

Gødskningens indflydelse på jords og planters cadmiumindhold

Undersøgelser i de langvarige markforsøg ved Askov forsøgsstation 1894–1981

*Influence of fertilizer on the cadmium content of soils and crops
Investigations from long term field experiments in State Research Station Askov 1894–1981*

A. Dam Kofoed og P. Søndergård Klausen

Resumé

Husdyr- og handelsgødningens indflydelse på jords og afgrøders cadmiumindhold (cadmium = Cd) er undersøgt i langvarige fastliggende markforsøg, som er gennemført i mere end 80 år.

De med atmosfærisk nedfald og med gødskning tilførte cadmiummængder medfører en berigelse af jorden. Over en mere end 80-årig forsøgsperiode er der registreret en lineær stigning i jordens cadmiumindhold på 0,25%/år. Undersøgelser over cadmiumindholdet i hvede- og bygkerne viser ingen signifikant stigning ved anvendelse af normale mængder handelsgødning, men ved større mængder var der øget indhold.

Nøgleord: Cadmium i langvarige forsøg, cadmium i jord og afgrøde, husdyr- og handelsgødning.

Summary

The influence of animal manure and commercial fertilizers on the cadmium content of soils and crops has been examined in long-term field experiments. Cd from atmospheric fall-out and fertilizers increase the soil Cd-content. During the 80 year period the increase in soil Cd-content average 0.25% per year. When normal application practice was followed the application of commercial fertilizers did not result in a significant increase in the Cd-content of barley and wheat grain whereas a higher application rate resulted in an increased Cd-content.

Key words: Cadmium in long term experiments, cadmium in soils and crops, farm yard manure and commercial fertilizer.

Indledning

Afgrødernes indhold af cadmium (Cd) er artsspecifikt, og påvirkes af mange faktorer, f.eks. nedfald fra atmosfæren, jordens oprindelse og surhedsgrad samt gødskning.

I nærværende beretning redegøres for undersøgelser over gødskningens indflydelse på jords og nogle landbrugsplanters cadmiumindhold på grundlag af de langvarige, fastliggende markforsøg ved Statens Forsøgsstation, Askov.

De langvarige markforsøg ved Askov

Forsøgsserien vedrørende gødningsvirkningen af husdyr- og handelsgødning blev anlagt i 1894 på de i tabel 1 beskrevne 2 jordtyper og er med visse ændringer gennemført uafbrudt siden.

På begge arealer er der i hele forsøgsperioden benyttet et 4-marks sædskifte med alle 4 afgrøder hvert år, og afgrøderne har været:

	Lermarken	Sandmarken
Vintersæd	Hvede	Rug
Rodfrugt	Bederøer/kålroer	Kålroer/kartofler
Vårsæd	Byg	Havre/byg
Græsmarks-/bælplanter	Kløvergræs	Kl.gr./lupiner/ærter

For rodfrugtens vedkommende er på arealet skiftevis dyrket de 2 nævnte arter.

Frøblanding til kløvergræs har været lucerne, alsike, alm. rajgræs, engsvingel og timothe. Sortsvalget for de enkelte afgrøder har været de til enhver tid almindeligt anvendte.

Gødskningen har omfattet sammenligning af husdyr- og handelsgødning ved tilførsel af stigende mængder. Som følge af den tekniske udvikling i landbruget bl.a. grundforbedring, fremkomst af fortsat mere yderige sorter samt bekæmpelse af skadedyr og ukrudt er normal næringsstofftilførsel gennem tiden ændret, hvorfor også gødningstilførslingen i forsøgsserien er ændret nogle gange. I tabel 2 er vist den gennemsnitlige næringsstofftilførsel i såvel husdyr- som handelsgødning gen-

nem årene, hvor de i handelsgødning tilførte plantenæringsstoffer er givet i enkeltgødninger som kvælstofgødning, superfosfat og kaliumgødning.

Tilførslen af cadmium er beregnet ud fra de mængder, der er angivet i næste afsnit.

Fra og med 1973 tilføres i gennemsnit 100 kg N, 16½ kg P og 100 kg K pr. ha/år fordelt med dobbelt mængde til rodfrugt og intet til kløvergræs og ærter.

Medens handelsgødning udbringes til alle afgrøder, er husdyrgødning i:

1894–1906 givet til vintersæd og rodfrugt, samt vårsæd på sandjord

1907–1948 til rodfrugt og vårsæd og i

1949–1972 kun til rodfrugt.

I 1949–72 blev de staldgødede forsøgsled tilført ekstra kvælstof i kalksalpeter til kornafgrøderne med 60 kg N/ha til hvede og 31 kg N/ha til byg.

Kilder til cadmiumtilførsel

Cadmium i jorden hidrører fra atmosfærisk nedfald og tilførsel med gødning samt fra jordens »naturlige« indhold.

Atmosfærisk nedfald kan ifølge Hansen og Tjell (1981) regnes til 2–3 g Cd/ha/år.

Der foreligger kun få undersøgelser over husdyrgødnings Cd-indhold. Dam Kofoed (1974) finder 0–2 ppm i tørstoffet. Hansen og Tjell (1981)

Tabel 1. Teksturanalyser
Textural analyses

Dybde, cm <i>Depth</i>	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>	Grovsand <i>Coarse sand</i>	Humus <i>Humus</i>
Askov lermark <i>Askov loam field</i>					
0–20	11,5	12,1	37,4	35,7	3,3
20–50	14,0	12,4	34,5	36,4	2,7
50–100	24,3	12,0	35,5	27,6	0,6
Askov sandmark <i>Askov sand field</i>					
0–20	4,1	4,1	33,9	56,5	1,4
20–50	4,4	5,7	37,5	51,3	1,1
50–100	2,9	0,6	32,9	63,1	0,5

Tabel 2. Næringsstoffilførsel
Applied amounts of nutrients

	1894- 1906	1907- 1922	1923- 1948	1949- 1972	I alt i 79 år t næringsstof/ha Total for 79 year t element/ha	1894-1972 Cd, g/ha
	kg næringsstof/ha/år, gns. element/ha/year, mean values					
Husdyrgødning, 1 gødning = <i>Animal manure, 1 dressing =</i>						40
Kvælstof, N	40,5	42,3	71,5	92,5	5,28	
Fosfor, P	12,6	12,6	15,8	19,4	1,24	
Kalium, K	29,1	32,9	64,9	58,1	3,99	
Handelsgødning, 1 gødning = <i>Mineral fertilizer, 1 dressing =</i>						
Kvælstof, N	38,8	41,4	68,7	70,0	4,63	22
Fosfor, P	12,4	13,3	17,1	17,5	1,24	124
Kalium, K	28,1	31,9	70,0	66,3	4,29	4

beregner på grundlag af Cd-indhold i foderet, at der vil være ca. 30 mg/kg P i husdyrgødning.

For så vidt angår handelsgødning, er det navnlig de fosforholdige gødninger, der indeholder cadmium.

Fosforgødning fremstilles på grundlag af ho-

vedsagelig sedimenteret råfosfat, og ved fremstillingsprocessen går en væsentlig del af det cadmium, der er i råfosfaten, med over i fosforgødningen.

I tabel 3 er vist cadmiumindhold i forskellige råfosfater og enkelte handelsgødninger.

Tabel 3. Cadmiumindhold i forskellige råfosfater og handelsgødninger
Cadmium content in various raw-phosphates and mineral fertilizers

	ppm Cd	ppm Cd/kg P
Råfosfater <i>Raw-phosphates</i>		
USA (Florida) (1)	5,5- 16	41- 119
USA (Idaho) (2)	40-340	250-2000
Marokko (1)	8- 75	55- 220
Marokko (2)	7- 60	40- 350
Senegal (1)	70- 90	515- 664
Togo (1)	~ - 50	~ 370
USSR (Kola) (1)	0,1-0,4	0,5- 3
USSR (Kola) (2)	0,1-1,0	0,5- 6
Handelsgødninger <i>Mineral fertilizers</i>		
Dansk fosforgødning (Superfos 1979)	16- 22	110- 165
<i>Compound fertilizers</i>		
Superfosfat (3)	7	80- 100
<i>Superphosphates</i>		
Kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (3)	1	-
Kalkammonsalpeter CaNH_4NO_3 (3)	0,5	-
Kaliumgødning KCl (3)	0,5	-
PK 0-5-12 Mg + Cu (3)	10	200
NPK 16-5-12, Mg (3)	0,6	10

Litteraturhenvisning: (1) Gunnarsson, (2) Hansen & Tjell og (3) Dam Kofoed

Det er teknisk muligt at fremstille en næsten cadmiumfri fosforgødning, men processen er overordentlig energikrævende og med nuværende teknik så kostbar, at der ikke er økonomisk grundlag for dens anvendelse.

Dansk superfosfat er, ifølge oplysninger fra SUPERFOS, gennem hele dette århundrede hovedsagelig fremstillet af råfosfat fra Marokko. Cadmiumindholdet i superfosfat vil normalt være i nærheden af 100 mg/kg P.

Der foreligger ikke cadmiumanalyser fra den gødning, der er anvendt i de her omtalte forsøg. Beregnes tilførslen på grundlag af forannævnte oplysninger, og antages det, at der fra luften gennem nedbør er tilført 1 g cadmium/ha/år de første 40 år af forsøgsperioden, 1½ g de næste 20 år og 2 g/ha/år de sidste 20 år, kommer man til følgende:

	g cadmium tilført i alt i 80 år/ha			
	Luften	Husdyr- gødning	Handels- gødning	I alt
Ugødet	110	—	—	110
Husdyrgødning	110	40	—	150
Handelsgødning	110	—	150	260

Selv om tallene ikke kan være ganske eksakte, illustrerer de, at selv når der ikke gødes, tilføres jorden cadmium.

Jordens cadmiumindhold

Cadmiumindhold i såvel jord som afgrøder er bestemt på Statens Planteavlslaboratorium, Centralanalytiske Laboratorium i Vejle efter følgende metode:

Jord:

Cd ekstraheres ved at koge 10 g jord med 50 ml 7 n salpetersyre i 4–5 timer. Efter filtrering fjernes jern ved ekstraktion med lige dele methylisobutyl ketone og amylacetat.

Rester af organisk stof fjernes ved destruktion med salpetersyre og perchlorsyre, hvorefter analysen fortsætter som omtalt under afgrøder.

Afgrøder:

Tørstoffet destrueres med salpetersyre og perchlorsyre. Syreoverskuddet fjernes ved indampning til næsten tørhed, hvorefter prøven opløses i 0,01 n saltsyre.

Der tilsættes maleinsyre som stødpude og ekstraheres med diethylammonium – N,N – diethyldithiocarbamat og dithizon opløst i xylol. Cd bestemmes ved flammeløs atomabsorption (N. K. Sørensen, pers. medd. 1982).

I forbindelse med forsøgenes gennemførelse er der hvert 4. år i perioden 1949–76 udtaget en jordprøve/forsøgsled/forsøg fra et forsøgsareal på lerjord, B₃, og et på sandjord, G₁, og heri bestemt indhold af cadmium. Resultaterne herfra er vist i tabel 4, der angiver det gennemsnitlige cadmiumindhold i perioden 1949–76.

Tabel 4. Gødskningens indflydelse på jordens cadmiumindhold ppm i tør jord, gns. 1949–76
The influence of fertilizing on the cadmium content (ppm dry soil) Average 1949–76

	Lerjord Loam soil	Sandjord Sand soil
Ugødet <i>Unfertilized</i>	0,19	0,15
Husdyrgødning <i>Animal manure</i>	0,19	0,16
Handelsgødning <i>Mineral fertilizer</i>		
NPK	0,22	0,19
NP	0,20	0,18
PK	0,20	0,17
NK	0,21	0,18
P	0,19	0,17
LSD	0,027	0,014

Ved vurdering af analyser af så små mængder af et element tilført over en periode på i alt 80 år, er der grund til at være opmærksom på en række forhold, som kan vedrøre elementets dynamik i jorden, herunder fastlægning og frigørelse. Her skal anføres, at forsøgsarealerne er kalkede til et passende reaktionstal. Spørgsmålet om de mange års jordbearbejdning med risiko for overslæbning af jord fra parcel til parcel er søgt imødegået ved anvendelse af passende store værnebælter og ved jordbearbejdning i alt væsentligt på langs ad parcellærækkerne. Til dette kommer den usikkerhed ved prøveudtagning og analysering, som er forbundet med ethvert forsøgs- og forskningsarbejde.

Tabel 5. Årsvariation i jords cadmiumindhold, ppm Cd i tør jord
Yearly variation in the soil cadmium content ppm Cd in dry soil

	Akkumuleret tilførsel Cd, g/ha*		Cadmiumindhold <i>Cadmium content</i>					
	Husdyr- gødning <i>Animal manure</i>	Handels- gødning <i>Mineral fertilizer</i>	Lerjord, <i>loam</i>			Sandjord, <i>sand</i>		
			Ugødet	Husdyr- gødning <i>Animal manure</i>	Handels- gødning <i>Mineral fertilizer</i>	Ugødet	Husdyr- gødning <i>Animal manure</i>	Handels- gødning <i>Mineral fertilizer</i>
1949	24	98	0,18	0,18	0,19	0,15	0,18	0,18
1953	27	106	0,18	0,20	0,18	0,15	0,15	0,15
1957	29	115	—	—	—	0,15	0,15	0,18
1961	31	125	—	0,19	0,20	—	0,18	0,20
1965	33	135	0,18	0,20	0,28	0,18	0,16	0,19
1969	36	144	0,25	—	0,25	—	0,18	0,16
1972	37	150	0,25	0,25	0,25	0,15	0,16	0,19
1974	38	155	0,15	0,15	0,16	0,14	0,14	0,17
1976	39	159	0,16	0,16	0,23	0,16	0,18	0,25

*) Beregnet på grundlag af et Cd-indhold på 30 mg/kg P i husdyrgødning, 100 mg/kg P i superfosfat, 1 mg/kg K i kaligødning og 5 mg/kg N i kunstgødningskvælstof.

Med dette som baggrund finder man, at gødskningens indflydelse på jordens cadmiumindhold har været lille, og kun i prøver fra sandjorden er der målt signifikante forskelle og på grænsen til signifikans for NPK-leddet på lerjord.

Stigningen i cadmiumindholdet i NK-leddet, hvor der ikke er tilført fosforgødning, er ikke umiddelbart forklarlig, men tilsvarende er rapporteret i et 72-årigt forsøg i Gembloux i Belgien (Iserman, 1981).

Årsvariationen er vist i tabel 5, der også indeholder oplysninger om den akkumulerede fosfortilførsel og den dermed tilførte cadmiummængde.

Resultaterne viser variation fra år til år. I betragtning af den store forskel i cadmiumtilførsel ved anvendelse af henholdsvis husdyr- og handelsgødning, er forskellene i jord de fleste år beskeden.

I 1976 blev der i mark B₃, lerjord, og G₁, sandjord, udtaget jordprøver til 1 m dybde, 4–5 fællesprøver/forsøgsled fra lerjorden og 2–3 fra sandjorden. Der var dette år ingen signifikant forskel mellem analyseresultaterne fra de 2 jordtyper, som derefter er beregnet under ét. Gennemsnit for gødskning og dybde fra de 2 marker er vist i tabel 6.

Tabel 6. Jordens cadmiumindhold i forskellig dybde, ppm Cd i tør jord, gns. af ler- og sandjord 1976
Soil cadmium content in various depths of soil (ppm Cd dry soil). Average of loam- and sandsoil 1976

	0–25	25–50	50–75	75–100
	cm dybde, <i>depths</i>			
Ugødet	0,16	0,06	0,05	0,06
Unfertilized				
Husdyrgødning	0,17	0,05	0,05	0,05
Animal manure				
Handelsgødning				
Mineral fertilizer				
NPK	0,24	0,05	0,05	0,05
NP	0,19	0,06	0,05	0,05
PK	0,18	0,06	0,06	0,05
NK	0,19	0,06	0,05	0,05
P	0,20	0,08	0,05	0,05

Kun i prøver fra pløjelaget er der målt forskelle i jordens cadmiumindhold.

I 1972 blev der i forsøgsleddene ugødet, husdyrgødning og NPK i handelsgødning udtaget jordprøver i alle 4 forsøgsmarker fra såvel ler- som sandjord. I ingen af jordtyperne var der signifikante forskelle som følge af gødskningen, derimod var der på sandjorden lidt forskel mellem de enkelte arealer:

Mark G₁ 0,13 ppm Cd i tør jord
 Mark G₂ 0,12 ppm Cd i tør jord
 Mark G₃ 0,12 ppm Cd i tør jord
 Mark G₄ 0,16 ppm Cd i tør jord

I de tidligere nævnte resultater er det mark G₁, som repræsenterer sandjorden.

Tjell og Hovmand (1978) anfører fra en undersøgelse af 44 danske jorders indhold af tungmetaller et gennemsnitligt indhold på 0,15 ppm (mg/kg tørstof).

Cadmium i afgrøderne

I repræsentativt sammenvejede afgrødeprøver fra 4 marker fra årene 1969–72 blev der fundet det i tabel 7 viste cadmiumindhold i forskellige afgrøder efter anvendelse af én mængde husdyr- og handelsgødning.

Resultater af disse undersøgelser viser i lighed med, hvad der er fundet i andre undersøgelser (Damgaard-Larsen et al. 1979), at cadmiumkoncentrationen varierer fra afgrøde til afgrøde og er højest i blade og strå og lavest i kerne. Med de cadmiummængder, der er tilført med den anvendte gødning, har man ikke kunnet påvise et øget cadmiumindhold i afgrøderne.

Der blev i årene 1980 og 1981 gennemført en mere omfattende undersøgelse i hvede og byg fra lermarken. Resultater fra forsøgsleddene med stigende gødningsmængder samt ensidig gødskning med N, P eller K er vist i tabel 8.

Resultaterne herfra falder ikke helt sammen med de i tabel 7 viste. Det må her erindres, at afgrødeprøverne, der refererer til tabel 8, hidrører fra kun 2 marker og 2 andre år end de i tabel 7 anførte.

Ved tilførsel af største mængde NPK i handelsgødning har der været en signifikant stigning i Cd-indholdet.

De noget overraskende værdier i bygghalm, for ensidig gødskning, skyldes utvivlsomt ændring i den botaniske sammensætning, idet udlægget af kløvergræs altid bliver meget kraftigt i ikke-kvælstofgødet byg. Hvor der alene gødes med K, udgør lucerne og alsike den største del af »halmene«.

Med henblik på at belyse variationen mellem fællesparcellerne inden for forsøgsleddene blev i

Tabel 7. Forskellige afgrøders cadmiumindhold ppm i tørstof
The cadmium content of various crops (ppm dry matter)

	Ugødet Unfer- tilized	Husdyr- gødning Animal manure	Handels- gødning Mineral fertilizer
Korn			
<i>Cereals</i>			
Kerne, hvede (L) .	0,03	0,03	0,03
<i>Grain, wheat</i>			
Kerne, rug (S)	0,04	0,04	0,03
<i>Grain, rye</i>			
Kerne, byg (L) . . .	0,01	0,01	0,01
<i>Grain, barley</i>			
Kerne, havre (S) . .	0,05	0,04	0,04
<i>Grain, oats</i>			
Halm, hvede	0,09	0,08	0,08
<i>Straw, wheat</i>			
Halm, rug	0,09	0,08	0,06
<i>Straw, rye</i>			
Halm, byg	0,10	0,09	0,06
<i>Straw, barley</i>			
Halm, havre	0,12	0,09	0,15
<i>Straw, oats</i>			
Bederøer (L)			
<i>Beet roots</i>			
Rod	0,25	0,20	0,30
<i>Roots</i>			
Top	0,70	0,60	0,50
<i>Tops</i>			
Kålroer (S)			
<i>Swedes</i>			
Rod	0,13	0,14	0,20
<i>Roots</i>			
Top	0,28	0,25	0,25
<i>Tops</i>			
Græs (L)	0,09	0,09	0,06
<i>Grass</i>			
Lupin (grønthøstet S)	0,09	0,06	0,06
<i>Lupine (green)</i>			

L = lerjord, loam soil

S = sandjord, sand soil

1980 og –81 fra de samme forsøg som refereret i tabel 8 endvidere udtaget dobbeltprøver i enkelt-parceller fra leddene ugødet samt husdyrgødning og NPK i handelsgødning. Resultaterne er vist i tabel 9, der også indeholder oplysninger om, hvilket parcelantal, der for de enkelte led og år indgår i undersøgelsen.

Tabel 8. Varierende gødsknings indflydelse på korns cadmiumindhold, ppm Cd i tørstof
The influence of different fertilizer treatments on the cadmium of cereals (ppm in dry matter)

	Hvede kerne <i>Wheat grain</i>	Byg kerne <i>Barley grain</i>	Hvede halm <i>Wheat straw</i>	Byg halm <i>Barley straw</i>
Ugødet	0,03	0,02	0,09	0,06
<i>Unfertilized</i>				
Husdyrgødning (NPK)				
<i>Animal manure (NPK)</i>				
½ gødning	0,04	(0,02)*	0,10	(0,09)*
½ normal dose				
1 gødning	0,04	0,02	0,10	0,09
normal dose				
1½ gødning	0,03	0,02	0,10	0,12
1½ normal dose				
Handelsgødning (NPK)				
<i>Mineral fertilizer (NPK)</i>				
½ gødning	0,04	0,02	0,12	0,13
½ normal dose				
1 gødning	0,05	0,03	0,15	0,13
normal dose				
1½ gødning	0,07	0,03	0,17	0,20
1½ normal dose				
N, P eller K i handelsgødning				
<i>N, P or K in mineral fertilizer</i>				
1 N alene	0,05	0,02	0,09	0,15
N only				
1 P alene	0,06	0,03	0,10	0,10
P only				
1 K alene	0,04	0,03	0,10	0,06
K only				
Årsvariation, gns. alle led				
<i>Yearly variation, mean value of all plots</i>				
1980	0,06	0,02	0,12	0,13
1981	0,03	0,02	0,10	0,10
LSD mellem alle led	0,018	0,003	0,026	0,055
between all plots				
Standardafvigelsen imellem				
2 fællesprøver inden for led	0,011	0,003	0,011	0,018
<i>Standard deviation between two composite samples within treatments</i>				

*) Findes ikke på det areal, hvori prøver blev udtaget i 1981.

Standardafvigelserne er beregnet efter følgende:

og n antal fællesparceller inden for forsøgsled.

$$s_1: \sqrt{((\sum x^2 - (\sum x)^2/n)/(n-1))}$$

$$s_2: \sqrt{\sum y^2/2n}, \text{ hvor}$$

x = ppm Cd i tørstof, gns. af 2 prøver

y = differens mellem de 2 fællesprøver/parcel

Som det kunne forventes, er prøveudtagning i halm behæftet med større usikkerhed end i kerne. Selv med så små standardafvigelser som 0,01 ppm Cd er det vanskeligt at påvise signifikante for-

Tabel 9. Variation inden for forsøgsleddene
Variation within experimental plots

	Ugødet <i>Unfertilized</i>		NPK i husdyrgødning <i>Animal manure</i>		handelsgødning <i>Mineral fertilizer</i>	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981
			Parcel antal <i>Number of replicates</i>			
Hvede	4	3	6	2	5	3
<i>Wheat</i>						
Byg	5	5	4	5	4	4
<i>Barley</i>						
			Cd, ppm i tørstof <i>Cd, ppm dry matter</i>			
Hvedekerner						
<i>Grain, wheat</i>						
Gns.	0,04	0,02	0,04	0,02	0,05	0,04
s ₁	0,003	0,003	0,007	0,004	0,012	0,003
s ₂	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004
Bygkerne						
<i>Grain, barley</i>						
Gns.	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,03
s ₁	0,004	0,004	0,005	0,003	0,006	0,005
s ₂	0,003	0,005	0	0,003	0,004	0,003
Hvedehalm						
<i>Straw, wheat</i>						
Gns.	0,10	0,09	0,09	0,09	0,14	0,16
s ₁	0,012	0,003	0,011	0,007	0,023	0,013
s ₂	0,006	0,006	0,010	0,007	0,021	0,007
Byghalm						
<i>Straw, barley</i>						
Gns.	0,08	0,04	0,08	0,05	0,16	0,09
s ₁	0,007	0,006	0,006	0,004	0,032	0,003
s ₂	0,009	0,004	0,004	0,006	0,004	0,003

s₁ er standardafvigelsen mellem fællesparceller og

s₂ er mellem dobbeltbestemmelser inden for den enkelte parcel

Gns.: mean value

s₁: standard deviation between replicates

s₂: standard deviation within replicates (two samples)

skelle, der kan henføres til gødskning, dertil er kornafgrødernes cadmiumindhold for lille.

Diskussion

Spørgsmålet om cadmium i jord og planter har i de seneste 10–15 år tiltrukket sig voksende opmærksomhed. Årsagen hertil er, at indtag af større mængder cadmium med føden kan medføre forgiftning.

De hovedretningslinier, man indtil videre anser for acceptabelt gældende for daglig indtag af

cadmium, sætter som maksimum 60 µg/dag/person. I henhold til foreliggende undersøgelser (Hansen, 1980) er cadmiumindtaget med dansk gennemsnitskost 30 µg/dag/person. Selv om der er en betydelig margen, er det dog nødvendigt at være opmærksom på de kilder, der kan være medvirkende til at forøge cadmiumindholdet i føden.

I denne forbindelse er opmærksomheden rettet mod nedfald fra atmosfæren og anvendelse af handelsgødning og her først og fremmest fosfor-

gødningerne, der som følge af oprindelsesmateriale – råfosfat – indeholder visse mængder cadmium, tabel 3.

I de fastliggende markforsøg ved Askov er gødskning med husdyrgødning sammenlignet med gødskning med handelsgødning i mere end 80 år på såvel lerjord som sandjord.

Undersøgelser over jord, gødning og afgrøders cadmiumindhold foreligger desværre kun fra de seneste år, og en opgørelse over den samlede cadmiumtilførsel og -bortførsel gennem årene må derfor tages med det forbehold, at der er benyttet analyseresultater fra disse år samt skøn for de foregående år.

Med de mulige fejlkilder i erindring, der uundgåeligt er ved forsøgs- og analysearbejdet, kan det konkluderes, at der i disse undersøgelser er fundet signifikant højere cadmiumindhold på sandjord efter anvendelse af handelsgødning i sammenligning med ugødet. På lerjord derimod er forskellene i cadmiumindhold i jorden små for tilsvarende gødskning. Anvendelse af husdyrgødning har ikke medført signifikant stigning i jordens cadmiumindhold i forhold til ugødet.

Ved tilførsel af de største mængder handelsgødning er der fundet signifikante forskelle i cadmiumindhold i de 2 afgrøder (hvede og byg, tabel 8).

Tabel 10. Cd-berigelse af jorden efter fosforgødskning i sammenligning med ugødet på grundlag af langvarige forsøg i Europa

Cd-enrichment of soil due to use of phosphorus fertilizer compared with unmanured in long term experiments in Europe

Sted <i>Place and country</i>	År for forsøgsanlæg og forsøgsperiode <i>Year for start of experiment and duration</i>	Gødningsform <i>Fertilizer</i>	P-mængde (kg/ha/år) <i>Amount P kg/ha/year</i>	Cd-berigelse (g/ha/år) <i>Cd-enrichment g/ha/year</i>
1. Halle (DDR)	1878 (103)	NPK	24	0,3
		Staldgødning <i>Animal manure</i>	11	4,4
2. Askov (DK)*	1894 (80)	NPK	17-36	1,0
		Staldgødning <i>Animal manure</i>	17-36	0,5
3. Grignon (F)	1902 (79)	NPK	40	5,0
4. Grossenzersdorf (A)	1906 (75)	NPK	44	1,9
		Staldgødning <i>Animal manure</i>	33-37	0,9
5. Gembloux (B)	1909 (72)	NPK + Ca	—	5,0
		PK	28	-5,4
		NPK		-4,4
		PK + Ca		8,2
		NPK + Ca		7,6
6. Limburgerhof (D)	1938 (43)	NK	—	-1,5
		NPK	28	-1,3
7. Weißenstephan (D)	1955-69 (41-12)	NK + Staldgødning <i>(animal manure)</i>	13	4,0
		NK + halm <i>(straw)</i>	2½	7,5
		NPK	33	4,3

*) fra denne beretning

Af tabel 4 fremgår, at der er en gennemsnitlig stigning fra ugødet til NPK-gødet led på 0,03 ppm Cd på lermarken og 0,04 ppm Cd på sandmarken, for begge en signifikant stigning.

Omregnet på ha-basis kommer man til, at det svarer til 75 g/ha eller ca. 1 g/ha/år.

Stigningen på 0,03 fra ugødet til gødskning med NPK i ca. 80 år svarer til 20% eller 0,25% pr. år.

Isermann (1981) har sammenstillet resultater af cadmiumundersøgelser fra en række langvarige forsøg i Europa, tabel 10.

Med baggrund i de forskelligartede klima- og jordbundsforhold, de forskellige forsøgssteder repræsenterer, giver de anførte resultater g Cd/ha/år fra 8,2 til ingen berigelse udtryk for en størrelsesorden af cadmiumberigelse under de givne forhold.

Litteratur

- Damgaard-Larsen, S., Larsen, K. E. & Klausen, P. Søndergård* (1979): Årlig tilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord. Tidsskr. Planteavl 83, 349-386.
- Damgaard-Larsen, S., Klausen, P. Søndergård & Larsen, K. E.* (1979): Engangstilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord. Tidsskr. Planteavl 83, 387-403.
- Gunnarsson, Olle* (1980): Kadmium i odlingsmiljø. Kungl. skogs- och Lantbruksakademien. Rapport nr. 4, 4-47.
- Hansen, Erik* (1980): Cadmiumforurening. Miljøstyrelsen, 65-87.
- Hansen, Jens Åge & Tjell, Jens Chr.* (1981): Slammets jordbrugsanvendelse. I overblik. Polyteknisk Forlag, 56-75.
- Isermann, K.* (1981): Anhörung zu Cadmium. Umweltbundes Amt, Berlin, BRD, B3, 24-33.
- Kofoed, A. Dam* (1974): Indhold af tungmetaller i handelsgødning. Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer 3, 864-865.
- Tjell, Jens Chr. & Hovmand, M. F.* (1978): Metal concentration in Danish arable soils. Acta Agriculturae Scandinavica 28, 81-89.

Manuskript modtaget den 24. august 1982.