

## 臺灣地區不同作物對土壤中重金屬 吸收之探討

林浩潭 李國欽 賴七仙

臺灣省農業藥物毒物試驗所

### 摘 要

於田間採取 687個作物，與其生長現地之表土(0-15公分深)、  
裏土(15-30公分深)樣品，分析作物與土壤樣品中砷、鎘、鉻、銅  
、汞、鎳、鉛、鋅等八種重金屬含量，土壤中 0.1M HCl 可抽出重  
金屬量與土壤中重金屬全量之比值，鎘為 0.27，鉻為 0.04，銅為  
0.28，鎳為 0.13，鉛為 0.41，鋅為 0.19，比較各類重金屬在作  
物與土壤中之比值，發現鋅，鎘，銅之比值高於其它重金屬，而鉻  
之比值最低。依據比值之高低，可推測出土壤中八種重金屬以鎘最  
容易為作物吸收，而鉻最不容易為作物吸收。再依據：1.重金屬是  
否易為作物吸收，2.重金屬對作物、人類或動物之毒性，發現土壤  
中之鎘可經由作物之吸收，再經食物鏈而對人體或動物產生危害。

關鍵詞：重金屬、土壤、作物、吸收能力

A study on the uptake of the heavy metal by plant  
in Taiwan area

Haw-Tarn Lin, Gwo-Chen Li and Chi-Sen Lai

Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research  
Institute

687 crop samples (including rice, root vegetable, leafy vegetable and fruity vegetable) as well as the surface soil (0-15 cm depth) and bottom soil (15-30 cm depth) were sampled from major agricultural area in Taiwan. the concentration of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn on both crop and soil samples was determined.

The uptake abilities of crops was evaluated by the ratio of heavy metal concentration in plant and soil. it was found that Cd was more easily absorbed by plant from soil than other seven metals.

Because Cd can absorbed easily by plant and is more toxic to animal than to plant, therefore it is quit often the Cd in the plant reach the levels which is toxic to human health, but without showing no symptoms of stress to the plant.

Key words: Heavy metal, Soil, Rice, Fruity vegetable, Leafy vegetable, Root vegetable, uptake ability.

## 前 言

重金屬砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅等在工、農業上普遍被使用(李錦地等, 1982), 如處理不當, 易經由水、空氣等途徑而進入土壤中, 造成土壤污染(Nriagu and Pacyna, 1988), 土壤中過量之重金屬除了可能影響作物生長外(Lepp, 1981; 李國欽與費雯綺, 1980), 當人體經由食物鏈攝入受污染之作物後, 即受到重金屬之毒害, 而引起肝、腎、神經功能障害、骨骼、皮膚病變、癌症等症狀, 嚴重時甚至造成死亡(Friberg and Nordberg, 1986)。

為保護作物生長與防止人體受重金屬毒害, 有必要進行作物自土壤吸收重金屬之探討, 以為防治重金屬污染之參考; 諸多之作物吸收重金屬試驗皆利用水耕試驗或盆栽試驗, 但作物種類(Browne *et al.*, 1984), 土壤質地(White and Chaney, 1980; Muhammad, 1986; O'Neill, 1990), 栽培管理方式與田間環境變化(Mulla, *et al.*; 1980; Mortvedt, 1985; Merry and Tiller, 1986a; 1986b)等因子皆可能影響作物對於重金屬之吸收。因此, 本試驗在田間實際採取作物與土壤樣品, 分析二者中重金屬之含量, 並參考重金屬對作物之毒性, 探討八種重金屬中何者會對作物產生毒害, 影響作物生長, 何者經作物吸收後, 累積於作物體內, 間接引起食物污染, 對人體健康會產生危害。

## 材料與方法

### 一、樣品採集方法：

於全省各作物產區(蔬菜專業區, 稻作、雜糧產區)採取成熟之作物, 葉菜類採取地上部, 根菜類、果菜類、米類採取可

食用部份及生長現地之土壤樣品分表土（0~15公分深）及裏土（15~30公分深）二種，作物樣品之種類與數目見表一。

表一．所採樣品種類與數目

Table 1. The name and number of each crop and vegetable being sampled

作物別	種類與數目 <sup>a)</sup>	總數
米		341 (50%) <sup>b)</sup>
葉菜類	甘藍 (21), 空心菜 (9), 白菜 (18), 芥菜 (3) 韭菜 (3), 萵苣 (12), 菠菜 (8), 芹菜 (14) 葱 (18)	144 (21%)
根菜類	胡蘿蔔 (21), 蘿蔔 (28), 甘薯 (31), 蕪菁 (6) 芋頭 (26)	112 (16%)
果菜類	蕃茄 (25), 花椰菜 (14), 茄子 (15), 菜豆 (12) 玉米 (7), 青椒 (4), 胡瓜 (3), 花生 (7) 瓠瓜 (3)	90 (13%)
合計		687 (100%)

a) 菜名後括號內之數字為採集之樣品數

b) 各類作物樣品數佔總樣品數之百分比

## 二、樣品處理方法：

1. 作物樣品以自來水沖洗乾淨後，再以純水沖洗二次，入烘箱中以 60°C 乾燥 72 小時後，以瑪瑙研碎磨碎，裝入樣品瓶中，置乾燥器中貯存，以便分析：作物樣品於烘乾過程中，同時進行水分含量測定，稻穀樣品曬乾後，經脫穀機脫殼，以磨粉機磨碎，再以上述方法貯存。
2. 土壤樣品經風乾後，去除植物殘體、石礫，以木槌擊碎，過篩 (10 mesh, 2mm)，裝入塑膠盒中密封，以備分析。

## 三、樣品中重金屬分析方法：

1. 作物樣品中錫、鉻、銅、鎳、鉛、鋅之分析方法：

稱取作物樣品 1g，入 300ml Pyrex 圓底燒瓶中，加入 5 ml 濃硝酸，裝上冷凝管，置消化爐上加熱沸騰 1 小時，室溫下放冷後，再加入 5ml 濃過氯酸 (70%)，再加熱沸騰 1/2 小時，放冷後，過濾轉入 25ml 定量瓶，以純水定量至 25ml，再以原子吸光儀測之。

2. 作物中砷分析方法：

稱取 1g 作物樣品置 300 ml 圓底燒瓶中，加入 10ml 濃硝酸，2.5ml 濃硫酸，2.5ml 濃過氯酸，裝上冷凝管，加熱沸騰 100 分鐘後，以滴管逐滴加入約 4 ml 甲酸 (90%)，至無紅棕色氣體發生為止，室溫下放冷後，轉入 50ml 定量瓶中，加入 5ml 濃鹽酸後，以純水定量至 50ml，以原子吸光儀測之。

3. 作物與土壤中汞分析方法 (Stewart and Bettany, 1982)：

稱取 1g 土壤樣品或 0.5g 作物樣品，置反應瓶中，加入 10ml 濃硫酸，5ml 濃硝酸之混合液，於室溫下放置 48 小時，使作物殘體溶解，加入 65ml 純水，及至少 10ml 過錳酸鉀溶液 (5%)，直至紫色維持 10 分鐘以上為止；(如紫色消失，則再加入更多過錳酸鉀溶液)，再加入 10 ml 過硫酸鉀 (5%)，靜

置室溫下 30 分鐘後，加入 2 ml 之 12% NaCl-(NH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 混合液，使消化液變成無色為止，最後加入 0.5 ml 之 10% SnCl<sub>2</sub> 溶液，以汞分析儀分析汞。(以作物中重金屬分析方法分析 NBS 標準樣品之結果見表二)。

表二. 以作物中重金屬之分析方法分析 NBS 標準樣品所得結果

Table 2. Analytical results of NBS standard reference materials<sup>a)</sup>

H.M.	Bovin liver #1577a <sup>b)</sup>		Tomato leaves #1573 <sup>b)</sup>	
	Certified	Results	Certified	Results
As	0.047 ± 0.006	<0.05	0.27 ± 0.05	0.23 ± 0.05
Cd	0.44 ± 0.06	0.44 ± 0.06	(3) <sup>c)</sup>	3 ± 0.3
Cr	—	—	4.5 ± 0.5	6.0 ± 1.0
Cu	158 ± 7	132 ± 10	11 ± 1	9 ± 1
Hg	0.004 ± 0.002	<0.02	(0.1) <sup>c)</sup>	0.10 ± 0.02
Ni	—	—	—	—
Pb	0.135 ± 0.015	0.173 ± 0.021	6.3 ± 0.3	6 ± 0.7
Zn	123 ± 8	124 ± 14	62 ± 6	58 ± 5

a) μg/g on dry weight basis

b) The no. of standard reference material

c) Uncertified

表二. 以作物中重金屬之分析方法分析 NBS 標準樣品所得結果 (續)

Table 2. Analytical results of NBS standard reference materials<sup>a)</sup>  
(cont.)

H.M.	Rice flour #1568 <sup>b)</sup>		Citrus leaves #1572 <sup>b)</sup>	
	Certified	Results	Certified	Results
As	0.41 ± 0.05	0.38 ± 0.03	3.1 ± 0.3	3.5 ± 0.5
Cd	0.029 ± 0.004	<0.05	0.03 ± 0.01	<0.05
Cr	—	—	0.8 ± 0.2	0.71 ± 0.08
Cu	2.2 ± 0.3	1.55 ± 0.5	16.5 ± 1.0	13.7 ± 0.4
Hg	0.006 ± 0.007	<0.02	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.01
Ni	(0.16) <sup>c)</sup>	<0.20	0.6 ± 0.3	0.9 ± 0.2
Pb	0.045 ± 0.010	<0.150	13.3 ± 2.4	12.9 ± 0.4
Zn	19.4 ± 1.0	16.23 ± 1.88	29 ± 2	27 ± 2

a)  $\mu\text{g/g}$  on dry weight basis

b) The no. of standard reference material

c) Uncertified

4. 土壤中 0.1M HCl 可萃取錳、鉻、銅、鎳、鉛、鋅之分析方法 ( Baker, 1982 ) :

稱取 10g 土壤入 300 ml 三角瓶中，加入 100 ml 0.1M HCl，置振盪器上振盪 1 小時，靜置 24 小時後，以 Whatman GFA 濾紙過濾入塑膠瓶中，以原子吸光儀測之。

5. 土壤中錳、鉻、銅、鎳、鉛、鋅之分析方法

( Schilkoph and Milne, 1988 ) :

稱取 0.5g 土樣，入鐵氟龍消化瓶中，加入 15 ml 濃鹽酸及 5 ml 濃硝酸，入微波消化爐 ( MDS-81 ) 以 100% 能量處理 2 分鐘，再以 80% 能量處理 15 分鐘後，消化液過濾入 50 ml 定量瓶，以原子吸光儀測之。

6. 土壤中砷之分析方法 ( 李國欽等, 1979 ) :

稱取 1g 土壤樣品入三角瓶中，分三次各加入 5, 5, 10 ml  $H_2O_2$  (30%)，置熱板上加熱，至完全乾燥，取下置室溫中放冷，加入 30ml 9.6M HCl 振盪 1 小時，放置 24 小時後，取 10ml 上清液，以純水定量至 50 ml，以原子吸光儀測之。

### 結果與討論

重金屬中銅、鎳、鋅等元素為作物所必需，而鉛、汞、鉻、錳、砷為作物非必需元素，植物吸收重金屬之途徑為：1. 陽離子交換作用。2. 形成螯形物 (chelate) 或經由攜帶物質 (carrier) 進入根部細胞。3. 根圈效應。植物由土壤吸收重金屬之程度由大而小分別為：錳 > 鋅 > 汞 > 銅 > 鉛 > 砷 > 鎳 > 鉻。( Kabata-Pendias and Pendias, 1986 )。以 0.1M HCl 所抽取之土壤中重金屬含量係指植物可吸收 (Plant available) 之重金屬量 (日本土壤標準分析、測定

委員會，1986)，土壤中 0.1M HCl可抽出重金屬量與土壤中重金屬全量之比值，示之於表三，

表三．土壤中 0.1M HCl 可萃取重金屬量與土壤中重金屬全量之比值

Table 3. The ratios of 0.1M HCl extractable heavy metals in soil to total heavy metals in soil

重金屬	表土 (0-15公分深)	裏土 (15-30公分深)	平均
鎘	0.27	0.27	0.27
鉻	0.04	0.03	0.04
銅	0.29	0.26	0.28
鎳	0.13	0.12	0.13
鉛	0.43	0.39	0.41
鋅	0.19	0.18	0.19

比值較小者，表示較不易以 0.1M HCl 萃取，因此，六種重金屬中鉻較不易以 0.1M HCl 萃取，如以 0.1M HCl 可萃取量代表植物可吸收量，則六種重金屬中，鉻較不易為作物吸收。

表四．各類作物中重金屬含量與土壤中重金屬含量之比值<sup>a)</sup>

Table 4. The ratios of heavy metal content in crops to heavy metal content in soils

重金屬	米類		果菜類		葉菜類		根菜類	
	表土	裏土	表土	裏土	表土	裏土	表土	裏土
砷	2	2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.6	0.6
鎘	10	9	3	4	4	4	3	4
鉻	1	1	0.3	0.3	0.01	0.01	0.04	0.04
銅	11	12	3	3	3	3	4	4
汞	1	1	3	3	2	2	5	5
鎳	2	2	1	1	0.7	0.7	1	2
鉛	2	2	1	2	2	3	2	2
鋅	29	29	5	6	4	4	7	7

a) 以鮮重為基準之作物中重金屬含量 / 以乾重為基準之土壤中重金屬全量  
X 100

註：作物水份平均含量米類為 13%，果菜類為 80.95%，葉菜類為 91.59%，  
根菜類為 81.10%

表四為各類作物中重金屬含量除以土壤中重金屬含量所得比值，此亦可作為判斷土壤中之重金屬是否易為植物吸收之參考，比值高者易為作物自土壤吸收，比較各類作物中各種重金屬之比值大小，米類為：鋅 > 銅 > 鎘 > 鉛 = 鎳 = 砷 > 汞 = 鉻；果菜類為：鋅 > 鎘

> 汞 = 銅 > 鉛 > 鎳 > 砷 > 鉻；葉菜類為：鋅 = 鎘 > 銅 > 鉛 > 汞 > 鎳 > 砷 > 鉻；根菜類為：鋅 > 汞 > 銅 > 鎘 > 鉛 > 鎳 > 砷 > 鉻，鋅、鎘、銅在各種作物中之比值皆高於其它重金屬，而鉻與砷最低。由於農藥 (廖龍盛，1983) 或微量元素中含有鋅與銅，作物中鋅與銅會因農藥或微量元素之施用而增高，間接造成作物中含量與土壤中含量比值之增高；但農藥中並不含鎘，且鎘並非植物所必需之元素 (Kabata- Pendias and Pendias, 1986)，微量元素中亦不含鎘，所以鎘不受上述因子之影響，因此，鎘是所有八種重金屬中，最容易為植物吸收者。高橋 (1974) 比較植物中重金屬含量與土壤中重金屬含量之比值，亦發現鎘之比值較其它七種重金屬為高，各比值由大而小依序為：鎘 (10.7) > 鋅 (3.2) > 汞 (1.0) > 銅 (0.7) > 鉛 (0.27) > 鎳 (0.07) > 砷 (0.03) > 鉻 (0.002)。Lin 與 Chou (1990) 之試驗指出鎘在作物體中之移動性相當大。Chaney 與 Giordano (1977) 將鋅、鎘歸類於作物吸收後容易轉移至地上部之金屬，而鎳、銅屬於中程度者，鉻、鉛、汞則不易轉移至地上部。由於汞之移動性小，常累積於作物根部 (Steinnes, 1990)，因此根菜類中汞之比值僅次於鋅。Tjell 等 (1979) 利用  $^{210}\text{Pb}$  進行植物對鉛之吸收測定發現植物自土壤中吸收極微量之鉛，而葉中 90-99% 之鉛大部份為葉吸收空氣中之鉛所致。鉛在作物體之移動性比鎳低，但在葉菜類、果菜類中鉛之比值皆高於鎳，此是否由於作物之葉面或果實表面自空氣中吸收鉛所致，尚待作進一步探討。由表四中可發現除鉛外，砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鋅等七種重金屬之比值皆依序為：米類 > 根菜類 > 果菜類 > 葉菜類，米類之比值高於其它作物之原因可能與米類之生長期較長及水份含量較低有關。

表五. 重金屬對植物之毒害濃度與在食物中之容許含量

Table 5. The phytotoxic levels and food tolerable levels of heavy metals in food crops

重金屬	植物體地上部之含量 <sup>a)</sup>			食物中之容許含量	
	正常濃度 <sup>c)</sup>	毒害濃度 <sup>c)</sup>	毒害濃度(稻) <sup>d)</sup>	家畜 <sup>a) c)</sup>	人類 <sup>b) e)</sup>
無機砷	0.01-1	3- 10	30-100	50	5
錫	0.01-1	5-700	5-10	0.5	0.5
三價鉻	0.01-1	20	30-100	3000	—
銅	3-20	25-40	20- 30	25-300	100
汞	<0.01-0.09 <sup>f)</sup>	1-3 <sup>f)</sup>	0.5	0.5 <sup>g)</sup>	0.5
鎳	0.1-5	50-100	20- 50	50-300	—
鉛	2-5	—	50-2000	30	10
鋅	15-150	500-1500	100-300	300-1000	1000-5000

a)  $\mu\text{g/g}$  dry weight

b)  $\mu\text{g/kg}$  fresh weight

c) Cited from Jacobs, 1990.

d) Cited from Chino, 1981.

e) 摘自 許東榮等 (1982)

f) Cited from Kabata-Pendias and Pendias, 1986.

g) Cited from Wright et al., 1978.

表五列舉了八種重金屬對植物之毒害量與在家畜飼料及人類食物中之容許含量，當飼料或食物中之重金屬含量超過此一容許含量

時，人類或家畜可能受害，砷在食物中之容許含量為  $5 \mu\text{g/g}$ ，當砷在植體中含量達  $3 \mu\text{g/g}$  時，可對植體產生毒害；對水稻而言，雖然砷在水稻莖葉中之含量達  $30-100 \mu\text{g/g}$  時才可對水稻產生毒害，但李國欽與費雯綺 (1980) 試驗指出糙米中之砷如達到  $2 \mu\text{g/g}$  時，水稻可能會有 100% 之空殼率，因此土壤中高量之砷不可能經由作物而間接對人體或家畜產生危害。鉻、銅、鋅、鎳等重金屬對作物之毒性也高於對人體或家畜之毒性，因此土壤中雖含高量之鉻、銅、鋅、鎳，但無法產生足以使人體或家畜中毒之食物，亦即，不可能經由作物而轉入食物鏈中。汞對作物之毒害濃度雖與食物中之容許含量相近，鉛對作物之毒害濃度高於食物中之容許含量，但 Cast (1976) 認為汞及鉛在土壤中易形成不溶解性之礦物，不易為作物所吸收，因此土壤中之汞與鉛亦不可能經由作物而轉入食物鏈中。

由上述討論，明顯可以看出鎘極易為作物所吸收，且鎘在家畜與人類食物中之容許含量低於對作物之毒害濃度，因此土壤中若含高量之鎘，可能經由作物之吸收，再經食物鏈而對家畜或人體產生毒害。

## 參考文獻

- 日本土壤標準分析、測定法委員會。 1986。 土壤標準分析測定法。 日本土壤肥料學會。 博友社。 東京。
- 李錦地、張嵩林、郭錦洛、洪正中、張連傳。 1982。 毒性污染物使用量及殘餘量調查報告。 臺灣省水污染防治所編印。
- 李國欽、費雯綺。 1980。 水稻田土壤含砷量與植株含砷量及生長情形相關關係之探討。 植保會刊。 22:101-112。
- 李國欽、費雯綺、顏耀平。 1979。 臺灣各地區水稻田土壤及水中砷含量之調查。 科學發展月刊。 7:789-809。
- 高橋英一。 1974。 比較植物營養學。 東京養賢堂發行。 東京。
- 許東榮、張怡怡、陳美玉、王豐惠。 1982。 新竹貝類養殖區重金屬及有機物對牡蠣污染之調查。 中華營養學會月刊。 7: 1-14。
- 廖龍盛。 1983。 實用農藥。 廖龍盛發行。
- Baker, D.E. and M.C. Amacher. 1982. Nickel, copper, zinc, and cadmium. p.323-326. In A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Browne, C.L., Y.-M. Wong, and D.R. Buhler. 1984. A predictive model for the accumulation of cadmium by container-grown plants. J. Environ. Qual. 13:184-188.
- Cast. 1976. Application of sewage sludge to cropland: appraisal of potential hazards of the heavy metals to plants and animals. report no. 64 Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa.
- Chaney, R.L., and P.M. Giordano. 1977. Microelements as related to plant deficiencies and toxicities. p.235-279. In L.F. Elliott and F.J. Stevenson (eds.) Soils for management of organic wastes and waste waters. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin.
- Chino, M. 1981. Metal stress in rice plants. p.65-80. In K. Kakuzo and I. Yamane (eds.) Heavy metal pollution in soil of Japan. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Friberg, L., and G.F. Nordberg. 1986. Introduction. p.1-14. In L. Friberg, et al. (eds.) Handbook on the Toxicology of Metals. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam.
- Jacobs. L.W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. Food and Fertilizer Technology Center of Asia and Pacific Regions. Extension Bulletin No.313.

- Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1986. Trace elements in soil and plants. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Lepp, N.W. 1981. Effect of heavy metal pollution on plants. Vol. 1. Effects of trace metals on plant function. Applied Science Publishers, London.
- Lin H. C., and C. K. Chiou. 1990. Response of lettuce, mustard, rice and corn crops to cadmium treatment. p.257-272. In Proceeding of the 2nd Workshop of Soil Pollution Prevention.
- Merry, R.H. and K.G. Tiller. 1986a. The effects of soil contamination with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. I. effects of season, genotype, soil temperature and fertilizer. *Pl. Soil.* 91:115-128.
- Merry, R.H. and K.G. Tiller. 1986b. The effects of soil contamination with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. II effects of source of contamination, varying soil pH, and prior waterlogging. *Pl. Soil.* 95:255-269.
- Mortvedt, J.J. 1985. Plant uptake of heavy metals in zinc fertilizers made from industrial by-products. *J. Environ. Qual.* 14:424-427.
- Muhammad, S. 1986. Solubility relationships of arsenic in calcareous soils and its uptake by corn. *Pl. Soil.* 91:241-248.
- Mulla, D.J., A.L. Page, and T.J. Ganje. 1980. Cadmium accumulations and bioavailability in soils from long-term phosphorus fertilization. *J. Environ. Qual.* 9:408-412.
- Nriagu, J.O., and J.M. Pacyna. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature(London)* 333:134-139.
- O'Neill, P. 1990. Arsenic. p.83-98. In B.J. Alloway (ed.) Heavy metals in soils. John Wiley & Sons, New York.
- Schilkoph, G.M., and D.B. Milne. 1988. Wet microwave digestion of diet and fecal samples for Inductively Coupled Plasma analysis. *Anal. Chem.* 60:2060-2062.
- Steinness, E. 1990. Mercury. p.177-194. In B. J. alloway (ed.) Heavy metals in soils. John Wiley & Sons. New York.
- Stewart, J.W.B., and J.R. Bettany. 1982. Mercury. p.367-384. In A.L. Page (ed) Methods of soil analysis. Part 2. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Tjell, J.C., M.F. Hovmand, and H. Mosbaek. 1979. Atmospheric lead pollution of grass grown in a background area in Denmark. *Nature(London)* 280:425-426.

White, M.C., and R.L. Chaney. 1980. Zinc, cadmium and manganese uptake by soybean from two zinc and cadmium amended costal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:308-313.

Wright, F.C., J.C. Riner, and M. Haufler. 1978. Toxicity and residual aspects of alkylmercury fungicides in live stock. p.331-355. In F.W. Oehme (ed.) *Toxicity of heavy metals in the environment*. Marcel Dekker, New York.