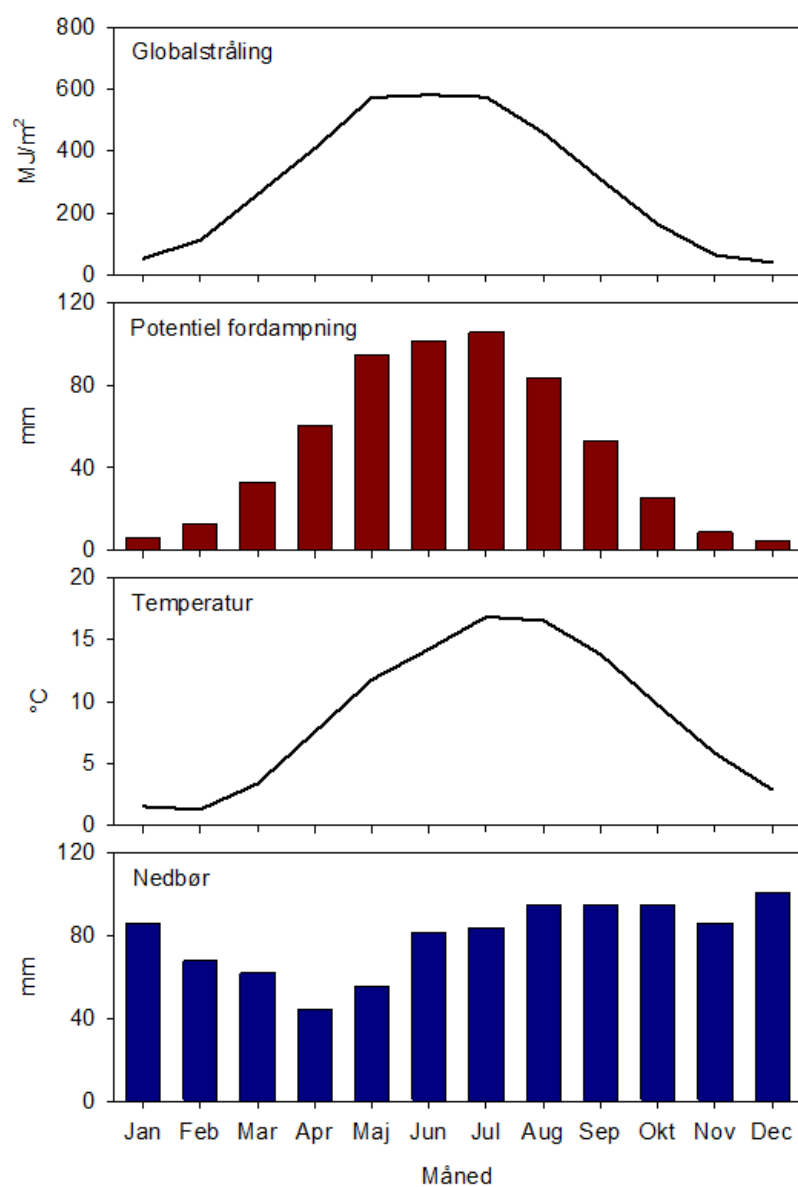


Askov Forsøgsstation

Askov Forsøgsstation blev grundlagt i 1885 på initiativ af statskonsulent Peder Nielsen, Tystofte, og Ludvig Schröder, forstander ved Askov Højskole. Frederik Hansen, der var lærer ved højskolen, havde i 1884 købt Øster Havgaard, som i 1801 var blevet udskilt fra en af gårdene (matr. nr. 2) i Askov by (Knudsen og Frandsen, 1994). En "havgaard" er et gammelt udtryk for et stykke skov indhegnet med skeldiger. De stadig eksisterende skeldiger bevokset med egetræer markerer grænser for tidligere havgaard i Vejen sogn. Havgaardene nord og øst for Askov by havde i 1801 næppe haft mange træer, da de i århundreder forud havde ligget for "fæfod". Så på det tidspunkt, hvor Øster Havgaard blev etableret, havde svin, får og kreaturer omdannet havgaardene til arealer bevokset med spredte buske, græs og lyng, og lejlighedsvis ekstensiv korndyrkning (Knudsen og Frandsen, 1994). Baseret på matrikelkort fra 1793 vurderes det, at flere arealer omkring Øster Havgaard først er opdyrket efter år 1800. Det oprindelige areal blev senere udvidet ved tilkøb og de dyrkede arealer blev drænet og merglet i perioden 1860-1880.

De første forsøg blev anlagt i 1885 med støtte fra Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab, og Frederik Hansen blev ansat til at forestå forsøgsarbejdet under formel ledelse af Peder Nielsen. Det efterfølgende år kom forsøgsaktiviteterne på finansloven og dermed var grundlaget for Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur en realitet. Som nyudnævnt statskonsulent og forstander ved Askov Forsøgsstation anlagde Frederik Hansen i perioden 1893-1898 en række forskellige sædskifte- og gødningsforsøg, hvoraf nogle blev afsluttet i 1922. En række gødningsforsøg blev imidlertid fastholdt og udgør i dag de langvarige gødningsforsøg.





Figur 1. Klimaparametre for Askov Forsøgsstation. Figuren viser gennemsnitlige månedsværdier (1999-2018) for globalstråling, potentiel fordampning, lufttemperatur og nedbør.



Høst af korn har gennemløbet en rivende udvikling – fra tre heste til 40+ hestekræfter.

Forsøgsarealerne

Gødningsforsøgene blev placeret på to lokaliteter, Sandmarken og Lermarken, med meget forskellige jordtyper. Sandmarken er en mager sandjord (JB1) beliggende vest for Askov by, mens Lermarken er en grov sandblandet lerjord (JB5) beliggende i tilknytning til forsøgsstationens bygninger øst for Askov. De generelle klimaforhold er ens for begge lokaliteter (Figur 1), med en gennemsnitlig årlig nedbør på 953 mm og temperatur på 8,8 °C (gennemsnit for perioden 1999-2018).

Sandmarken

Så vidt vides hører Sandmarken til de første arealer, der blev opdyrket omkring Askov by, og Sandmarken må antages at have været dyrket i flere hundrede år før gødningsforsøgene i 1894 blev anlagt i markerne G1, G2, G3 og G4. Sandmarken er uvandet, og afgrøderne har lejlighedsvis været udsat for tørkestress. Forsøget på Sandmarken blev i 1998 udlagt med vedvarende græs. Tilførsel af gødning ophørte, men de oprindelige forsøgsparcellers placering blev fastholdt, og der indsamles hvert 4. år jordprøver fra hver tidligere forsøgsparcel. Formålet med Sandmarkene er nu at fungere som projektplatform for undersøgelser af udviklingen i jordrelaterede parametre, når tidligere dyrket sandjord med oprindeligt stærkt varierende næringsstofstatus omlægges til naturnær græsbrak. Græsset afklippes to til tre gange årligt, og det afklippede græs efterlades på den tilhørende parcel. Den oprindelige forsøgsplan og tidligere resultater fra forsøgene er beskrevet i Christensen m. fl. (1994, 2019) og Hu m. fl. (2019).

Lermarken

Lermarken er et fladt areal (hældning < 2 %), der med træbevoksede skeldiger er vel beskyttet mod vind. Ifølge Nielsen og Møberg (1984) består Lermarken geologisk set af aflejringer af endemoræne fra den seneste Weichel istid, mens Sundberg m. fl. (1999) angiver, at arealet er aflejringer af moræne (bakkeø) fra den tidligere Saale istid. De øverste jordlag klassificeres som grov sandblandet lerjord med 10-12 % ler, mens lagene under 40-50 cm dybde har større indhold af ler (Tabel 1). Arealet er systematisk drænet, idet jorden under naturlige forhold dræner langsomt på grund af et forhøjede lerindhold i underjorden. Arealet kalkes regelmæssig for at holde pH i de øverste jordlag intervallet 5,5 til 6,5. Mængden af plantetilgængeligt vand i den øverste meter er bestemt til mellem 164 og 208 mm (Hansen, 1976; Sundberg m. fl., 1999). Jordens massefylde er relativt høj og stiger med dybden (Tabel 2).

Tabel 1. Lermarkens teksturmæssige sammensætning (% tørvægt). Data fra Nielsen og Møberg (1984).

Jordlag	Dybde (cm)	Ler < 2 µm	Silt 2-20 µm	Finsand			Grovsand 200-2000 µm
				20-50 µm	50-100 µm	100-200 µm	
Ap	0-20	11	13	6	6	31	35
E	20-35	11	12	7	7	26	37
Bt1	35-60	21	13	6	10	20	31
Bt2	60-120	22	14	3	8	24	29
C	120-	22	15	5	10	18	31

Tabel 2. Udvalgte jordbundsparmetre for Lermarken. Data fra Hansen (1976), Nielsen og Møberg (1984), samt Sundberg m. fl. (1999).

Dybde (cm)	pH (CaCl ₂)	% C	Base mætning (%)	Vol. vægt (g/cm ³)	% vandfyldt porevolumen				Plante tilgæng. vand (mm)
					pF 1,0	pF 2,0	pF 3,0	pF 4,2	
0-20	5,6	1,3	70	1,50	40	32	25	10	50
20-50	5,7	0,8	55	1,55	40	31	21	10	60
50-100	4,0	0,2	30	1,60	38	30	27	18	80
100-	4,1	0,1	40	1,70	34	25	20	8	-



Figur 2. Placering af de fire marker, der i dag indgår i de langvarige gødningsforsøg på Lermarken. B2- marken er opdelt i B2v og B2ø.

Forsøgsplanen på Lermarken

Forsøgene på Lermarken er anlagt i fire marker (fire blokke) kaldet B2-, B3-, B4- og B5-marken (Figur 2). B2-marken har historisk været opdelt i B2-øst (B2ø) og B2-vest (B2v). Mens B2ø-marken følger den ordinære forsøgsplan, har B2v-marken i flere omgange været anvendt til specifikke projekter, hvilket har betydet enkelte år med andre afgrøder og enkelte år med ændret tildeling af kvælstof i handelsgødning. Forsøgene omfattede fra start også en B1-mark, men i 1906 blev denne mark af ukendte årsager opgivet.

Forsøgsparellernes størrelse i de fire marker er vist i Tabel 3. Da forsøgene blev anlagt i 1894, var det metriske system endnu ikke taget i brug, og parcellerne blev afsat i fod. Nettoparcellen er det areal inden for det behandlede areal (bruttoparcellen), som høstes forsøgsmæssigt og anvendes ved opgørelse af afgrødeudbytter. Indsamling af jordprøver sker også typisk inden for nettoparcellen. Nettoparcellen udgør i dag den centrale tredjedel af det behandlede areal, mens den øvrige del af bruttoparcellen fungerer som værnebælte, der imødegår virkninger fra naboparceller og effekten af overslæbning af jord ved jordbearbejdning.

Tabel 3. Forsøgsparellernes størrelse.

Mark	Bruttoparcel		Nettoparcel fra 1985 ^{a)}	
	Dimension (m)	Areal (m ²)	Dimension (m)	Areal (m ²)
B2 (B2ø, B2v)	7,33 × 9,40	69	4,00 × 5,00	20
B3	11,68 × 9,40	110	7,28 × 5,00	36
B4	11,68 × 9,40	110	7,28 × 5,00	36
B5	11,68 × 9,40	110	7,28 × 5,00	36

a) Nettoparceller var større før 1985



Sædskiftet

Forsøgene gennemføres med et klassisk fire-marks sædskifte ("Norfolk"-sædskifte) med vintersæd, rækkeafgrøder til grovfoder, vårsæd med udlæg, og kløvergræs til slæt. Tabel 4 viser de afgrøder, der er dyrket i perioden 1894-2019. Sædskiftets grundlæggende struktur er fastholdt i hele perioden, men valget af de enkelte afgrøder har været påvirket af den generelle udvikling i dansk landbrug.

Således blev rug og havre i 1932 erstattet af vinterhvede og vårbyg, og valget af roetyper har også fulgt den almindelige udvikling i landbruget. I 2005 blev roer erstattet med majs, idet majs til helsædshøst og ensilage på det tidspunkt i praksis havde erstattet roer som grovfoder for kvæg. Kløvergræs udlægges ved undersåning om foråret i vårbyggen. Der tages ikke slæt i udlægsåret, men græsset afpudses i efteråret og biomassen efterlades på parcellen. I det efterfølgende produktionsår tilføres ikke gødning og der tages typisk kun to græsslæt. Kløverkomponenten af kløvergræsmarken var indtil 1949 domineret af rødkløver, som i perioder var iblandet lucerne. Siden 1949 er der anvendt en frøblanding med tre græsser og tre kløvertyper (Tabel 5). Kløvergræsset blev til og med 1948 høstet som hø. Fra 1949 og frem er afgrøden fjernet fra parcellen i frisk tilstand.

Tabel 4. Afgrøder anvendt i fire-marks sædskiftet i perioden 1894-2019. Med fire marker (blokke) dyrkes alle afgrøder et givent år.

Sædskiftekomponent	Periode	Afgrøde
Vintersæd	1894-1931	Rug
	1932-2019	Hvede
Rækkeafgrøde	1894-1922	Runkelroer og kartofler ^{a)}
	1923-1943	Runkelroer
	1944-1947	Runkelroer og kålroer ^{a)}
	1948-1992	Bederoer eller kålroer ^{b)}
	1993-2004	Bederoer
	2005-2019	Majs
Vårsæd	1894-1931	Havre
	1932-2019	Byg
Kløvergræs	1894-2019	Kløvergræs blanding ^{c)}

^{a)} Todelt parcel, hvor begge afgrøder er dyrket samtidigt

^{b)} Bederoer og kålroer dyrket i hver anden rotation

^{c)} For kløvergræsblending 1949-2019, se Tabel 5.

Tabel 5. Den botaniske sammensætning og udsædsmængder for kløvergræsblending, der er anvendt siden 1949.

Botanisk komponent	Latinsk navn	Udsædsmængde (kg/ha)
Lucerne	<i>Medicago sativa</i> L.	10
Alsike	<i>Trifolium hybridum</i> L.	3
Kællingetand	<i>Lotus corniculatus</i> L.	3
Rajgræs	<i>Lolium perenne</i> L.	5
Engsvingel	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	5
Timothe	<i>Phleum pratense</i> L.	2

Gødningsbehandlinger

De grundlæggende forsøgsbehandlinger består af forskellige niveauer (0, $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2) af kvælstof, fosfor og kalium tilført med husdyrgødning (HU) eller med handelsgødning (NPK). Den anvendte husdyrgødning har helt overvejende været fra kvæg, men da landbrug tidligere var baseret på flersidigt husdyrhold, har gødningen i perioder givet indeholdt varierende mængder svinegødning. Siden 1973 er der blevet anvendt kvæggylle (GY), som leveres fra landbrug i Askovs omegn. For handelsgødning tilføres kvælstof, fosfor og kalium i enkeltgødninger. Tabel 6 viser den samlede tilførsel og fordeling mellem de enkelte afgrøder af kvælstof, fosfor og kalium ved gødningsniveau 1 HU og 1 NPK. Den tilførte mængde (gennemsnit af sædskiftet) og fordelingen af næringsstoffer mellem afgrøder er justeret flere gange i løbet af perioden 1894-2019, men inden for den enkelte periode er der blevet tilført ækvivalente mængder kvælstof, fosfor og kalium med husdyrgødning og handelsgødning. Fordelingen af næringsstoffer mellem afgrøderne i sædskiftet har typisk afspejlet praksis i dansk landbrug. Kløvergræs er på intet tidspunkt tilført husdyrgødning, men har udnyttet eftervirkning fra tilførsler til de øvrige afgrøder i sædskiftet og kløverens egen fiksering af atmosfærisk kvælstof. Tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium i handelsgødning til kløvergræs ophørte i henholdsvis 1923, 1949 og 1973. I perioden 1973-1988 blev kvæggylle overfladeudbragt og nedpløjet i september før såning af vinterhvede, mens gylle til roer og vårbyg blev udbragt sent efterår eller vinter og nedpløjet. Siden 1989 er gylle udbragt og nedpløjet forår før såning af vårbyg og roer/majs og overfladeudlagt i vinterhvede.

Tabel 7 viser de i alt 16 behandlinger, der i dag indgår i de langvarige gødningsforsøg. Ni behandlinger er anlagt i 1894 (ugødet i 1893) og fem behandlinger er tilføjet i 1923. Forsøgsbehandlinger og gentagelser, som er anlagt efter 1894, er indlagt i parceller, hvor tidligere behandlinger er ophørt. I Christensen m. fl. (1994, 2019) findes en udførlig gennemgang af de enkelte parcellers gødningshistorie. Ikke alle marker indeholder samtlige behandlinger og antallet af gentagelser varierer fra mark til mark. Ud over varierende tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium med husdyrgødning eller handelsgødning medtager forsøgene også behandlinger, hvor de tre næringsstoffer gives enkeltvis eller i kombinationer af to samt en behandling, hvor der ikke tilføres gødning. Den ugødede parcel modtager dog, ligesom alle øvrige behandlinger, næringsstoffer via atmosfærisk afsætning samt kvælstof fra biologisk kvælstofbinding.



Udlægning af gylle i forsøgsparceller kræver håndelag og specialudstyr.



Så er der gjort klar til P og K tildeling.

Tabel 6. Tilførsel (kg/ha) af kvælstof, fosfor og kalium ved 1 NPK (handelsgødning) and 1 HU (husdyrgødning). Mængde og fordeling i sædskiftet er ændret i 1907, 1923, 1949, 1973 og 2006.

Periode	Afgrøde	1 HU			1 NPK		
		Total-N	P	K	N	P	K
1894-1906 ^{a)}	Rug	81,0	25,2	58,3	38,8	12,4	28,1
	Rodfrugt	121,5	37,7	87,4	38,8	12,4	28,1
	Havre	0	0	0	38,8	12,4	28,1
	Kløvergræs, 1. år	0	0	0	38,8	12,4	28,1
	Kløvergræs, 2. år	0	0	0	38,8	12,4	28,1
	Årligt gns.	40,5	12,6	29,1	38,8	12,4	28,1
1907-1922 ^{a)}	Rug	0	0	0	37,2	13,3	31,9
	Rodfrugt	126,9	37,7	98,6	67,6	13,3	31,9
	Havre	42,3	12,6	32,9	40,6	13,3	31,9
	Kløvergræs	0	0	0	20,4	13,3	31,9
	Årligt gns.	42,3	12,6	32,9	41,4	13,3	31,9
1923-1948 ^{b)}	Vintersæd	0	0	0	68,2	14,4	57,4
	Roer	213,2	42,2	207,3	160,3	25,3	108,1
	Vårsæd	74,0	21,6	52,6	50,2	14,5	57,8
	Kløvergræs	0	0	0	0	14,5	57,8
	Årligt gns.	71,8	15,9	65,0	69,7	17,0	69,8
1949-1972 ^{b)}	Vinterhvede	60 ^{c)}	0	0	70	16	66
	Roer	280	76,9	231,4	160	38	100
	Vårbyg	30 ^{c)}	0	0	50	16	33
	Kløvergræs	0	0	0	0	0	66
	Årligt gns.	92,5	19,2	57,9	70	17,5	66,3
1973-2005 ^{d) e)}	Vinterhvede	95,8	19,7	91,7	100	19	87,6
	Roer ^{f)}	211,3	44,9	201,3	225	44,2	195,6
	Vårbyg	72,2	14,5	65,3	75	14,2	64,5
	Kløvergræs	0	0	0	0	0	0
	Årligt gns.	95,0	19,7	89,6	100	19,3	86,9
2006-2019 ^{e)}	Vinterhvede	152,7	26,1	137,8	150	30	120
	Majs	153,0	26,6	142,4	150	30	120
	Vårbyg	101,9	17,6	93,2	100	20	80
	Kløvergræs	0	0	0	0	0	0
	Årligt gns.	101,9	17,6	93,4	100	20	80

^{a)} Husdyrgødning blev givet i form af fast staldgødning (STG).

^{b)} Husdyrgødning blev givet i form af STG suppleret med ajle til roer.

^{c)} Kvælstof til kornafgrøder blevet givet i form af calciumnitrat

^{d)} Husdyrgødning er siden 1973 givet i form af kvæggylle (GY) med ca. 65 % ammonium-N.

^{e)} Fra 1997: særlig forsøgsplan for B4-marken.

^{f)} Roer erstattet af majs i 2005.

Tabel 7. Forsøgsbehandlinger og antal fællesparceller (gentagelser) for hver mark (blok) i forsøgene på Lermarken.

Koder ^{a)} markplan	i	Behandling for anlæg	og årstal	Mark					I alt
				B2ø	B2v	B3	B4 ^{b)}	B5	
1 (a)	0	(Ugødet)	1893	4	4	5	3	5	21
2 (b)	½	HU	1894	2	4		2	3	11
3 (c)	1	HU	1894	6	4	5	2	4	21
4 (d)	1½	HU	1894	5	4	3	2	3	17
5 (s)	2	HU	1923	3					3
8 (p)	½	NPK	1923	5		4	2	4	15
9 (k)	1	NPK	1894	5	4	4	3	4	20
10 (r)	1½	NPK	1923	5		3	3	2	13
11 (u)	2	NPK	1923	4					4
12 (r1)	1½	N + 3 PK	1923	3			1		4
13 (l)	1	NP	1894	2	2	2	2	2	10
7 (f)	1	NK	1935		2	3	3	2	10
6 (e)	1	PK	1935	1	4	3	2	3	13
14 (m)	1	N	1894	1		1	1	1	4
15 (n)	1	P	1894	1		1	1	1	4
16 (o)	1	K	1894	1		1	1	1	4
I alt				48	28	35	28	35	174

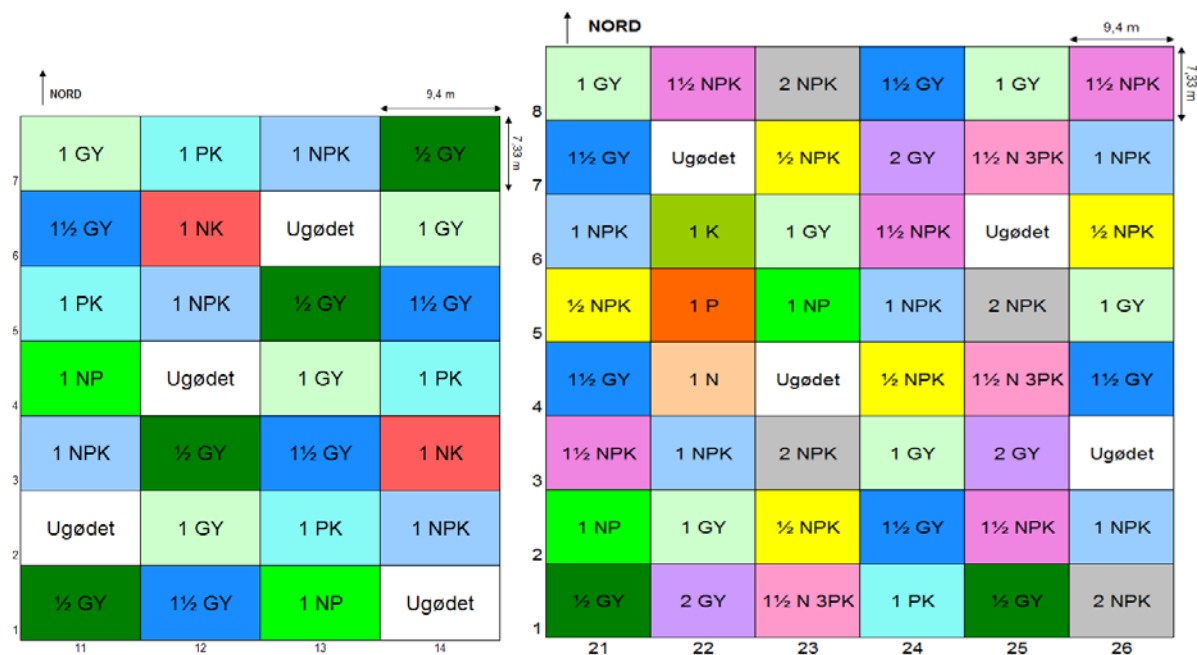
^{a)} Historisk benyttede koder er angivet i parentes.

^{b)} Gælder kun til og med 1996 for behandlinger i B4-marken.

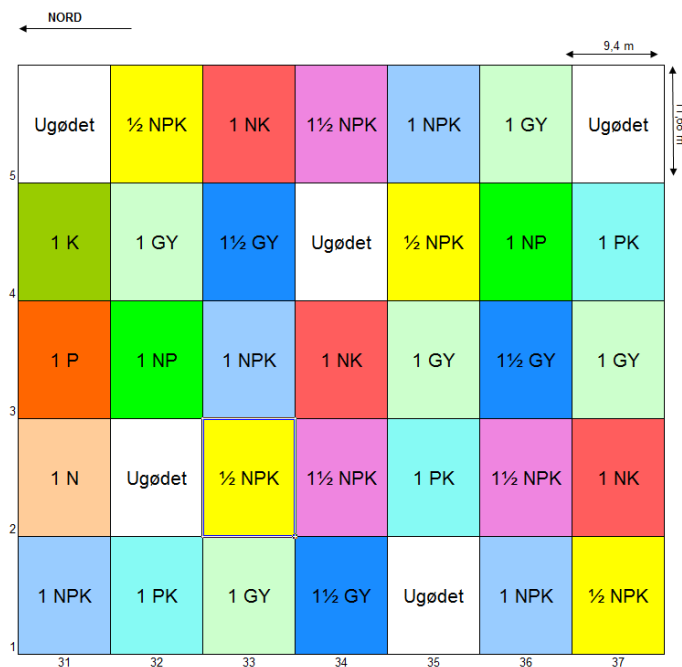
Figurerne 3, 4 og 5 viser placeringen af de enkelte behandlinger og gentagelser i hver mark. I figurerne erstatter GY betegnelsen HU for at afspejle, at husdyrgødning siden 1973 er tilført i form af gylle. For B4-marken er angivet de behandlinger, der er gået forud for de nuværende behandlinger.

Som udløber af forslag fra den internationale workshop, der blev afholdt i forbindelse med forsøgenes 100-års jubilæum (Christensen og Trentemøller, 1995), blev B4-markens forsøgsplan ændret i 1997. Behandlingerne ½ NPK, 1 NPK og 1½ NPK blev erstattet af en tilsvarende tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium i form af fast staldgødning og ajle (benævnt STG). Desuden blev fordelingen af gødning mellem afgrøder i sædskiftet justeret, og der blev indført semi-permanente græsstriber mellem forsøgsparcellerne. Græsstriberne blev sløjfet hvert 4. år i forbindelse med nedpløjning af kløvergræs og genetableret umiddelbart efter som udlæg i vinterhveden. Anvendelsen af græsstriber mellem parceller i B4-marken er ophørt med udgangen af 2018.

Behandlinger med N, P og K tilført enkeltvis eller i kombinationer af to blev i B4-marken ændret med henblik på at teste disse behandlings eftervirkning, idet 1 N og 1 K dog blev erstattet af 2 STG (Figur 5). Christensen m. fl. (2019) medtager en deltaljeret beskrivelse af ændringer i B4-markens forsøgsplan. Fra og med 2013 er fast husdyrgødning og ajle erstattet med kvæggylle, hvorved antallet af gentagelser for ½ GY, 1 GY og 1½ GY i B4-marken er øget og tilført behandlingen 2 GY.

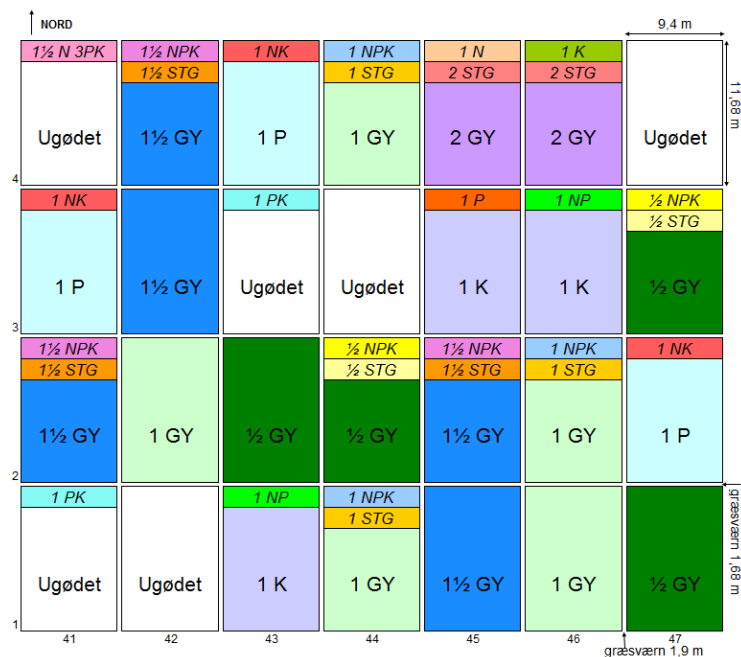
Mark B2ø

Figur 3. Parcellfordeling i B2v- og B2ø marker. Se Tabel 6 og 7 for forklaring af behandlingskode.

Mark B3

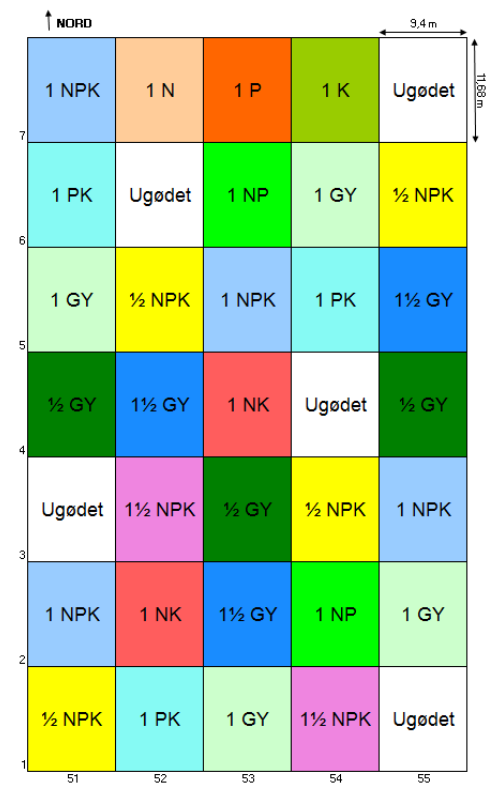
Figur 4. Parcellfordeling i B3-marken. Se Tabel 6 og 7 for forklaring af behandlingskode.

Mark B4



Figur 5. Parcellfordeling i B4- og B5-marker. For B4-marken, hvor gødningsbehandlingen er ændret i 1997 og i 2013, er også angivet de tidligere behandlinger. Se Tabel 6 for behandlinger før 1996. For behandlinger i perioden 1997 til og med 2012 henvises til teksten.

Mark B5



Forsøgsarealernes almindelige drift

Med hensyn til jordbearbejdning, ukrudtsbekæmpelse, beskyttelse af afgrøder mod angreb af svampe og skadedyr, valg af sorter og kalkning har driften i de langvarige forsøg generelt fulgt den almindelige udvikling i dansk planteproduktion. Derved har resultater fra de gødningsbehandlinger, som indgår i de langvarige forsøg, løbende bevaret deres relevans og aktualitet. Dette afsnit beskriver alene den aktuelle drift af forsøgsarealerne og den praktiske gennemførelse af forsøgsarbejdet.

Jordbearbejdning foregår parallelt med parcelgrænser. I markerne B2, B4 og B5 sker pløjning skiftevis nord-syd og syd-nord, startende henholdsvis i øst- og i vest-siden af markerne. For B3-marken sker jordbearbejdning på samme måde i retningerne øst-vest og vest-øst. Pløjning udføres med traktor-efterspændt plov i marts/april forud for forårssåede afgrøder og i september forud for vinterhvede. Pløjedybden tilpasses muldlagets tykkelse, som typisk er 18-20 cm.

Tilberedning af såbed og såning foretages med rotorharve monteret med pakker og så-aggregat. Rækkeafstanden for kornafgrøder er 12,5 cm. For majs foretages tilberedning af såbed på samme måde, idet såning af majs på 75 cm rækkeafstand dog sker særskilt med 4-rækkers såmaskine. Der anvendes ikke gødningsplacering ved såning. Majs etableres med en forventet plantetæthed på 110.000 planter/ha.

Ukrudtsbekæmpelse foregår ved brug af herbicider i hvede og forårssåede afgrøder. Fungicider og insekticider anvendes, når der ud fra observationer i markerne kan forventes betydende angreb. Cirka hvert 4. år udsprede 3-5 t/ha magnesium beriget kalk med henblik på at holde pløjelagets pH (CaCl_2) på mellem 5,5 og 6,5. Den atmosfæriske afsætning af svovl er faldet drastisk siden 1970-erne, hvor den årlige afsætning var ca. 20 kg S/ha. Aktuelt er svovlafsetsningen < 10 kg S/ha. Desuden har overgang fra superfosfat til triple-superfosfat reduceret svovltilførslen til parceller, der modtager fosforgødning. Lemarken tilføres derfor svovl ved sprøjtning med elementært S (80 % S). I perioden 2004-2011 er der årligt tilført 25 kg S/ha. Fra 2012 er tilførslen reduceret til 12,5 kg S/ha.

Handelsgødning og husdyrgødning tilføres om foråret ved begyndende vækst (marts/april). Gylle overfladeudbringes manuelt med en traktor-drevet pumpe og et håndholdt spredeaggregat, idet tidspunktet afpasses, så der opnås mindst mulig ammoniakfordampning. Ved forårssåede afgrøder nedbringes gyllen straks efter udbringning, mens gylle der udbringes i vinterhvede efterlades på jordoverfladen. Kvælstof i handelsgødning udbringes med forsøgssåmaskine, hvorimod P og K udsprede manuelt. Tilførsel af N, P og K i handelsgødning sker i dag i form af henholdsvis ammoniumnitrat, triple-superfosfat (20 % P og 1,8 % S) og kaligødning. Før 2006 var tilførsel af P i form af superfosfat (8 % P) med et større svovlindhold (12 % S).

Efter høst af værnebælter høstes nettoparcellen med udstyr bygget specielt til parcellhøst, der for kornafgrøder muliggør separat bestemmelse af kerne- og halmudbytte. For kornafgrøder afsættes 5-10 cm stub, mens alle øvrige afgrøderester fjernes fra arealet umiddelbart efter høst. For kløvergræs høstes første slæt i begyndelsen af juni og andet slæt midt i august. Græsset høstes ligeledes med parcellhøster efter at værnebælter er fjernet. Efter andet slæt og en kort genvækstperiode nedvisnes græsset med

bredspektret herbicid og marken pløjes. Hveden sås herefter medio september. Majs høstes som helsæd ved ca. 30 % tørstof, hvilket typisk opnås primo-medio oktober. Efter fjernelse af værnebælter, høstes nettoparcellen med en 1-rækkers forsøgshøster. Der efterlades ca. 15 cm stub.

Afgrødeudbytter (kerne og halm for kornafgrøder; 1. og 2. slæt for kløvergræs, total biomasse for majs) bestemmes årligt for hver enkelt parcel. Desuden indsamles jordprøver hvert 4. år i pløjelaget for hver enkelt parcel. Afgrødeprøver tørres ved 80 °C, formales og analyseres ved sammenvejning hvert 4. år for indhold af kvælstof. Jordprøverne tørres ved 40 °C, sigtes (< 2 mm) og analyseres for indhold af kulstof og kvælstof. De tørrede prøver indgår i forsøgenes prøvearkiv, hvorfra delprøver efterfølgende kan udtages til specifikke analyser. Afgrødeudbytter er blevet bestemt fra forsøgenes start i 1894, mens systematisk indsamling af jordprøver først blev påbegyndt i 1923.



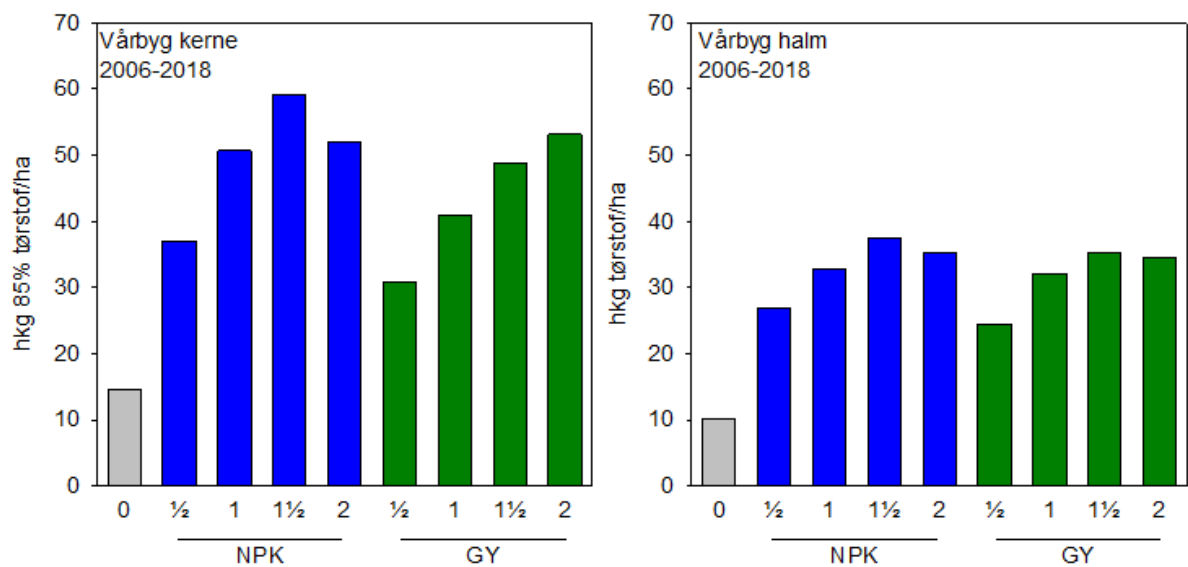
Majs er en stor og flot plante – som forsøgsplante stiller majs sine helt egne krav til forsøgsudstyr.

Afgrødeudbytter 2006-2018

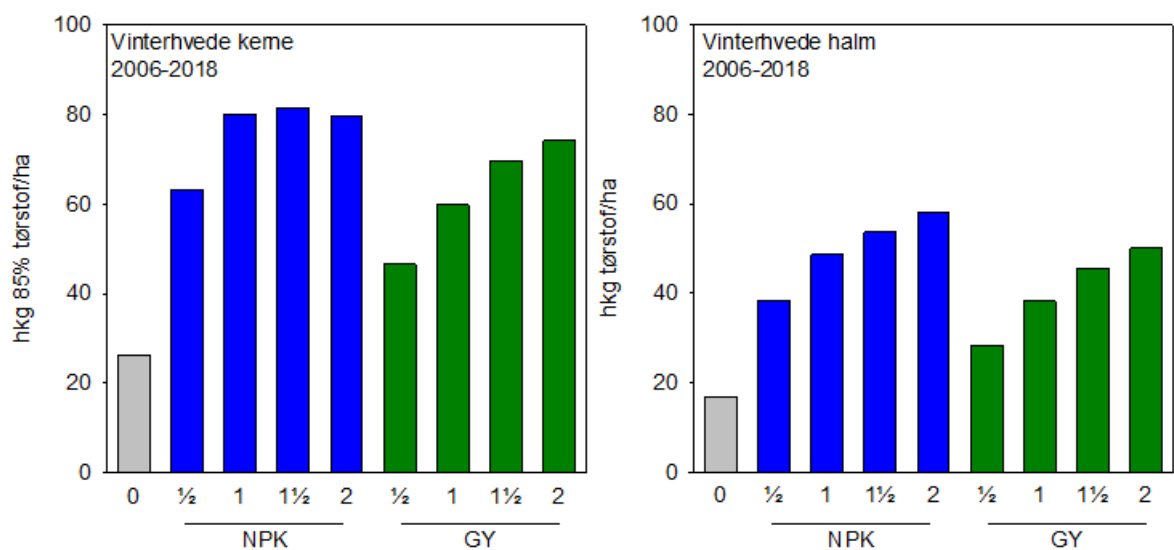
Figur 6 til 8 viser udbytter for vårbyg, vinterhvede, majs og kløvergræs dyrket i perioden 2006-2018 ved stigende tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium i form af gylle og handelsgødning. Det bemærkes, at tilførsel af gylle baseres på gødningens indhold af total-kvælstof, hvoraf alene 65 % i gennemsnit findes på ammoniumform. Det betyder overordnet, at den direkte gødningsvirkning af 100 kg total-N tilført med gylle svarer til 65 kg N tilført med handelsgødning. Denne forskel medvirker til et lidt lavere kerneudbytte i vinterhvede og vårbyg for gylle end for det tilsvarende niveau af handelsgødning. Specielt for vinterhvede må påregnes et tab af ammoniak ved fordampning fra den overfladeudbragte gylle. Det gennemsnitlige kerneudbytte i den ugødede behandling er 14,6 hkg/ha og 26,2 hkg/ha for henholdsvis vårbyg og vinterhvede. Udbyttet bliver tre til fire gange større ved tilførsel af relevante mængder handelsgødning.

For den ugødede behandling er tørstofudbyttet i majs 34,5 hkg/ha. Majsafgrøden reagerer stærkere på tilførsel af gylle end handelsgødning. Ved normal gødskning med gylle er majsudbyttet godt 4 gange større end ved den ugødede behandling. Kløvergræs tilføres ikke gødning direkte, men udnytter eftervirkninger af den gødning, der tilføres de øvrige afgrøder i sædskiftet, samt fiksering af kvælstof fra luften. Tørstofudbyttet i kløvergræs for den ugødede behandling er 36 hkg/ha. Udbyttet er godt 1,5 gange større for kløvergræs, der udnytter eftervirkningen af handelsgødning. Eftervirkningen af gylle er væsentlig større end eftervirkningen af handelsgødning. Det største udbytte i kløvergræs (88 hkg/ha) opnås i parceller, hvor afgrøden udnytter eftervirkningen af gødningsniveau 1½ GY.

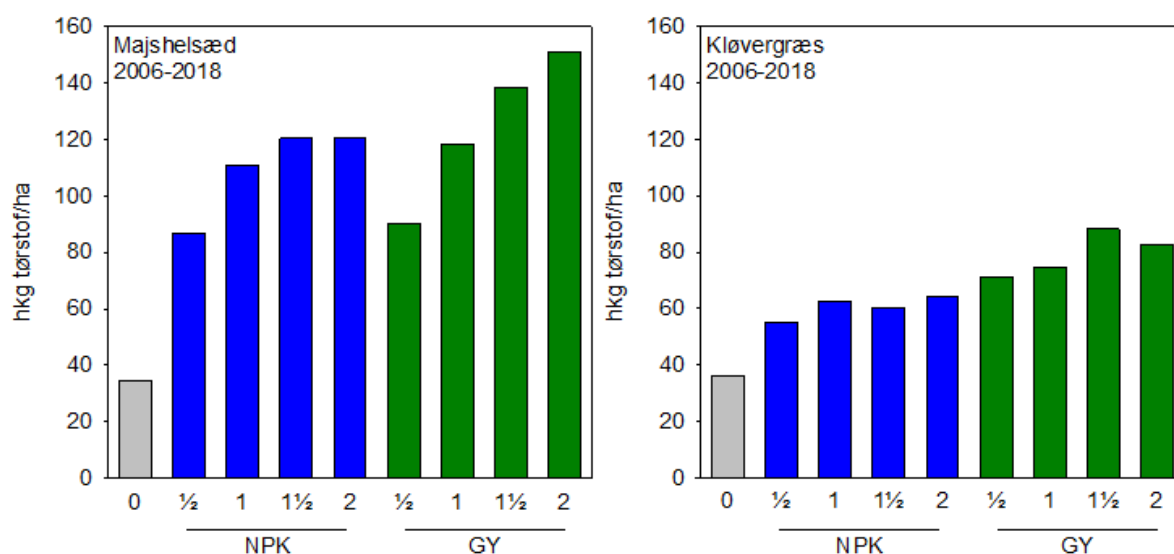




Figur 6. Vårbyg: Kerne- (85 % tørstof) og halmudbytte (100 % tørstof) i perioden 2006-2018 ved stigende niveau af kvæggylle (GY) og handelsgødning (NPK). Ved 1 GY og 1 NPK tilføres 100 kg N/ha. Se Tabel 6 for gødningstilførsel (GY = HU).



Figur 7. Vinterhvede: Kerne- (85 % tørstof) og halmudbytte (100 % tørstof) i perioden 2006-2018 ved stigende niveau af kvæggylle (GY) og handelsgødning (NPK). Ved 1 GY og 1 NPK tilføres 150 kg N/ha. Se Tabel 6 for gødningstilførsel (GY=HU).



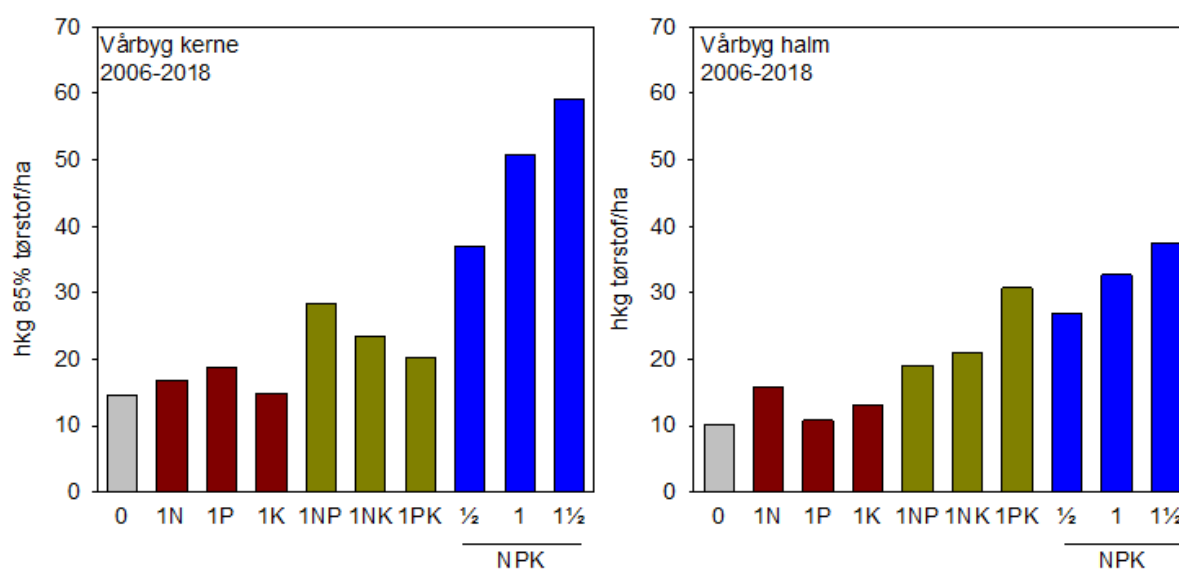
Figur 8. Majs og kløvergræs: Tørstof udbytter i perioden 2006-2018 ved stigende niveau af kvæggylle (GY) og handelsgødning (NPK). Ved 1 GY og 1 NPK tilføres majs 150 kg N/ha. Kløvergræs tilføres ikke gødning direkte, men udnytter eftervirkninger fra tilførsler til de øvrige afgrøder i sædskiftet. Se Tabel 6 for gødningstilførsel (GY = HU).

Figur 9 til 11 viser udbytter for vårbyg, vinterhvede, majs og kløvergræs dyrket i perioden 2006-2018 ved tilførsel af N, P og K enten enkeltvis eller i kombinationer af to. Til sammenligning vises udbytter ved samtidig tildeling af alle tre næringsstoffer i forskellige niveauer ($\frac{1}{2}$ NPK, 1 NPK, $1\frac{1}{2}$ NPK). Det fremgår, at tilførsel af næringsstoffer enkeltvis ikke øger kerneudbyttet i forhold til den ugødgede behandling. Tilførsel af næringsstoffer i kombinationer af to har meget begrænset virkning på kerneudbyttet i vinterhvede og vårbyg. Først når alle tre næringsstoffer tilføres samtidigt ses en normal virkning af gødsning.

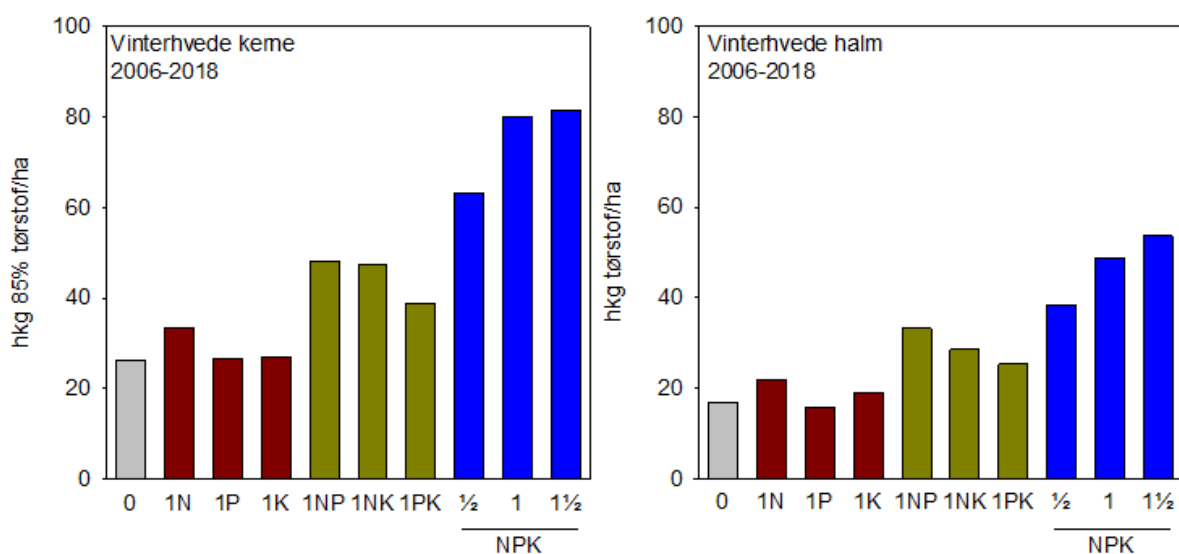
Det samme billede gør sig gældende for majs, idet samtidig tilførsel af P og K dog har en markant virkning på udbyttet. Udbyttet i majstørstof ved behandlingen 1 PK er på samme niveau som ved tilførsel af $\frac{1}{2}$ NPK. For kløvergræs, der ikke tilføres gødning i produktionsåret, opnås det største udbytte i behandlingen 1 PK. Det må antages, at virkningen af 1 PK er afledt af et større indhold af fosfor og kalium i jorden, idet de lave udbytter for kornafgrøderne efterlader mere af den tilførte gødning i jorden. Idet den biologiske kvælstofbinding kan sikre kløverens forsyning med kvælstof, vil et højt indhold af plantetilgængeligt fosfor og kalium skabe grundlag for gode vækstbetingelser.



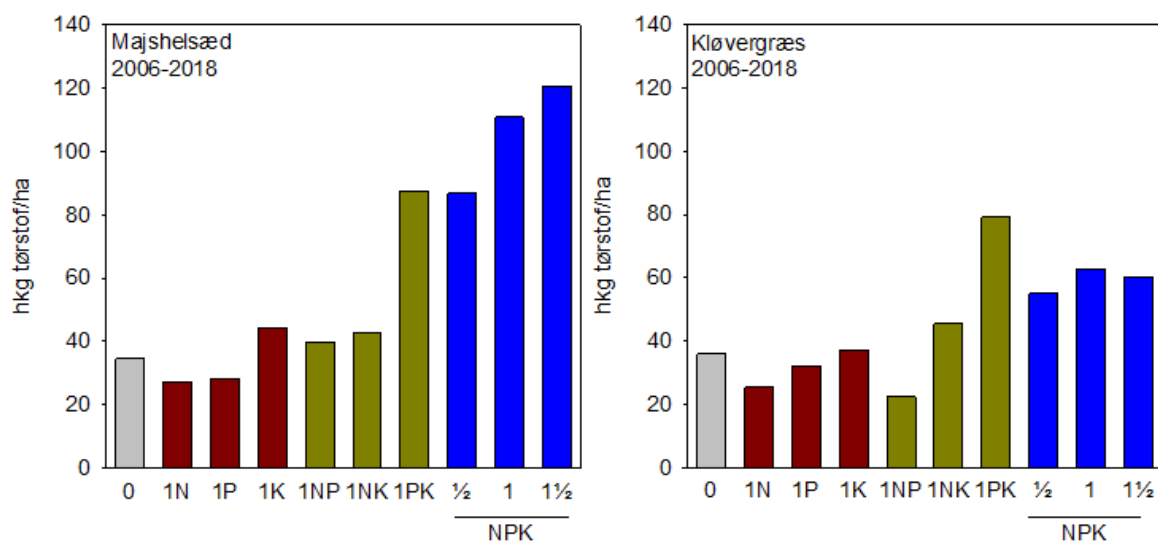
Sækken snøres forsvarligt – der er ingen kerner at spille, når der dyrkes hvede uden tilførsel af gødning.



Figur 9. Vårbyg: Kerne- (85 % tørstof) og halmudbytte (100 % tørstof) i perioden 2006-2018 ved gødskning med N, P og K, tilført enkeltvis eller i kombinationer af to. Ved 1 NPK tilføres 100 kg N/ha. For 1N, 1P og 1K gives samme mængde af det pågældende næringsstof som ved 1 NPK. Se Tabel 6 for gødningstilførsel.



Figur 10. Vinterhvede: Kerne- (85 % tørstof) og halmudbytte (100 % tørstof) i perioden 2006-2018 ved gødskning med N, P og K, tilført enkeltvis eller i kombinationer af to. Ved 1 NPK tilføres 150 kg N/ha. For 1N, 1P og 1K tilføres samme mængde af det pågældende næringsstof som ved 1 NPK. Se Tabel 6 for gødningstilførsel.



Figur 11. Majs og kløvergræs: Tørstof udbytter i perioden 2006-2018 ved gødskning med N, P og K, tilført enkeltvis eller i kombinationer af to. Kløvergræs tilføres ikke gødning direkte, men udnytter eftervirkninger fra tilførsler til de øvrige afgrøder i sædskiftet. Ved 1 NPK tilføres majs 150 kg N/ha. For 1N, 1P og 1K tilføres majs samme mængde af det pågældende næringsstof som ved 1 NPK. Se Tabel 6 for gødningstilførsel.



Kløvergræs har altid krævet opmærksomhed – uanset tidsalder er der ingen slinger i valsen, når forsøgspareller høstes.

Referencer

- Christensen, B.T. & Johnston, A.E. 1997. Soil organic matter and soil quality – Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. *Developments in Soil Science* 25, 399-430.
- Christensen, B.T. & Trentemøller, U. (Eds.) 1995. The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers – 100th Anniversary Workshop, Askov Experimental Station, 8th-10th September 1994. SP Report no.29, Danish Institute of Plant and Soil Science, Tjele.
- Christensen, B.T., Petersen, J. & Trentemøller, U.M. 2006. The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: The Lermarken site 1894-2004. DIAS report Plant Production no. 121, Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele.
- Christensen, B.T., Petersen, J., Kjellerup, V. & Trentemøller, U. 1994. The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: 1894-1994. SP Report no. 43, Danish Institute of Plant and Soil Science, Lyngby.
- Christensen, B.T., Thomsen, I.K. & Eriksen, J. 2019. The Askov Long-term Experiments: 1894-2019 – A Unique Research Platform Turns 125 years. DCA Report (in preparation). Aarhus University, DCA - Danish Centre for Food and Agriculture, Tjele.
- Hansen, L. 1976. Jordtyper ved Statens Forsøgsstationer. *Tidsskrift for Planteavl* 80, 742-758.
- Hu, T., Taghizadeh-Toosi, A., Olesen, J.E., Jensen, M.L., Sørensen, P. & Christensen, B.T. 2019. Converting temperate long-term arable land into semi-natural grassland: decadal-scale changes in topsoil C, N, ¹³C and ¹⁵N contents. *European Journal of Soil Science* (in press).
- Knudsen, S. Aa. & Frandsen, A. 1994. Askov – En historisk billedbog. Askov Boghandel, Askov, Vejen (ISBN 87-985218-0-2).
- Nielsen, J.D. & Møberg, J.P. 1984. Klassificering af 5 jordprofiler fra forsøgsstationer i Danmark. *Tidsskrift for Planteavl, Beretning nr. S 2130*, Statens Planteavlsforsøg, Lyngby.
- Sundberg, P.S., Callesen, I., Greve, M.H. & Raulund-Rasmussen, K. 1999. Danske Jordprofiler. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele.

Appendiks A: Eksempler på projektaktiviteter 2014-2019

De langvarige gødningsforsøg bliver hyppigt anvendt som forskningsplatform for specifikke projekter. Projekterne kan være baseret på dyrkning af planter i små-parceller indplaceret i udvalgte behandlinger, på målinger og særsomt indsamling af prøver af planter og jord, på nye analyser af materiale fra det historiske prøvearkiv, og på udnyttelse af de lange dataserier for høstudbytter og analyser af jordprøver. Nedenfor er omtalt udvalgte eksempler på projekter, som i perioden 2014-2019 (februar) har draget direkte nytte af gødningsforsøgene. Ved hvert eksempel er der henvist til den relevante publikationer (se appendiks B).



Gødningsforsøgene finder anvendelse inden for vidt forskellige fagområder. Her er småparceller blevet tilsået med forhistoriske korntyper (emmer, spelt og nøgen byg) som led i det agro-arkæologiske projekt: Hvornår i forhistorien blev gødskning opfundet? Isotopanalyser spiller en hovedrolle – her forekomst af de stabile isotoper ^{13}C og ^{15}N .

Kanstrup m. fl. (2014): Searching for long-term trends in prehistoric manuring practice. $\delta^{15}\text{N}$ analyses of charred cereal grains from the 4th to the 1st millennium BC. *Journal of Archaeological Science* 51, 115-125.

Dyrkning af de forhistoriske kornafgrøder spelt, emmer og nøgenbyg i forskelligt gødede parceller og efterfølgende måling af den naturlige forekomst af C og N isotoper i jord og kerneprøver viste, at anvendelse af husdyrgødning giver et stærkt forhøjet indhold af den stabile kvælstofisotop ^{15}N . Denne viden indgik i et større arkæologisk samarbejde med forskere fra Oxford University, der belyser den forhistoriske anvendelse af gødning. På baggrund af isotopmålinger i de langvarige gødningsforsøg og på kerneprøver fra en lang række danske arkæologiske udgravninger kunne det konstateres, at den udbyttefremmende virkning af gødning har været kendt i hele forhistorien, men også at der parallelt med gødede afgrøder har været dyrket korn uden brug af gødning. Projektet viste, at bestemmelse af ^{15}N i kerneprøver repræsenterer en tilgang, der giver ny og direkte information om gødskningspraksis i forhistorien.

Taghizadeh-Toosi m. fl. (2014): C-TOOL – a simple model for simulating whole-profile carbon storage in temperate agricultural soils. *Ecological Modelling* 292, 11-25.

C-TOOL er en matematisk model, der simulerer den langsigtede udvikling i jordens kulstofindhold som følge af ændret arealanvendelse og markdrift. Modellen er dermed også et vigtigt redskab ved vurdering af potentiale for kulstoflagring. En troværdig simuleringsmodel forudsætter kalibrering og validering mod lange tidsserier af målinger af kulstofindhold i jord under varierende dyrkning, herunder forskellig tilførsel af gødning og afgrøderester. På den baggrund blev udviklingen af C-TOOL baseret på resultater fra flere langvarige markforsøg (Askov, Rothamsted, Ultuna). Efterfølgende simuleringer viste, at C-TOOL er et meget effektivt redskab til forudsigelse af ændringer i jordens kulstoflager. Sammenholdt med andre internationale simuleringsmodeller stiller C-TOOL langt færre krav til baggrundsoplysninger. C-TOOL er blevet et centralt redskab i en lang række projekter, hvoraf flere gennemføres i internationalt samarbejde.

Tamez-Hidalgo m. fl. (2016): Endospores, prokaryotes, and microbial indicators in arable soils from three long-term experiments. *Biology and Fertility of Soils* 52, 101-112.

Mikroorganismer spiller en stor rolle for jordens funktion som dyrkningsmedie. I dette projekt blev det undersøgt, i hvilket omfang dyrkningspraksis påvirker det mikrobielle samfund. Jordprøver udtaget i pløjelaget fra tre markforsøg, herunder de langvarige gødningsforsøg, blev analyseret for mikrobielt DNA, endosporer (bakterielle hvilesporer), og aminosukre af mikrobiel oprindelse. Forekomsten af mikrobielle aminosukre var mindre egnet som indikator for den aktuelle størrelse og sammensætning af det mikrobielle samfund. Forholdet mellem endosporer og mikrobielle celler var konstant og upåvirket af gødsning; kun for jord, der havde været helt friholdt for gødning i 120 år registreredes forøget forekomst af endosporer. Undersøgelsen viste, at det mikrobielle samfunds generelle struktur i dyrket jord er særdeles robust overfor varierende driftsforhold.

Graham m. fl. (2016): Appearance of β -lactam resistance genes in agricultural soils and clinical isolates over the 20th century. Scientific Reports 6, 21550.

Det er kendt, at anvendelse af husdyrgødning fremmer forekomsten af antibiotika-resistente gener i jord, men der er ikke klart om husdyrgødning har en varig effekt på puljen af resistens-gener. Arkiverede jordprøver, udtaget fra handels- og husdyrgødte parceller i perioden 1923 til 2010, blev derfor undersøgt for forekomst resistens-gener, der kunne relateres til den historiske udvikling i forbruget af antibiotika. Jord tilført handelsgødning og jord indsamlet før 1940 viste meget lave niveauer af resistensgener, hvorimod jord indsamlet i husdyrgødet jord efter 1940 viste et signifikant forhøjet niveau af resistensgener. Når en bestemt type antibiotika blev udfaset, faldt jordens indhold af de tilsvarende resistensgener tilbage til baggrundsniveau inden for en 10-års periode. Udfasning af antibiotika i den animalske produktion vil over tid reducere jordens indhold af resistensgener. Jordens indhold af integroner viste imidlertid en stigning fra 1990 og frem. Årsagen hertil bør undersøges nærmere, idet forekomst af integroner måske kan relateres til brug af kobber og zink som erstatning for antibiotika.



Måling af trækraftbehov kræver specielt grej – og mange mand i førerhuset.

Peltre m. fl. (2016): Seasonal differences in tillage draught on a sandy loam soil with long-term additions of animal manure and mineral fertilizers. Soil Use and Management 32, 583-593.

Energiforbrug ved jordbearbejdning er stærkt afhængigt af jordens egenskaber, specielt indholdet af ler, vand og organisk stof (fx målt ved kulstofindhold). En troværdig bestemmelse af kulstofets effekt på trækraftbehov under markforhold kræver arealer med et varierende indhold af kulstof, men som er ensartet med hensyn til tekstur og dyrkningshistorie. Undersøgelsen af trækraftbehovet blev derfor indplaceret i de langvarige gødningsforsøg i parceller med forskelligt indhold af kulstof.

Trækkraftbehovet afhang primært af jordens vandindhold på bearbejdningstidspunkt. Det højere vandindhold om foråret nedsatte trækkraftbehovet og der var kun mindre forskelle mellem parceller med forskelligt indhold af kulstof. Det konkluderes, at for denne jordtype med et indhold af kulstof, der varierede fra 0,9 til 1,4 %, havde kulstofindholdet kun marginal indflydelse på trækkraftbehov. Den afgørende faktor for trækkraftbehov er jordens vandindhold på behandlingstidspunktet.

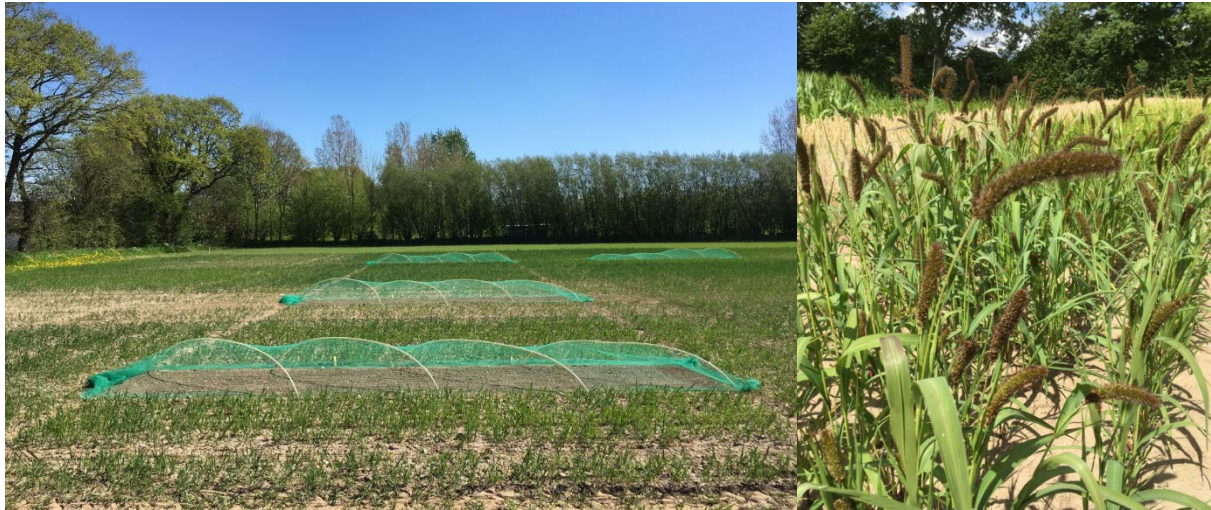
Jensen m. fl. (2017): Suboptimal fertilization compromises soil physical properties of a hard-setting sandy loam. Soil Research 55, 332-340.

Gødningstype og -niveau har ikke alene indflydelse på afgrødens udbytte og kvalitet, men påvirker også jordens fysiske egenskaber. Jord indsamlet fra parceller i de langvarige gødningsforsøg blev analyseret for en række jordfysiske parametre. Ved normale gødningsniveauer var der ikke forskel på effekten af handels- og husdyrgødning. Ved lang tids under-optimal gødskning forringes jordens fysiske egenskaber målt som mindre indhold af organisk stof, nedsat aggregatstabilitet og øget ler dispergering. Det konkluderes, at udbytte-optimeret gødskning understøtter jordens fysiske egenskaber. Det gælder både tilførsel af handelsgødning og kvæggylle.

Christensen m. fl. (2017): Impact of early sowing on winter wheat receiving manure or mineral fertilizers. Agronomy Journal 109, 1312- 1322.

Suarez-Tapia m. fl. (2018): Early sowing increases nitrogen uptake and yields of winter wheat grown with cattle slurry or mineral fertilizers. The Journal of Agricultural Science 156, 177-187.

Med henblik på at undersøge om tidlig såning af vinterhvede kan reducere udvaskning af kvælstof blev udvalgte parceller i de langvarige gødningsforsøg neddelt i fire underparceller, hvor to hvedesorter (Hereford og Mariboss) blev sået på to forskellige tidspunkter (medio august og medio september). Undersøgelserne blev gennemført over fire år med varierende kvælstoftildeling i handelsgødning eller kvæggylle. Tidlig såning øgede kerneudbyttet med mellem 4 og 10 hkg/ha. Halmudbyttet var også større ved tidlig såning og det samlede kvælstofoptag øgedes med mellem 17 og 35 kg N/ha. De to hvedesorter reagerede næsten ens på flytning af såtidspunkt. Det tidligere såtidspunkt gav øget kvælstofoptag i efterårs- og vinterperioden. Det kunne konkluderes, at tidlig såning giver betydelig udbyttegevinst samt en miljøeffekt som efterafgrøde.



Småparceller med dyrkning af kolbehirse og almindelig hirse indlagt i vinterhvede afgrøden i B5-marken i vækstsæsonen 2018. Samarbejdsprojekt med arkæologer ved universitetet i Oxford. Hirsen var rigtig glad for den meget tørre og varme sommer – det var de andre afgrøder ikke!



Suarez-Tapia m. fl. (2017): Limitation of multi-elemental fingerprinting of wheat grains: Effect of cultivar, sowing date, and nutrient management. Journal of Cereal Science 76, 76-84.

Bestemmelse af det kemiske fingeraftryk (baseret på analyser for en række grundstoffer) er blevet anvendt til at bestemme oprindelsessted og dyrkningsomstændigheder for forskellige afgrøder. En lang række faktorer påvirker kornkernerens kemiske sammensætning, men det er uklart hvilken effekt valg af sort, såtidspunkt og gødskning har på det kemiske fingeraftryk. Kerner fra to sorter af vinterhvede, sået på to tidspunkter og dyrket i udvalgte parceller i de langvarige gødningsforsøg blev analyseret for 37 grundstoffer, hvoraf indholdet for 19 var større end den analytiske grænseværdi. Det kunne konkluderes, at anvendelse af kemisk fingeraftryk til bestemmelse af korns oprindelsessted er stærkt begrænset, idet effekten af kornsort, såtidspunkt, gødningstype (handels- eller husdyrgødning) og gødskningsintensitet kan spille en stor rolle for det kemiske fingeraftryk.

Suarez-Tapia m. fl. (2018): Residual N effect of long-term applications of cattle slurry using winter wheat as test crop. Field Crops Research 221, 257-264.

Eftervirkning af kvælstof tilført med handels- og husdyrgødning spiller en afgørende rolle ved bestemmelse af behovet for kvælstoftilførsel til en given afgrøde. Tidligere undersøgelser i de langvarige gødningsforsøg har vist en ubetydelig eftervirkning i vårbyg af kvælstof tilført med handelsgødning (Petersen m. fl. 2010, 2012). Dette projekt anvender samme forsøgsplan til at bestemme eftervirkning af kvælstof ved dyrkning af vinterhvede. For kvælstof tildelt med handelsgødning var eftervirkningen ubetydelig. Derimod fandtes en betydelig eftervirkning i parceller, der over en lang årrække var blevet tildelt kvælstof med kvæggylle.

Hu m. fl. (2019): Converting temperate long-term arable land into semi-natural grassland: decadal-scale changes in topsoil C, N, ¹³C and ¹⁵N contents. European Journal of Soil Science (in press).

Græsmarker spiller en væsentlig rolle for opretholdelse af jordens kulstoflager. Det er vist, at omlægning af dyrket jord til vedvarende græsmark kan øge jordens lagring af kulstof. Effekten er dog meget varierende og typisk antages det, at jordens kulstoflager er i balance på omlægningstidspunktet. Dette projekt er baseret på det langvarige gødningsforsøg i Sandmarken, hvor dyrkning og tilførsel af gødning ophørte i 1997 og arealet blev omlagt til ugødet vedvarende græs. Projektet blev baseret på analyser af kulstofindhold i jordprøver udtaget regelmæssigt i perioden fra 1923 til 2012 og anvendelse af simuleringsmodellen C-TOOL. I den dyrkede periode fra 1923 til 1997 faldt jordens indhold af kulstof i pløjelaget med 100 kg C/ha årligt, mens der i perioden med vedvarende græs blev fundet en årlig stigning på 290 kg C/ha. Den samlede positive klimarelaterede effekt af omlægningen fra dyrket jord til ugødet permanent græsmark er derfor 390 kg C/ha/år. Bestemmelse af ¹³C og ¹⁵N isotoper antyder en nedsat omsætning af organisk stof under græsmark og et mindre tab af kvælstof fra dyrkningslaget. Undersøgelsen understreger, at antagelse om ligevægt i jordens kulstoflager kan give en misvisende indikation af klimaeffekten ved omlægning fra dyrket jord til græsmark.



Også i dag tages alle metoder i brug - forsøg med forskellig formål og forskellig parcelstørrelse.

Jing m. fl. (2019): Long-term effects of animal manure and mineral fertilizers on phosphorus availability and silage maize growth. Soil Use and Management (in press).

En bedre fastsættelse af plantetilgængeligheden af fosfor tilført med husdyrgødning er afgørende for at mindske fosforbelastningen af dyrkningsjorden og potentialet for tab af fosfor til vandmiljøet. Tidligere forsøg peger på, at sammenholdt med handelsgødning er tilgængeligheden af fosfor tilført med husdyrgødning væsentlig mindre. Disse forsøg har imidlertid typisk været kortvarige og baseret på engangstilførsel af gødning. I dette projekt blev tilgængelighed af fosfor bestemt for majs dyrket i de langvarige gødningsforsøg, hvor en given gødskning har været fastholdt over en lang årrække. Der blev fundet samme plantetilgængelighed af fosfor tilført med handelsgødning og med kvæggylle. Jordens indhold af vandekstraherbart fosfor var en god indikator for plantetilgængelighed. Generelt blev der fundet højere majsudbytte ved brug af kvæggylle and ved tilsvarende tilførsel af handelsgødning. Måling af plantehøjde i begyndelsen af august gav en god indikation for majsudbytte ved høst i oktober.

Appendiks B: Publikationer fra perioden 1994-2019

Nedenstående publikationer (opgjort i 5-års intervaller) er baseret på resultater fra de langvarige gødningsforsøg og udgivet i perioden 1994-2019. Listen er opdateret til februar 2019 og medtager også publikationer, som er baseret på nye analyser af jord og plantemateriale fra forsøgenes historiske prøvearkiv. For perioden 1894-1993 er der registreret 75 publikationer (se også Christensen m. fl. 2006). Dette antal er formodentlig større, idet en mere systematisk registrering af publikationer med udgangspunkt i forsøgene først blev påbegyndt i 1987.

1994 - 2000

- Brandt, K., Iversen, C., Pedersen, H.L., Harder, L.H., Christensen, L.P. & Christensen, B.T. 1999. Variation in levels of phenolic secondary metabolites in commercially important varieties: Potential agronomic effects. Joint Meeting of Nutritional Enhancement of Phenolic Plant Foods in Europe and Bioactive Plant Cell Wall Components in Nutrition and Health. Abstract of Invited Lecture, p. 32.
- Christensen, B. T. 1995. Land use and fertilization effects on the chemical nature of soil organic matter in primary organomineral complexes. HUMUS- Nordic Humus Newsletter 2, 7-16.
- Christensen, B.T. 1995. Workshop synthesis. I: "The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: 100th Anniversary Workshop". Red. B.T. Christensen & U. Trentemøller, SP-report no. 29, 169-172. Danish Institute of Plant and Soil Science, Tjele.
- Christensen, B. T. 1996. The Askov long-term experiments on animal manure and mineral fertilizers. In: Evaluation of Soil Organic Matter Models (Eds. D. S. Powlson, P. Smith & J. U. Smith), NATO ASI Series vol. I 38, Springer-Verlag, Berlin, 301-312.
- Christensen, B. T. 1996. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: Advances in Soil Science - Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils (Eds. M.R. Carter & B.A. Stewart), CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 97-165.
- Christensen, B. T. 1996. Luftens CO₂ indhold og organisk stof i jord. Naturens Verden nr. 9, 336-346.
- Christensen, B. T. 1997. The Askov long-term field experiments. Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde 42, 265-278.
- Christensen, B. T. 1997. Dyrkningens indflydelse på jordens kulstofindhold. Tidsskrift for Landøkonomi 184, 213-221.
- Christensen, B. T. & Johnston, A. E. 1997. Soil organic matter and soil quality - Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. Developments in Soil Science 25, 399-430.
- Christensen, B.T., Petersen, J., Kjellerup, V & Trentemøller, U. 1994 The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: 1894-1994. Danish Institute of Plant and Soil Science, SP-report no. 43, 1994. 85 pp.
- Christensen, B.T. & Trentemøller, U. 1995. The Askov Long-Term Experiment on Animal Manure and Mineral Fertilisers. 100th Anniversary Workshop, Askov Experimental Station, 8th - 10th September 1994. Danish Institute of Plant and Soil Science, SP-report no. 29, 1995. 188 pp.
- Christensen, B. T., Meyer, N. I., Nielsen, V. & Søgaard, C. 1996. Biomasse til energi og økologisk jordbrug. Rapport IBE-R-002, Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, København, pp. 57.
- Eriksen, J. & Mortensen, J. V. 1999. Soil sulphur status following long-term annual application of animal manure and mineral fertilizers. Biology and Fertility of Soils 28, 416-421.
- Glendining, M.J. & Powlson, D.S. (1995). The effects of long continued applications of inorganic nitrogen fertilizer on soil organic nitrogen – A review. In: Soil Management: Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality, Eds. R. Lal & B.A. Stewart, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 385-446.
- Guggenberger, G., Christensen, B. T. & Rubæk, G. H. 2000. Isolation and characterization of labile organic phosphorus pools in soils from the Askov long-term field experiments. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163, 151-155.
- Guggenberger, G., Christensen, B. T., Rubæk, G. & Zech, W. 1996. Land-use and fertilization effects on P forms in two European soils: resin extraction and 31-P-NMR analysis. European Journal of Soil Science 47, 605-614.

- Hansen, S. R. 1997. Fosfors effekt på interaktioner mellem arbuskulære mykorrhiza svampesamfund og hør. Specialrapport, Institut for Kemi og Biologi, Roskilde Universitetscenter, pp. 61.
- Hansen, S. R., Thingstrup, I., Schweiger, P. & Jakobsen, I. 1997. Mycorrhizas in the Askov long-term fertilization experiments. Nordic Agricultural Research (Nordisk Jordbrugsforskning, NJF) 79, 54.
- Harder, L., Christensen, L.P., Christensen, B.T. & Brandt, K. 1998. Contents of flavonoids and other phenolics in winter wheat plants grown with different levels of organic fertilizers. Polyphenols Communications 98, 495-496.
- Jensen, B. K., Jensen, E. S. & Magid, J. 1995. Decomposition of ¹⁵N-labelled ryegrass in soils from a long-term field experiment with different manuring strategies. In: Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture, AB Academic Publishers, UK, 221-228.
- Joner, E. J. 2000. The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. Biology and Fertility of Soils 32, 435-440.
- Kätterer, T. & Andren, O. 1999. Long-term agricultural field experiments in Northern Europe: analysis of the influence of management on soil carbon stocks using the ICBM model. Agriculture, Ecosystems and Environment 72, 165-179.
- Randall, E. W., Mahieu, N., Powlson, D. S. & Christensen, B. T. 1995. Fertilization effects on organic matter in physically fractionated soils as studied by ¹³C-NMR: Results from two long-term field experiments. European Journal of Soil Science 46, 557-565.
- Reeves, D. W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil and Tillage Research 43, 131-167.
- Rubæk, G. H. 1999. Soil phosphorus dynamics – Effects of land use, fertilization and liming. Ph.D. Thesis, Chemistry Department, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Rubæk, G. H. & Sibbesen, E. 1994. Resin ekstraktion of labile, soil organic phosphorus. In: Danish Soil Organic Matter Research (Eds. B. T. Christensen and O. K. Borggaard), Statens Planteavlfsforsøg, SP-report no. 20, 27-30.
- Rubæk, G. H. & Sibbesen, E. 1995. Soil phosphorus dynamics in a long-term field experiment at Askov. Biology and Fertility of Soils, 20, 86-92.
- Rubæk, G. H., Guggenberger, G., Zech, W. & Christensen, B. T. 1999. Organic phosphorus in soil size separates characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance and resin extraction. Soil Science Society of America Journal 63, 1123-1132.
- Schjønning, P., Christensen, B. T. & Carstensen, B. 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. European Journal of Soil Science 45, 257-268.
- Sibbesen, E., Skjøth, F. & Christensen, B.T. 1995. Soil and substance movement between plots in long-term field experiments. I: "The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: 100th Anniversary Workshop". Red. B.T. Christensen & U. Trentemøller, SP-report no. 29, 136-153. Danish Institute of Plant and Soil Science
- Smith, P., Powlson, D. S., Glendining, M. J., & Smith, J. U. 1997. Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. Global Change Biology 3, 67-79.
- Smith, P., Smith, J. U. & Powlson, D. S. 1996. GCTE Task 3.3.1 - Soil Organic Matter Network (SOMNET): 1996 Model and Experimental Metadata. Global Change and Terrestrial Ecosystems, Report no. 7. GCTE Focus 3 Office, Wallingford, UK.
- Steen, I. 1997. Langsigtede gødskningsforsøg. Gødningen 89, nr. 2, september 1997, Kemira Danmark A/S, Fredericia, 12-14.

2001 - 2005

- Askegaard, M. 2003. Management of potassium in low input systems - with special emphasis on soil test methods and potassium balances. Ph.D. Thesis, Chemistry Department and Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Askegaard, M., Hansen, H. C. B. & Schjoerring, J. K. 2005. A cation exchange resin method for measuring long-term potassium release rates from soil. Plant and Soil 271, 63-74.
- Bleeg, I.S. 2001. Fenoliske syrer og flavonoider I økologisk dyrket vårbyg (*Hordeum vulgare* L.) ved forskellige næringstilgængeligheder. Specialrapport, Afdeling for Botanisk Økologi, Aarhus Universitet.
- Bol, R., Eriksen, J., Smith, P., Garnett, M. H., Coleman, K. & Christensen, B. T. 2005. The natural abundance of ¹³C, ¹⁵N, ³⁴S and ¹⁴C in archived (1923-2000) plant and soil samples from the Askov long-term experiments on animal manure and mineral fertilizer. Rapid Communications in Mass Spectrometry 19, 3216-3226.

- Bruun, S., Christensen, B.T., Hansen, E.M. & Jensen, L.S. 2001. Calibrating and validating of the long-term dynamics of the Daisy model. 11th Nitrogen Workshop, Reims, 9-12 September 2001, pp. 259-260.
- Bruun, S., Jensen, L.S., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2002. Modellering af kulstofomsætning i jord med *Daisy* – betydning af halmnedmuldning. I: Biomasseudtag til energiformål – konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug, B.T. Christensen (red.). DJF-rapport Nr. 72 Markbrug, maj 2002. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, 48-71
- Bruun, S. 2004. Modelling organic matter decomposition in soils at different temporal scales. Ph.D Thesis, Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Bruun, S., Christensen, B. T., Hansen, E. M., Magid, J. & Jensen, L. S. 2003. Calibration and validation of the soil organic matter dynamics of the Daisy model with data from the Askov long-term experiments. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 67-76.
- Celis, R., Real, M., Hermosin, M. C. & Cornejo, J. 2005. Sorption and leaching behavior of polar aromatic acids in agricultural soils by batch and column leaching tests. *European Journal of Soil Science* 56, 287-297.
- Christensen, B. T. (red.) 2002. Biomasseudtag til energiformål - konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug. DJF-rapport nr. 72, Markbrug, Danmarks JordbrugsForskning, pp. 75.
- Christensen, B.T. 2002. Kulstofindhold i dyrket jord. I: Biomasseudtag til energiformål – konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug, B.T. Christensen (red.). DJF-rapport Nr. 72 Markbrug, maj 2002. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, 29-40.
- Christensen, B. T. 2004. Askov 1894-2004: Gødskningsforsøg igennem 110 år. *Kemira Grow-How Magasinet* 97, september 2004, Kemira GrowHow A/S Fredericia, 3.
- Christensen, B.T. 2005. Kulstof i dyrket jord - vurdering af potentiale for øget lagring. I: Drivhusgasser fra jordbruget - reduktionsmuligheder, J.E. Olesen (red.). DJF-rapport Nr. 113 Markbrug, januar 2005. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, 103-120.



Underopdeling af forsøgsparceller til særlige formål kan give banebrydende ny viden og masser af håndarbejde. Her bestemmes eftervirkning af forskellig gødskning i B2-vest marken. Godt, at den hvide pind er opfundet.

- Debosz, K., Vognsen, L. & Labouriau, R. 2002. Carbohydrates in hot water extracts of soil aggregates as influenced by long-term management. *Communications in Soil Science and Plant Analyses* **33**, 623-634.
- Edmeades, D. C. 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **66**, 165-180.
- Eriksen, J. 2002. Organic manures as sources of fertiliser sulphur. Proceedings no. 505, The International Fertiliser Society, York, UK, pp. 20.
- Foerid, B. & Høgh-Jensen, H. 2004. Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe - a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **68**, 13-24.
- Munkholm, L. J., Schjøning, P., Debosz, K., Jensen, H. E. & Christensen, B. T. 2002. Aggregate strength and mechanical behaviour of a sandy loam soil under long-term fertilization treatments. *European Journal of Soil Science* **53**, 129-137.
- Nørbæk, R., Aaboer, D. B. F., Bleeg, I. S., Christensen, B. T., Kondo, T. & Brandt, K. 2003. Flavone C-glycoside, phenolic acid, and nitrogen contents in leaves of barley subject to organic fertilization treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 809-813.
- Petersen, B. M., Berntsen, J., Hansen, S. & Jensen, L. S. 2005. CN-SIM – a model for the turnover of soil organic matter. I. Long-term carbon and radiocarbon development. *Soil Biology and Biochemistry* **37**, 359-374.
- Petersen, J. & Djurhuus, J. 2004. Sammenhæng mellem tilførsel, udvaskning og optagelse af kvælstof i handelsgødede, kornrige sædskifter. DJF-rapport nr. 102, Markbrug. Danmarks JordbrugsForskning, pp. 61.
- Schjøning, P., Iversen, B. V., Munkholm, L. J., Labouriau, R. & Jacobsen, O. H. 2005. Pore characteristics and hydraulic properties of a sandy loam supplied for a century with either animal manure or mineral fertilizers. *Soil Use & Management* **21**, 265-275.
- Schjøning, P. & Munkholm, L. J. 2004. Organisk stof i jord – hvor meget er nok og hvor lidt er kritisk ?. FØJOenyt nr. 2, april 2004. Nyhedsbrev fra Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Forskningscenter Foulum, Tjele, pp. 4.
- Springob, G. & Kirchmann, H. 2002. C-rich sandy Ap horizons of specific historical land-use contain large fractions of refractory organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* **34**, 1571-1581.
- Thomsen, I.K., Sørensen, P., Djurhuus, J., Stenberg, B., Østergaard, H.S. & Christensen, B.T. 2003. Bestemmelse af plantetilgængeligt kvælstof i jord tilført afgrøderester og husdyrgødning. DJF-rapport nr. 97, Markbrug, december 2003. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, pp. 42.

2006 – 2010

- Barré, P., Eglin, T., Christensen, B.T., Ciais, P., Houot, S., Kätterer, T. van Oort, F., Peylin, P., Poulton, P.R., Romanenkov, V. & Chenu, C. 2010. Quantifying and isolating stable soil organic carbon using long-term bare fallow experiments. *Biogeosciences* **7**, 3839-3850.
- Barré, P., Eglin, T., Christensen, B.T., Ciais, P., Houot, S., Kätterer, T. van Oort, F., Peylin, P., Poulton, P.R., Romanenkov, V. & Chenu, C. 2010. Long-term bare fallow experiments open a new window to study stable carbon in soil. International Symposium MOLTER: Organic matter stabilization and ecosystem functions. 19th-23th September 2010, Cote d'Azur, France, abstract.
- Christensen, B.T. & Petersen, J. 2007. Langvarige forsøg i Danmark. Plantekongres 2007, Herning Kongrescenter 9.-10. januar 2007, 82-83.
- Christensen, B.T., Petersen, J. & Trentemøller, U.M. 2006. The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: The Lermarken site 1894-2004. DIAS report no. 121, Plant Production series. Danish Institute of Agricultural Sciences. Tjele, pp. 104.
- Christensen, B.T., Petersen, J. & Schacht, M. (Eds.) 2008. Long-Term Field Experiments – A Unique Research Platform. Proceedings of NJF Seminar 407. DJF Plant Science No. 137, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, pp.95.
- Christensen, B.T., Thomsen, I.K. & Petersen, J. 2008. Long-term experiments at Askov Experimental Station. In: Christensen, B.T., Petersen, J. & Schacht, M. (eds.): Long-Term Field Experiments – A Unique Research Platform. Proceedings of NJF Seminar 407. DJF Plant Science No. 137, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Science, Tjele, Denmark, 7-10.
- Christensen, B.T., Rasmussen, J., Eriksen, J. & Hansen, E.M. 2009. Soil carbon storage and yields of spring barley following grass leys of different age. *European Journal of Agronomy* **31**, 29-35.
- Mulvaney, R.L., Khan, S.A. & Ellsworth, T.R. 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production. *Journal of Environmental Quality* **38**, 2295-2314.
- Khan, S.A., Mulvaney, R.L., Ellsworth, T.R. & Boast, C.W. 2007. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality* **36**, 1821-1832.

- Pedersen, S.S., Kristensen, E. F., Mejnertsen, P., Pedersen, N.P., Kristensen, H. O. & Petersen, J. 2010. Dansk økologisk dyrkning af sojabønner til fødevarer- og foderformål – resultater 2009. Intern Rapport Markbrug nr. 25, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, Tjele, pp.27.
- Peltre, C., Christensen, B.T., Dragon, S., Icard, C., Kätterer, T. & Houot, S. 2010. Optimisation of the RothC model pools to simulate C dynamics after application of exogenous organic matters in soils. 14th Ramiran International Conference, Lisboa, 13th – 15th September 2010, abstract.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2010. Grain yield and crop N offtake in response to residual fertilizer N in long-term field experiments. *Soil Use and Management* **26**, 455-464.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2008. Er der en langtidseffekt af reduceret kvælstofgødskning? Plantekongres 2008, Herning Kongrescenter 8.-9. januar 2008, 244-245.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M., & Christensen, B.T. 2008. Crop response to sustained reductions in annual nitrogen fertilizer rates using long-term experiments as research platform. In: Christensen, B.T., Petersen, J. & Schacht, M. (eds.): Long-Term Field Experiments – A Unique Research Platform. Proceedings of NJF Seminar 407. DJF Plant Science No. 137, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Science, Tjele, Denmark, 36-39.
- Petersen, J., Mattsson, L., Riley, H., Salo, T., Thorvaldsson, G. & Christensen, B.T. 2008. Long Continued Agricultural Soil Experiments: A Nordic Research Platform – An Overview. DJF Plant Science No. 136, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, pp. 20.
- Petersen, J., Mattsson, L., Riley, H., Salo, T., Thorvaldsson, G. & Christensen, B.T. 2008. Long Continued Agricultural Soil Experiments: A Nordic Research Platform – A Catalogue. Internal Report DJF Plant Science No. 16, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, pp. 95.
- Petersen, J., Mattsson, L., Riley, H., Salo, T., Thorvaldsson, G. & Christensen, B.T. 2008. An inventory of Nordic long continued agricultural soil experiments. In: Christensen, B.T., Petersen, J. & Schacht, M. (eds.): Long-Term Field Experiments – A Unique Research Platform. Proceedings of NJF Seminar 407. DJF Plant Science No. 137, Aarhus Universitet, Faculty of Agricultural Science, Tjele, Denmark, 76-79.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2009. Residual effect of mineral nitrogen fertilizer. Proceeding of the 16th Nitrogen Workshop, 28th June- 1st July 2009, Torino (Eds. C. Grignani et al.), 19-20.
- Schjønnig, P., Heckrath, G. & Christensen, B.T. 2009. Threats to Soil Quality in Denmark – A Review of Existing Knowledge in the Context of the EU Soil Thematic Strategy. DJF Report Plant Science No. 143, Aarhus University, Faculty of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, pp. 121.
- Thomsen, I.K., Pedersen, L. & Jørgensen, J.R. 2008. Yield and flour quality of spring wheat as affected by soil tillage and animal manure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**, 2117-2124.
- Thomsen, I.K., Bruun, S., Jensen, L.S. & Christensen, B.T. 2009. Assessing soil carbon lability by near infrared spectroscopy and NaOCl oxidation. *Soil Biology and Biochemistry* **41**, 2170-2177.
- Thomsen, I.K., Petersen, B.M., Bruun, S., Jensen, L.S. & Christensen, B.T. 2008. Estimating soil C loss potentials from the C to N ratio. *Soil Biology and Biochemistry* **40**, 849-852.

2011-2015

- Askegaard, M. 2014. Askov Forsøgsstation viser, hvordan seriøs P- og K-mangel ser ud. Landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/goedskning/Sider/Askov_Forsøgsstation. Videnscentret for Landbrug, Skejby, pp. 4.
- Barré, P., Eglin, T., Christensen, B.T., Ciais, P., Houot, S., Kätterer, T., Kogut, B., van Oort, F., Peylin, P., Poulton, P.R., Romanenkov, V. & Chenu, C. 2011. Long-term bare fallow experiments: new opportunities for studying stable soil carbon. *Agrokhimia* **12**, 28-36 (in Russian with English summary).
- Christensen, B.T. & Elsgaard, L. 2013. Handelsgødningens indflydelse på afgrøders indhold af arsen, bly, cadmium, krom, kviksølv og nikkel. DCA Rapport nr. 024, juni 2013, 1-40. Aarhus Universitet-DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Tjele.
- Christensen, B.T. & Elsgaard, L. 2014. Comparing heavy metal contents in crops receiving mineral fertilisers and animal manure. *Proceedings International Fertiliser Society* **761**, 1-18.
- Christensen, B.T. & Elsgaard, L. 2015. Gødskning og afgrødens indhold af tungmetaller. Plantekongres 2015, Herning Kongrescenter 14.-15. Januar 2015, 146-148.
- Christensen, B.T. & Thomsen, I.K. 2013. Lovende forsøg med tidlig såning af hvede. *Agrologisk*, juni 2013, 36-37.

- Christensen, B.T. & Thomsen, I.K. 2014. Gødskning gennem 120 år – De langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation: 1894-2014. DCA Rapport nr. 043, maj 2014, DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Tjele, pp. 46.
- Christensen, B.T., Olesen, J.E., Hansen, E.M. & Thomsen, I.K. 2011. Annual variations in ^{13}C values of maize and wheat: Effect on estimates of decadal scale soil carbon turnover. *Soil Biology & Biochemistry* **43**, 1961-1967.
- Fraser, R.A., Bogaard, A., Heaton, T., Charles, M., Jones, G., Christensen, B.T., Halstead, P., Merbach, I., Poulton, P.R., Sparkes, D. & Styring, A.K. 2011. Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of Archaeological Science* **38**, 2790-2804.
- Hemkemeyer, M., Christensen, B.T., Martens, R. & Tebbe, C.C. 2015. Soil particle size fractions harbour distinct microbial communities and differ in potential for microbial mineralisation of organic pollutants. *Soil Biology & Biochemistry* **90**, 255-265.
- Kanstrup, M., Thomsen, I.K., Andersen, A.J., Bogaard, A. & Christensen, B.T. 2011. Abundance of ^{13}C and ^{15}N in emmer, spelt and naked barley grown on differently manured soils: towards a method for identifying past manuring practice. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **25**, 2879-2887.
- Kanstrup, M., Thomsen, I.K., Mikkelsen, P.H. & Christensen, B.T. 2012. Impact of charring on cereal grain characteristics: linking prehistoric manuring practice to $\delta^{15}\text{N}$ signatures in archaeobotanical material. *Journal of Archaeological Science* **39**, 2533-2540.
- Kanstrup, M., Holst, M.K., Jensen, P.M., Thomsen, I.K. & Christensen, B.T. 2014. Searching for long-term trends in prehistoric manuring practice. $\delta^{15}\text{N}$ analyses of charred cereal grains from the 4th to the 1st millennium BC. *Journal of Archaeological Science* **51**, 115-125.
- Knudsen, L. 2013. Konsekvens af langsigtet reduktion i kvælstoftilførslen. Planteavl/orientering nr. 153. Videncentret for Planteavl, Skejby, pp. 7.
- Lefèvre, R., Barré, P., Moyano, F.E., Christensen, B.T., Bardoux, G., Eglin, T., Girardin, C., Houot, S., Kätterer, T., van Oort, F. & Chenu, C. 2014. Higher temperature sensitivity for stable than for labile organic carbon – Evidence from incubations of long-term bare fallow soils. *Global Change Biology* **20**, 633-640.
- Menichetti, L., Houot, S., van Oort, F., Kätterer, T., Christensen, B.T., Chenu, C., Barré, P., Vasilyeva, N.A. & Ekblad, A. 2015. Increase in soil stable carbon isotope ratio relates to loss of organic carbon: results from five long-term bare fallow experiments. *Oecologia* **177**, 811-821.
- Nielsen, L.K., Jensen, J.D., Nielsen, G.C., Jensen, J.E., Spliid, N.H., Thomsen, I.K., Justesen, A.F., Collinge, D.B. & Jørgensen, L.N. 2011. Fusarium head blight of cereals in Denmark: Species complex and related mycotoxins. *Phytopathology* **101**, 960-969.
- Peltre, C., Christensen, B.T., Dragon, S., Icard, C., Kätterer, T. & Houot, S. 2012. RothC simulation of carbon accumulation in soil after repeated application of widely different organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry* **52**, 49-60.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2012. Estimating the crop response to fertilizer nitrogen residues in long-continued field experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **93**, 1-12.
- Smolders, E., Oorts, K., Lombi, E., Schoeters, I., Ma, Y., Zrna, S. & McLaughlin, M.J. 2012. The availability of copper in soils historically amended with sewage sludge, manure, and compost. *Journal of Environmental Quality* **41**, 506-514.
- Taghizadeh-Toosi, A., Christensen, B.T., Hutchings, N.J., Vejlin, J., Kätterer, T., Glendining, M. & Olesen, J. E. 2014. C-TOOL: A simple model for simulating whole-profile carbon storage in temperate agricultural soils. *Ecological Modeling* **292**, 11-25.
- Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. 2011. Changes in $\delta^{13}\text{C}$ and decadal scale carbon sequestration in soil with inputs of maize residues and manure. Book of Abstracts of the 24th NJF Congress, Uppsala 14th-16th June 2011, 216.



Gødningsforsøgene lagde jord til nogle af de første forsøg, hvor stabile og radioaktive isotoper blev brugt som sporstoffer - blandt andet højradoaktivt ^{32}P . Sikkerhedsforanstaltninger fulgte vel tidens forskrifter.

Lørdag den 5. Juli 1958
AARHUS AMTSTIDENDE
Side 11

Dansk landbrugs-forskning i atom-tidsalderen

Statens Forsøgs-station i Askov tumler med isotoper

Under fortrolig omgang med radioaktive stoffer synes man at skulle opnaa resultater af største praktiske værdi for dansk landbrug, men der er langt igen!

Forsøgs-virksomhed med benyttelse af atomer er kostbar. Blot 250 gram af en speciel kvalitets-isotop koster en halv million kroner!

Denne moderne forskning kræver tillige et indgående kendskab til de nye stoffer. At arbejde med atomer er ingen leg. Det kræver oppassenhed.

Derom minder denne plakat. Den er klæbet paa døren til Nukleomødet — indeholdende radioaktive stoffer — paa Statens Forsøgsstation i Askov: »FORSIGTIG RADIOAKTIVITET!»

Atomerne indgår nu i den danske landbrugs-forskning, sideløbende med de hidtil anvendte forsknings-metoder. Det gamle og det nye har vist sig at kunne supplere hinanden paa udmærket måde. Men uden at sige for meget synes brugen af isotoper — atomer — i landbrugets moderne forsøgs-virksomhed at skulle føre til resultater af største praktiske værdi for dansk landbrug.

Der er dog langt igen, understreger man, men der arbejdes energisk og interesseret i laboratorierne med atom-forsøg til fremtidig gavn for de enkelte landbrugsbedrifter.

Bemærkelsesværdige forsøg

Og i løbet af nogle måneder vil man kunne offentliggøre de første resultater af en serie bemærkelsesværdige forsøg — med anvendelse af isotoper — paa Statens Forsøgsstation i Askov, som herfor har et samarbejde med atomforsknings-stationen paa Riss og Statens Planteavlslaboratorium.

Sæt i videste perspektiv tager de landbrugs-mæssige atomforsøg sigte paa oplysningen af en betydelig kvantitet af isotoper koster en halv million kroner! Saa dette forsøg maatte opgives . . .

Men det vigtigste er, at vi nu er kommet i gang med avanceret samarbejde i et virkelig forsknings-arbejde for landbruget, siger forstander Dem Kolbe. Og saa man vil fremskaffe arbejdet i det tempo, de økonomiske muligheder tillader.

De første isotop-forsøg i verdener med planters oplysninger af

At praktiske grunde maatte han indskrænke sig til at bruge en radioaktiv blyisotop, og derfor havde forsøgene den gang kun teoretisk interesse». Men de Hevesy eksperimentier var banelydende.

— At helt anderledes praktisk interesse for landbruget er fosfor, og den moderne teknik har modtaget, at fosfor-isotopen ^{32}P kan fremstilles i begrænset mængder til en rimelig pris, fortæller Dem Kolbe.

• Denne isotop har man lagret i Askov i forbindelse paa Statens Forsøgsstation i Askov, og det er sket i år.

Forsøgenes formål er bl. a. at undersøge, i hvilket omfang jorden optager fosfor-reserve stilles til rådighed for planterne indenfor dette vækstår. Dette kan man gøre ved anvendelse af radioaktivt superfosfat, som er udsat i laboratoriet og paa grund af bestemte måle-metoder er i stand til at bestemme for det første totalindholdet af fosfor i planterne og for det andet indholdet af radioaktivt fosfor. Og ud fra kendskab til disse forhold kan beregnes, hvor meget fosfor der er optaget fra jordens fosfor-beholdning.

Dette problem søges i Askov behandlet paa Statens Forsøgsstation i Askov ved hjælp af radioaktivt superfosfat.

— Ud over dette forsøg, siger forstander Dem Kolbe, har vi paa saavel sand- som lejrjord i Askov gennemført overbelsnings-forsøg, der tager sigte paa at belyse, hvor langt man faktisk flytter nærings-stofferne, naar man med harve og plov behandler jorden.

Forsøget gennemføres paa den måde, at vi paa et passende areal har givet 1000 kg radioaktivt superfosfat udenfor parcellen, saa det være bragt derud ved hjælp af markredskaberne. Dette problem, der i første omgang navnlig har forsøgsstationens interesse, har man ikke kunnet belyse ved hjælp af de sædvanlige metoder.

★ **ET TREDJE FORSØG**

Et tredje forsøg, ogsaa begyndt i

FORSIGTIG

RADIOAKTIVITET

Denne plakat er — et udtryk for atom-tidsalderen — faaet man i Askov paa Statens Forsøgsstation i Askov.

FARMALL heste-

2016-

- Barré, P., Plante, A.F., Cécillon, L., Lutfalla, S., Baudin, F., Bernard, S., Christensen, B.T., Eglin, T., Fernandez, J.M., Houot, S., Kätterer, T., Le Guillou, C., MacDonald, A.J., van Oort, F. & Chenu, C. 2016. The energetic and chemical signatures of persistent soil organic matter. *Biogeochemistry* **130**, 1-12.
- Barré, P., Quénéa, K., Vidal, A., Cécillon, L., Christensen, B.T., Kätterer, T., MacDonald, A.J., Petit, L., Plante, A.F., van Oort, F. & Chenu, C. 2018. Microbial and plant-derived compounds both contribute to persistent soil organic carbon in temperate soils. *Biogeochemistry* **140**, 81-92.
- Christensen, B.T., Jensen, J.L. & Thomsen, I.K. 2017. Impact of early sowing on winter wheat receiving manure or mineral fertilizer. *Agronomy Journal* **109**, 1312-1322.
- Graham, D.W., Knapp, C.W., Christensen, B.T., McCluskey, S. & Dolfing, J. 2016. Appearance of beta-lactam resistance genes in agricultural soils and clinical isolates over the 20th century. *Nature Scientific Reports* **6**, 21550.
- Hemkemeyer, M., Dohrmann, A.B., Christensen, B.T. & Tebbe, C.C. 2018. Bacterial preferences for specific soil particle size fractions revealed by community analyses. *Frontiers in Microbiology* **9**, Article 149, p. 1-13.
- Hu, T., Taghizadeh-Toosi, A., Olesen, J.E., Jensen, M.L., Sørensen, P. & Christensen, B.T. 2019. Converting temperate long-term arable land into semi-natural grassland: decadal-scale changes in topsoil C, N, ¹³C and ¹⁵N contents. *European Journal of Soil Science* (in press).
- Jensen, J.L., Schjøning, P., Christensen, B.T. & Munkholm, L.J. 2017. Suboptimal fertilization compromises soil physical properties of a hard-setting sandy loam. *Soil Research* **55**, 332-340.
- Jensen, J.L., Schjøning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T. & Munkholm, L.J. (2017): Soil texture analysis revisited: Removal of organic matter matters more than ever. *PLoS ONE* **12**(5), e0178039, p. 1-10.
- Jensen, J.L., Christensen, B.T., Schjøning, P., Watts, C.W. & Munkholm, L.J. 2018. Converting loss-on-ignition to organic carbon content in arable topsoil: pitfalls and proposed procedure. *European Journal of Soil Science* **69**, 604-612.
- Jing, J., Christensen, J.T., Sørensen, P., Christensen, B.T. & Rubæk, G.H. 2019. Long-term effects of animal manure and mineral fertilizers on phosphorus availability and silage maize growth. *Soil Use and Management* (in press).
- Lutfalla, S., Abiven, S., Barré, P., Wiedemeier, D.B., Christensen, B.T., Houot, S., Kätterer, T., Macdonald, A.J., van Oort, F. & Chenu, C. (2017): Pyrogenic carbon lacks long-term persistence in temperate arable soils. *Frontiers in Earth Science* **5**: Article 96, p.1-10.
- Nitsch, E.K., Lamb, A.L., Heaton, T.H.E., Vaiglova, P., Fraser, R., Hartman, G., Moreno-Jimenez, E., Eriksen, J. & Bogaard, A. (2019): The preservation and interpretation of $\delta^{34}\text{S}$ values in charred archaeobotanical remains. *Archaeometry* **61**, 161-178.
- Obour, P.B., Jensen, J.L., Lamandé, M., Watts, C.W. & Munkholm, L.J. (2018): Soil organic matter widens the range of water contents for tillage. *Soil & Tillage Research* **182**, 57-65.
- Peltre, C., Nyord, T., Christensen, B.T., Jensen, J.L., Thomsen, I.K. & Munkholm, L.J. 2016. Seasonal differences in tillage draught on a sandy loam soil with long-term additions of animal manure and mineral fertilizers. *Soil Use and Management* **32**, 583-593.
- Suarez-Tapia, A., Kucheryavskiy, S.V., Christensen, B.T., Thomsen, I.K. & Rasmussen, J. (2017): Limitation of multi-elemental fingerprinting of wheat grains: Effects of cultivar, sowing date, and nutrient management. *Journal of Cereal Science* **76**, 76-84.
- Suarez-Tapia, A., Thomsen, I.K., Rasmussen, J. & Christensen, B.T. (2018): Residual N effect of long-term applications of cattle slurry using winter wheat as test crop. *Field Crops Research* **221**, 257-264.
- Suarez-Tapia, A., Rasmussen, J., Thomsen, I.K. & Christensen, B.T. (2018): Early sowing increases nitrogen uptake and yields of winter wheat grown with cattle slurry or mineral fertilizers. *The Journal of Agricultural Science* **156**, 177-187.
- Tamez-Hidalgo, P., Christensen, B.T., Lever, M.A., Elsgaard, L. & Lomstein, B.Aa. 2016. Endospores, prokaryotes and microbial indicators in arable soils from three long-term experiments. *Biology and Fertility of Soils* **52**, 101-112.
- Williams, E.K. & Plante A.F. 2018. A bioenergetics framework for assessing soil organic matter persistence. *Frontiers in Earth Science* **6**, Article 143, p. 1-12.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

De langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation blev anlagt i 1894 og er i dag blandt de ganske få forsøg i verden, som er blevet videreført i mere end 125 år. De løbende registreringer og resultater fra forsøgene, resultater fra en lang række specifikke projekter indlagt i udvalgte forsøgsparceller, og det omfattende arkiv med jord- og planteprøver betyder, at forsøgene udgør en unik forskningsplatform for studier inden for vidt forskellige forskningsområder.

Denne rapport er en introduktion til de langvarige gødningsforsøg, hvor vægten er lagt på beskrivelse af forsøgsarealet, forsøgsplaner, og forsøgenes generelle pasning. Rapporten medtager også høstudbytter for udvalgte forsøgsbehandlinger (2006-2018), danske resumeer af udvalgte forskningspublikationer (2014-2019), samt en liste over publikationer udgivet i perioden 1994-2019.

