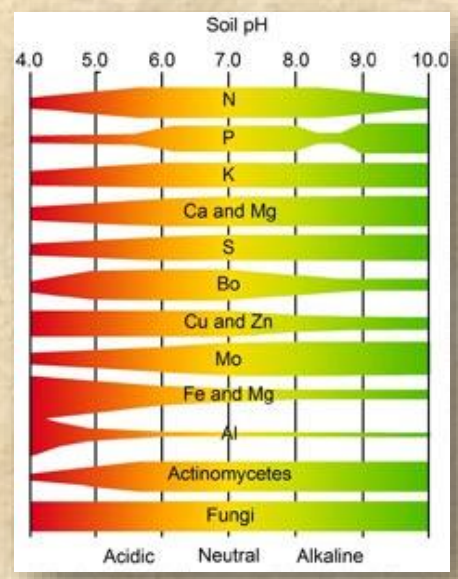
เอกสารประกอบการสอนวิชา 02028481

มลพิษทางดินและการจัดการ

Soil Pollution and Its Management

ธาตุพิษกับภาวะมลพิษทางดิน

TOXIC ELEMENTS AND THEIR CONTAMINATION IN SOIL AND ENVIRONMENT



ดร.ศุภชัย อำคา

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุพิษ (Toxic Elements)

- ธาตุโลหะหนัก
- ธาตุอื่น เป็นสารมลพิษในดิน

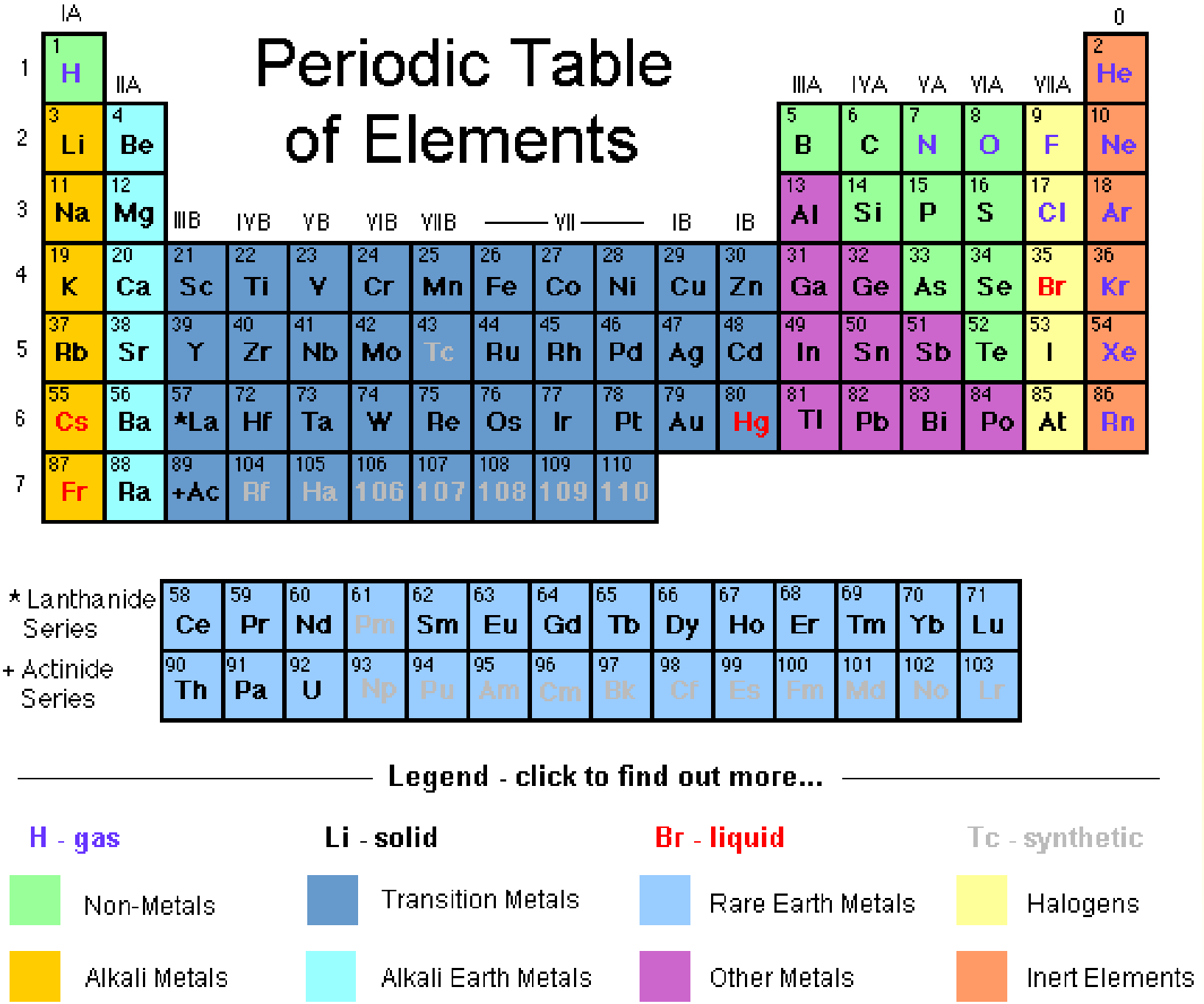
มีการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปสารประกอบ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ แล้วมีการปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม

ธาตุพิษ (Toxic Elements)

- ธาตุโลหะหนัก (Heavy metal)
- ธาตุอื่นซึ่งเป็นสารมลพิษที่สำคัญในดิน

  โลหะธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป

  Atomic Number 23-92 (คาบที่ 4-7)


Periodic Table of Elements
IA
IIA
IIIB
IVB
VB
VIB
VIIB
VII
IB
IB
IIIA
IVA
VA
VIA
VIIA
0
1 H
2 He
3 Li
4 Be
5 B
6 C
7 N
8 O
9 F
10 Ne
11 Na
12 Mg
13 Al
14 Si
15 P
16 S
17 Cl
18 Ar
19 K
20 Ca
21 Sc
22 Ti
23 V
24 Cr
25 Mn
26 Fe
27 Co
28 Ni
29 Cu
30 Zn
31 Ga
32 Ge
33 As
34 Se
35 Br
36 Kr
37 Rb
38 Sr
39 Y
40 Zr
41 Nb
42 Mo
43 Tc
44 Ru
45 Rh
46 Pd
47 Ag
48 Cd
49 In
50 Sn
51 Sb
52 Te
53 I
54 Xe
55 Cs
56 Ba
57 *La
72 Hf
73 Ta
74 W
75 Re
76 Os
77 Ir
78 Pt
79 Au
80 Hg
81 Tl
82 Pb
83 Bi
84 Po
85 At
86 Rn
87 Fr
88 Ra
89 +Ac
104 Rf
105 Ha
106 106
107 107
108 108
109 109
110 110
* Lanthanide Series
58 Ce
59 Pr
60 Nd
61 Pm
62 Sm
63 Eu
64 Gd
65 Tb
66 Dy
67 Ho
68 Er
69 Tm
70 Yb
71 Lu
+ Actinide Series
90 Th
91 Pa
92 U
93 Np
94 Pu
95 Am
96 Cm
97 Bk
98 Cf
99 Es
100 Fm
101 Md
102 No
103 Lr
Legend - click to find out more...
H - gas
Li - solid
Br - liquid
Tc - synthetic
Non-Metals
Transition Metals
Rare Earth Metals
Halogens
Alkali Metals
Alkali Earth Metals
Other Metals
Inert Elements

แหล่งที่มาและการสะสม

- สารเคมีทางการเกษตร (ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช)
- โรงถลุงแร่
- การเผาไหม้น้ำมัน
- โรงงานอุตสาหกรรม
- ของเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม
  กากตะกอนน้ำโสโครก
- การใช้ที่ดินเป็นที่ถมของเหลือใช้

ตารางที่ 5.1 ประโยชน์ใช้สอยและการปนเปื้อนของธาตุพิษในดิน

ธาตุ	เลขเชิงอะตอม	ประโยชน์ใช้สอย	แหล่งปนเปื้อนในดิน
As	33	ยา, สี, สารฆ่าศัตรูพืช, แก้ว	สารฆ่าศัตรูพืช, พ่นสู่อากาศโดยโรงงานอุตสาหกรรม
Cd	48	โลหะผสม, สารกันสนิม, แบตเตอรี่, เม็ดสี, ยาง, พลาสติก, electro-plating	โรงถลุง, กากตะกอนน้ำโสโครก, สารเจือปนในปุ๋ย
Cu	29	เหรียญ, ท่อ, โลหะผสม, ลวดไฟฟ้า, สารฆ่ารา	ฝุ่นโรงงาน,น้ำทิ้งจากโรงถลุงแร่, สารฆ่ารา
Hg	80	สารอุดฟัน, ยา, สวิทช์ไฟฟ้า, หลอดนีออน, เครื่องมือวิทยาศาสตร์, สารฆ่ารา, แบตเตอรี่, สี	สารฆ่ารา, ไอปรอท
Pb	82	สารตัวเติมในน้ำมัน, แบตเตอรี่, โลหะบัดกรี, ฉนวนหุ้มสายเคเบิล, ท่อ, โรงหล่อตัวพิมพ์	ไอเสียน้ำมัน, โรงถลุง, ปุ๋ย, สารฆ่าศัตรูพืช
B	5	ผงซักฟอก, แก้ว, ปุ๋ย, สารตัวเติมในน้ำมัน	ไอเสียน้ำมัน, น้ำชลประทาน
Zn	30	โลหะผสม, ทองเหลือง, สี, เครื่องสำอาง	น้ำโสโครก, ขยะอุตสาหกรรม (industrial waste), ปุ๋ย, สารฆ่าศัตรูพืช
F	9	สารทำความเย็น, สเปรย์, ปุ๋ย, สารฆ่าศัตรูพืช	ปุ๋ย, สารฆ่าศัตรูพืช
Mn	25	แบตเตอรี่, สารเคมี, ปุ๋ย, เหล็กผสมแมงกานีส	น้ำจากเหมืองและเถ้าฟุ้งกระจาย, ปุ๋ย
Ni	28	เหล็กกล้า, โลหะผสม, สารตัวเติมในน้ำมัน	ปุ๋ย, ไอเสียน้ำมัน

ตารางที่ 5.2 ปริมาณธาตุพิษในดินและพืช และระดับเป็นพิษในข้าว (ppm)

ธาตุ	ปริมาณที่พบ		เปลือกโลก	แม่น้ำ (ppb)	ระดับเป็นพิษในข้าว	
	ดิน	พืช			ต้น	ราก
As	0.1-7.0	0.1-5	1.8	2	20-100	1,000
Cd	0.1-7	0.2-0.8	0.2	0.1	5-10	100-600
Cu	2-175	4-15	55	7	20-30	100-300
Pb	2-200	0.1-10	12.5	3	50-2,000	300-3,000
Hg	ND-6	n.a.	0.08	0.07	n.a.	n.a.
B	2-100	30-75	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zn	10-620	15-200	70	20	100-300	500-1,000
Mn	100-4,000	15-100	n.a.	n.a.	300-1,000	200-600
Ni	10-1,000	1	75	0.3	20-50	200-400
Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	500-1,000	n.a.

ที่มา : Brady (1990) และ Heavy Metal Pollution in Soils of Japan (1981)

ตารางที่ 5.3 ปริมาณธาตุพิษในกากตะกอนน้ำโสโครกจากตัวเมือง เปรียบเทียบกับที่มีในปุ๋ยคอกมูลโค และที่มีในดินและในไส้เดือนจากแหล่งน้ำทิ้งกากตะกอนน้ำโสโครก (ppm นน.แห้ง)

ธาตุ	ในกากตะกอนน้ำโสโครก	ในปุ๋ยคอก	ในดิน		ในไส้เดือน	
			ปรกติ	ใช้ทิ้งกาก	ปรกติ	จากดินทิ้งกาก
Cd	9-444	1	0.1	2.7	4.8	57
Pb	329-7,627	16	22	31	17	20
Cu	458-2,890	62	12	39	13	31
Zn	601-6,890	71	56	132	228	452
Ni	51-562	29	14	19	14	14
As	4-30	4	n.a.		n.a.	

ที่มา : Brady (1990)

สาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนในดิน

- ขยะและน้ำเสีย

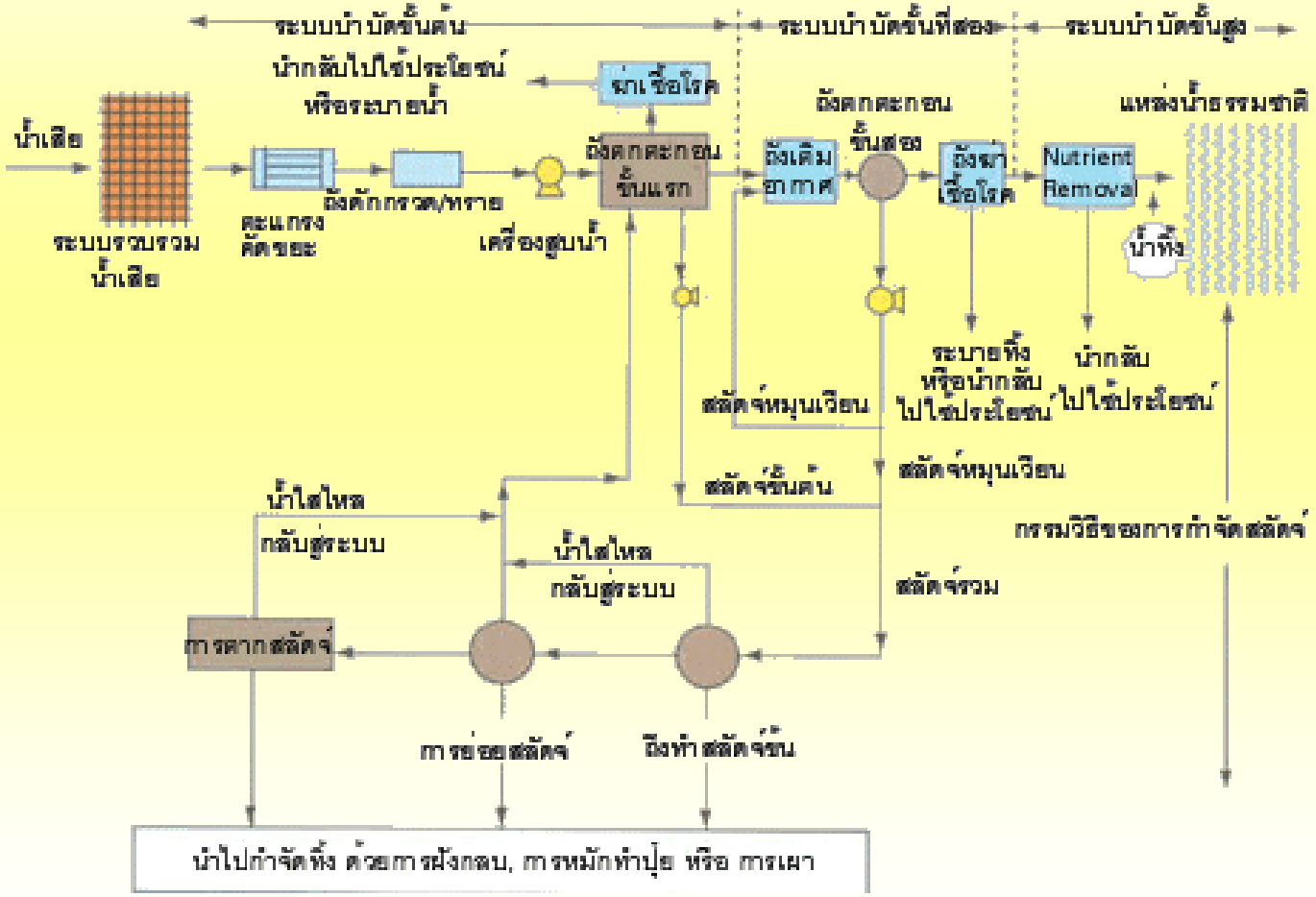
ตารางที่ 5.4 ปริมาณจุลธาตุในดินที่ใช้เป็นแหล่งทิ้งของเสียเปรียบเทียบกับดินในชนบท (ppm)

การใช้ที่ดิน	โบรอน	ทองแดง	ตะกั่ว	นิกเกิล	แคดเมียม	สังกะสี
ดินใช้ทิ้งของเสีย	9.5	88	26	4.4	0.6	680
ดินในชนบท	1	3	0.5	1	0.1	3

- เหมืองแร่และโรงถลุง
- มูลสุกร
- สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

สาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนในดิน

- กากตะกอนน้ำโสโครก (sewage sludge)



สาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนในดิน

ปุ๋ยเทศบาล

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของจุลธาตุบางชนิดในดิน หลังจากการใช้ปุ๋ยหมักเทศบาลในอัตราต่าง ๆ กัน

ชนิดพืช	ปุ๋ยหมัก (ตัน/ไร่)	จุลธาตุในดิน (ppm)		
		B	Cu	Zn
กะหล่ำปลี	0	0.5	2.6	2.5
	4	0.7 NS	3.0 NS	2.8 NS
	8	0.7 NS	3.2 NS	3.9**
กะหล่ำปลี และ	0	0.8	6.7	7.6
ผักกาดหอม	8	2.6*	5.6 NS	9.2*
	16	4.4**	6.9 NS	11.6**
มันฝรั่ง	0	0.7	3.3	4.2
	8	3.0**	10.7**	16.2**
	16	5.4**	13.9**	27.4**
ถั่ว pea	0	0.7	4.7	5.0
	8	5.8**	20.5**	49.3**
	16	10.8**	39.2**	124.0**

หมายเหตุ : NS, *, ** หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ที่มา : Purves (1977)

ค่าปกติของธาตุโลหะหนักในดิน (จุลธาตุในดิน)

- ลักษณะของวัตถุต้นกำเนิด
- ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน
- เนื้อดิน
- ระดับความลึกของดิน

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของจุลธาตุในหินอัคนี หินตะกอน และในดิน (ปริมาณเป็น ppm)

ธาตุ	หินอัคนี	หินตะกอน	ดิน
Mn	950	670	850
F	625	500	200
Cr	100	160	200
Zn	70	80	50
Cu	55	57	20
Pb	12	20	10
Sn	2	30	10
B	10	12	10
Co	25	23	8
Be	3	3	6
As	2	7	5
Mo	1.5	n.a.	2
Cd	0.2	0.3	0.5
Ag	0.07	0.9	0.1
Se	0.05	0.6	0.01
Hg	0.08	0.4	0.01

ตารางที่ 5.6 ค่าปรกติของจุลธาตุในดินและที่มีในสารที่อาจเป็นแหล่งธาตุพิษในดิน (มก./กก.)

ธาตุ	ดิน		กากตะกอนน้ำโสโครก	ปุ๋ยหมักเทศบาล	ปุ๋ย[1]		
	เฉลี่ย	ช่วง			P	N	M หรือ L
As	1-20	(0.1-50)	3-30	n.a.	2-1200	2-120	3-25 (M,L)
B	10	(0.9-1000)	15-1000	n.a.	5-115	n.a.	10 (L)
Cd	0.2-1	(<0.1-8)	<1-3400	0.01-100	0.1-170	0.05-8	0.1-0.8 (M)
Co	8-10	(0.3-200)	1-260	30	1-12	5-12	0.3-24 (M)
Cr	50-100	(0.9-1500)	8-4000	2-410	66-245	3-19	1-55 (M)
Cu	12-30	(<1-390)	50-800	13-3580	1-300	n.a.	2-172 (M,L)
Hg	0.03-0.06	(>0.01-5)	0.1-55	0.1-21	0.01-1.2	0.3-3	0.01-0.4 (M)
Mn	450-1000	(<1-18300)	60-3900	500	40-2000	n.a.	40-1200 (L)
Mo	1-2	(0.1-28)	1-40	8	0.1-60	1-7	0.1-15 (L)
Ni	25-50	(0.1-1520)	6-5300	0.9-279	7-38	7-34	2-30 (M,L)
Pb	10-30	(<1-890)	29-3600	1.3-2240	7-225	2-27	20-1250 (L)
Zn	40-50	(1.5-2000)	91-49000	82-5894	50-1450	1-42	10-500 (M,L)

[1] P = ปุ๋ยฟอสฟอรัส; N = ปุ๋ยไนโตรเจน M = ปุ๋ยมูลสัตว์; L = หินปูนหรือโดโลไมต์

ตารางที่ 5.9 ปริมาณจุลธาตุในระดับปรกติที่มีอยู่ในดินและพืช และค่าวิกฤตในดิน (ppm)

ธาตุ	ความเข้มข้นทั้งหมดในระดับปรกติ		ค่าวิกฤตในดิน	เป็นพิษต่อ
	ดิน	พืช		
สารหนู	0.1-50	0.1-5	20-40	คน,พืช
โบรอน	2-100	30-75		
แคดเมียม	0.1-2	0.2-0.8	1-3	คน
ทองแดง	2-100	4-15		
ฟลูออไรด์	30-300	2-20		
ตะกั่ว	0.1-30	0.1-10	70-300	คน,สัตว์
ปรอท	0.1-1	n.a.	2	คน
แมงกานีส	100-4,000	15-100		
นิกเกิล	2-50	1	50-100	พืช (คน)
สังกะสี	3-50	15-200	300-500	พืช

ที่มา : Alloway (1990) และ Schlipkoter and Brockhaus (1988)

การเคลื่อนย้ายและการคงอยู่ในดิน

1) การเคลื่อนย้าย (transportation)

2) การดูดกินของพืช

3) การดูดกินโดยจุลินทรีย์

“เคลื่อนย้ายในสภาพละลาย (ละลายอยู่ในสารละลายดิน และสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยการแพร่...diffusion) หรือ สารแขวนลอย (การเคลื่อนไปกับการไหลของสารละลายดิน หรือโดยการไหลของมวล...mass flow กับน้ำ

ปัจจัยที่ควบคุมการคงสภาพของธาตุโลหะหนัก

- ความเข้มข้นของธาตุ และธาตุอื่นในสารละลาย
- สภาวะของดิน พีเอช ศักย์รีดอกซ์ และอุณหภูมิดิน
- ธรรมชาติและปริมาณของตำแหน่งดูดซับของดิน

ปัจจัยที่ควบคุมการดึงธาตุโลหะหนักออกจากสารละลายดิน

- การคลุกเคล้าเข้าสู่ระบบชีวภาพ (การดูดกินโดยจุลินทรีย์)
- การจับก้อนกับสารแขวนลอยอื่น
- การตกตะกอน และการตกตะกอนกับสารอื่น
- การถูกดูดซับ

  “การคงอยู่หรือการหยุดเคลื่อนที่ของธาตุโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอย: การดูดซับในรูปไอออนเชิงซ้อนและจับก้อนกับสารละลาย แล้วย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน รวมตัว/ดูดซับ/ตรึงในออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส หรือตกตะกอนในรูปซิลิเกตต่าง ๆ”

รูปของธาตุโลหะในดิน

1. รูปที่ละลายในสารละลายดิน
2. รูปที่ถูกดูดซับในตำแหน่งผิวของอนุภาคคอลลอยด์ดิ
3. รูปที่ตรึงและจับกับสารแขวนลอยอื่นหรือแร่ในดิน
4. รูปที่ตกตะกอนหรือตกตะกอนกับสารอื่น
5. รูปที่คลุกเคล้าเข้าสู่ระบบชีวภาพเป็นสารอินทรีย์

รูปที่1-2: mobile phase

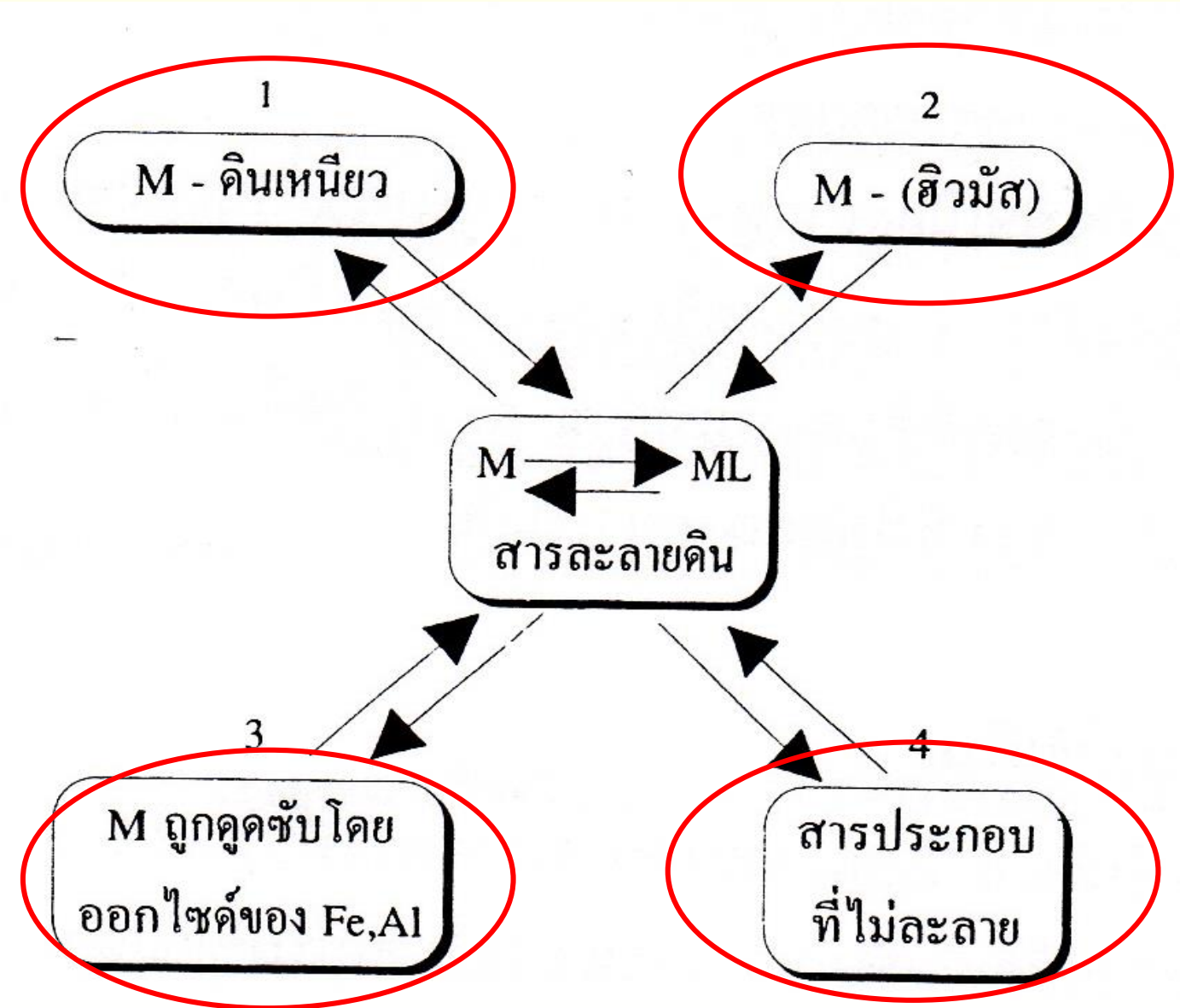
รูปที่ 3-5: immobile phase

ตารางที่ 5.12 ลำดับความชอบในการดูดซับธาตุโลหะของอนุภาคดิน

ตัวดูดซับ	ความชอบจากมากไปน้อย
มอนต์มอริลโลไนต์	Ca>Pb>Cu>Mg>Cd>Zn
	Cd=Zn>Ni
อิลไลต์	Pb>Cu>Zn>Ca>Cd>Mg
เคโอลิไนต์ (Na)	Pb>Ca>Cu>Mg>Zn>Cd
	Cd>Zn>Ni
เวอร์มิคิวไลต์และเคโอลิไนต์	Zn>Mn>Cd>Hg
ไฮดรัสออกไซด์ของเหล็ก	
อสัณฐาน	Pb>Cu>Zn>Ni>Cd>Co>Sr>Mg
ฮีมาไทต์	Pb>Cu>Zn>Co>Ni
เกอไทต์	Cu>Pb>Zn>Co>Cd
พีต (peat)	Pb>Cu>Cd=Zn>Ca

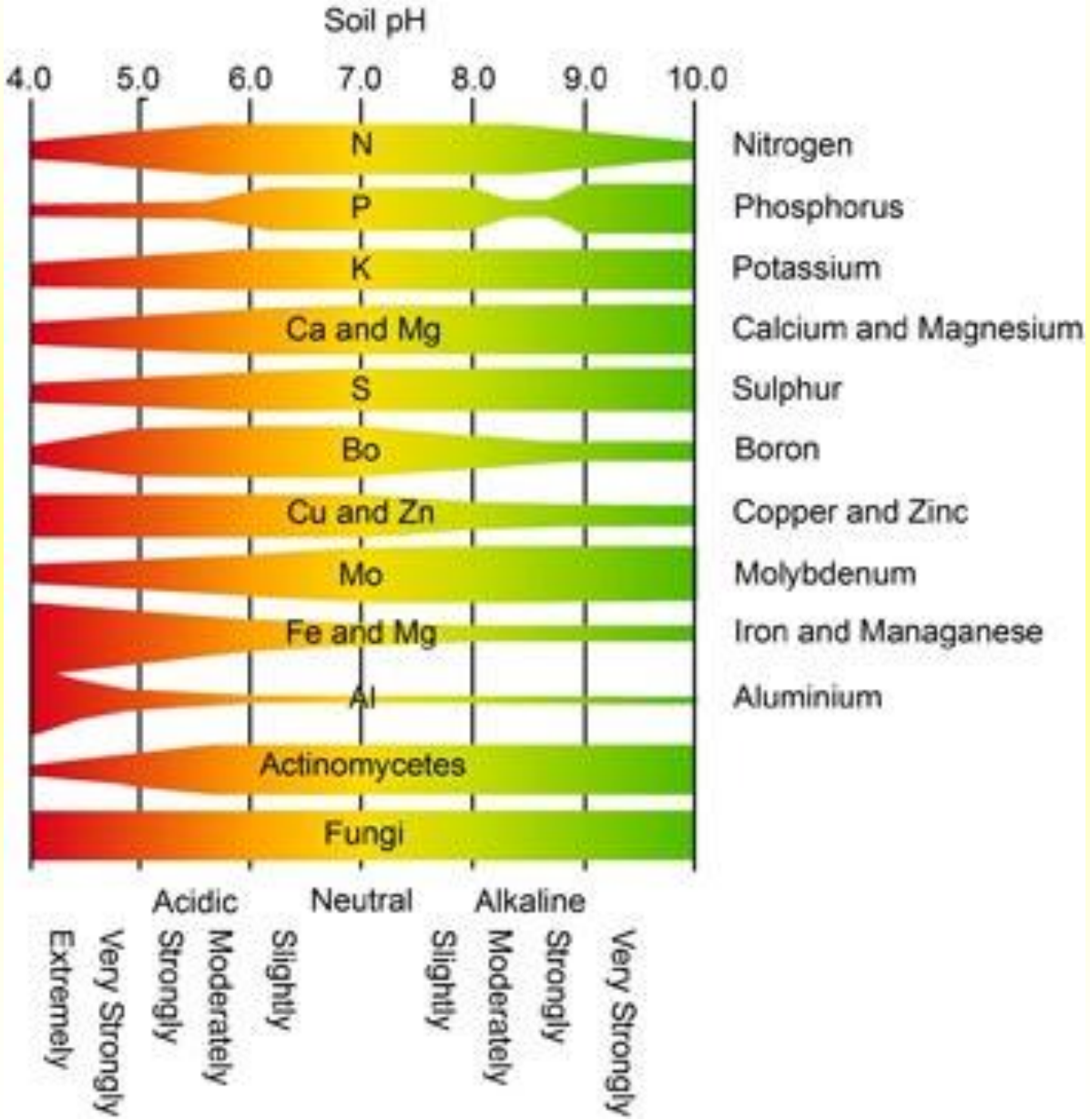
ที่มา : Alloway (1990)

ลักษณะนิสัยของธาตุโลหะหนักในดิน



ลักษณะนิสัยของโลหะหนักในดิน

สภาพกรด-ด่าง



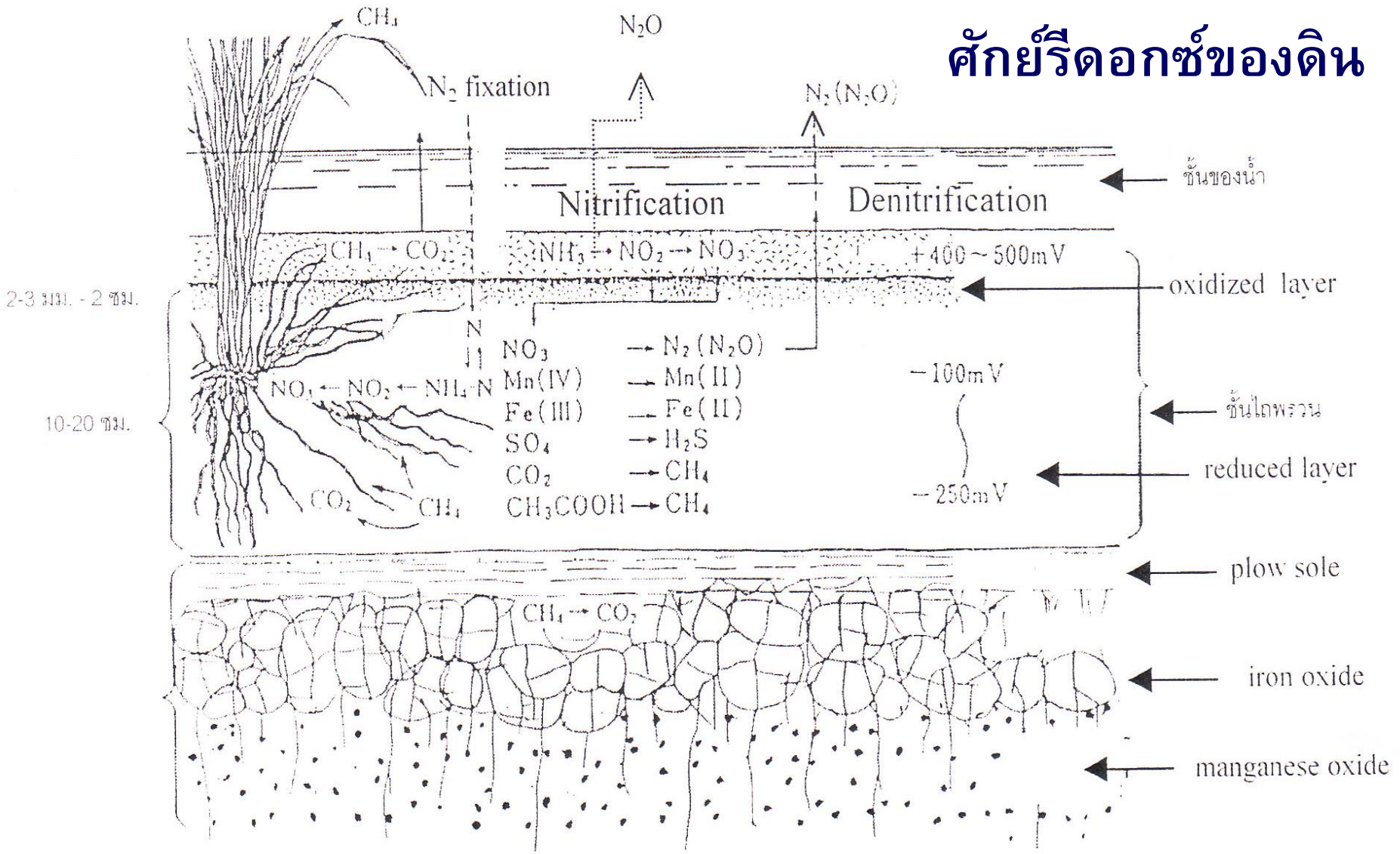
ลักษณะนิสัยของโละหนักในดิน

แคดเมียม

เป็นธาตุที่เป็นพิษมากที่สุดธาตุหนึ่ง

อาการของโรคที่พบ คือ รู้สึกเจ็บจากการกดกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูกต้นขา กระดูกสันหลัง และกระดูกซี่โครง เรียกว่าโรค อิไต อิไต (itai-itai byo)

ศักย์รีดอกซ์ของดิน



ภาพที่ 2.1 แสดงชั้นต่างๆ เมื่อดินมีน้ำขัง และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ลักษณะนิสัยของโละหนักในดิน

ตะกั่ว

รูปที่พืชไม่สามารถดูดกินได้ (อยู่ในรูปที่ไม่ละลาย)

ดินสภาพกรดจัด (ละลายได้ดี)

การใส่ปูน???.....ช่วยทีครับ....55555

พิษของตะกั่วในดินสู่คนนั้นมีได้น้อยมาก

พิษที่เกิดกับผู้ทำงานในโรงงาน

ตะกั่วส่วนใหญ่อยู่ในชั้นดินบน

การเคลื่อนย้ายลงสู่ดินชั้นล่างน้อยมาก

ลักษณะนิสัยของโละหนักในดิน

ตะกั่ว:ในร่างกายมนุษย์เป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เพราะสามารถเข้าไปรวมในโครงสร้างของเอนไซม์โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับกลุ่ม sulfhydryl (-SH) ซึ่งเป็นการยับยั้งการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดงและการใช้ธาตุเหล็ก

ผู้ที่ได้รับตะกั่ว: มีผลต่อระบบประสาท เช่น เป็นโรคประสาท หดหู่ เบื่ออาหาร ซึม เซา หนาวสั่นได้ง่าย และเป็นโรคจิตอ่อน ๆ ผู้เป็นโรคไตเรื้อรัง ไตจะถูกทำลายและผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ เช่น ประจำเดือนผิดปกติในสตรี

ผู้เป็นโรคร้ายแรงจากพิษตะกั่ว: สมองถูกทำลายทำให้มีอาการเซ่อซ่า ปัญญาอ่อน อารมณ์ปรวนแปร ความจำเสื่อม ไม่มีสมาธิ อ่อนเพลียตลอดเวลา

สารหนู (As)

- ตัวโลหะสารหนูไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และซัลไฟต์ของสารหนูก็ไม่เป็นพิษ
- สารประกอบของสารหนูหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช ซึ่งทำให้ผู้บริโภคถึงตายได้
- สารหนูอยู่เปลือกโลก 2-5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในน้ำทะเล 2-5 ppb ในอาหารจะจำกัดไม่ให้เกิน 2.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในน้ำดื่มไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร [ค่าของ Food and Drug Administration (FDA) และ Environmental Protection Agency (EPA)]

ลักษณะนิสัยของโละหนักในดิน

- สารหนู

  พบมากในสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

  สารหนูมีนิสัยในดินคล้ายฟอสเฟต

  (พืชดูดไปกินไม่ได้ เป็นส่วนใหญ่)

  AsO_4^{3-} (anion) ถูกดูดซับโดยไฮดรัสออกไซด์ของ Fe Al

"ลดการดูดกินสารหนูของพืช (ใส่ซัลเฟตของสังกะสี เหล็ก หรืออะลูมินัมลงไปในดิน) เกิดสารประกอบอาเซเนต (arsenate compound)"

ลักษณะนิสัยของโละหนักในดิน

ปรอท

$Hg^0 \longrightarrow Hg^{2+}$

$Hg^{2+} \longrightarrow CH_3Hg^+$ (methylmercury)

$CH_3Hg^+ \longrightarrow CH_3HgCH_3$ (dimethylmercury)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของโลหะหนัก

- ชนิดพืช
- รูปทางเคมีของธาตุพิษในดิน
- ธาตุอื่นซึ่งเกี่ยวข้องกับการตกตะกอนและการถูกดูดซับของโลหะนั้น
- ปริมาณที่ละลายได้ในดิน
- ชนิดดินและสภาพอากาศ

ธาตุโลหะหนักและสภาวะมลพิษจากการปนเปื้อน

- **สารมลพิษที่เป็นปัญหาในระยะยาว**

  คงอยู่ในดินนาน

  พืชจำกัดการดูดกิน

  ทองแดง ตะกั่ว ปรอท

- **สารมลพิษที่เกิดปัญหาได้ในระยะสั้น**

  ละลายน้ำได้ง่าย

  พืชดูดกินได้ทันทีและในปริมาณมาก

  โบรอน แคดเมียม นิกเกิล และสังกะสี

ระดับความเป็นพิษ

- **ความเป็นธาตุอาหาร**

  โลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารพืช และมีความเป็นพิษมารุนแรง

  (ทองแดง แมงกานีส หรือสังกะสี)

  โลหะหนักที่ไม่ใช่ธาตุอาหารพืชและเกิดพิษรุนแรงมาก

  (ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว)

- **ปริมาณในธรรมชาติ**

  ธาตุที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโลก และไม่เป็นสารพิษ

  ความเข้มข้นในธรรมชาติมีมาก (ซิลิคอน อะลูมิเนียม เหล็ก)

ค่าความเข้มข้นวิกฤตของธาตุพิษในพืชและสัตว์

ตารางที่ 5.15 ค่าสูงสุดของจุลธาตุที่ถือเป็นค่ายอมรับได้ให้มีอยู่ในดิน (ppm) และค่าวิกฤติในพืชที่เริ่มยับยั้งการเจริญเติบโต

ธาตุ	ปริมาณในดิน (ppm)		ปริมาณในพืช (ppm นน.แห้ง)	
	ไม่เกิดเป็นพิษ ค่าที่รับได้	ค่าที่เริ่มอาการเป็นพิษในพืช	เกิดอาการในพืชที่ไวต่อพิษ	ค่าที่ทำให้ผลผลิตลดลง 10%
สารหนู	2	15-50	n.a.	1-20
แคดเมียม	n.a.	3-5	5-10	10-20
ทองแดง	23	60-100	15-20	10-30
ปรอท	2	2-5	0.5-1	1-8
ตะกั่ว	n.a.	100-400	n.a.	n.a.
สังกะสี	110	250-400	20-30	10-30
นิกเกิล	35	100	150-200	100-500

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pendias and Pendias (1992)

ตาราง *ผลของโลหะหนักต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม*

โลหะ	ผลต่อมนุษย์	ผลต่อสภาพแวดล้อม
สารหนู	อาเจียน พิษต่อตับและไต มะเร็งของปอด ตับ น้ำเหลือง และผิวหนัง	คงรูปในดิน เป็นพิษต่อพืชตระกูลถั่ว
แคดเมียม	ปวดศีรษะ อาเจียน เจ็บอก ความดันเลือดสูง กระดูกผุ โรคหัวใจ ไตและตับ สารก่อมะเร็งและกลายพันธุ์	ที่ความเข้มข้นต่ำเป็นพิษต่อปลา
ตะกั่ว	โลหิตจาง ไตและระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ถูกทำลาย ระบบย่อยอาหารผิดปกติ	เป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยง นก และปลา
ปรอท	อาการระคายเคือง โรคประสาทอ่อนเพลีย ประสาทหลอน ไต ตับ และ CNS ถูกทำลาย ทารกพิการ	การเจริญพันธุ์ล้มเหลวและตายในปลา
ทองแดง		เป็นพิษอย่างแรงต่อพืช แกะ และปลา

ผลเสียต่อพืชและสัตว์ (1)

ตารางที่ 5.18 หน้าที่ทางชีวภาพ และความเป็นพิษของจุลธาตุอาหาร

ธาตุ	หน้าที่ทางชีวภาพ	ผลของความเป็นพิษเมื่อมีอยู่มากเกินไป
แมงกานีส	pyruvate oxidase	I, D
เหล็ก	xanthine oxidase, cytochrome c, ferridoxin	C, I
โคบอลต์	vitamine B_{12} coenzyme	C, D, I
ทองแดง	phenol oxidase, cytochrome oxidase	D, I, M
สังกะสี	alkaline phosphatase, carboxypeptidase, carbonic anhydrase, aldolase, alcohol dehydrogenase	C, I
โมลิบดินัม	xanthine oxidase	I, B

หมายเหตุ C = สารก่อมะเร็ง, B = ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์, I = รบกวนระบบควบคุม หรือกระบวนการเมแทบอลิซึม, D = ทำปฏิกิริยากับ DNA, RNA polymerase และอื่น ๆ, M = รบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane)

ที่มา : Zingaro (1979)

ผลเสียต่อพืชและสัตว์ (2)

ตารางที่ 5.19 ผลของโลหะหนักต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม

โลหะ	ผลต่อมนุษย์	ผลต่อสภาพแวดล้อม
สารหนู	อาเจียน, พิษต่อตับและไต, มะเร็งของปอด ตับ น้ำเหลือง และผิวหนัง	คงรูปในดิน, เป็นพิษต่อพืชตระกูลถั่ว
แคดเมียม	ปวดหัว, อาเจียน, เจ็บอก, ความดันเลือดสูง, กระดูกผุ, โรคหัวใจ ไตและตับ, สารก่อมะเร็งและกลายพันธุ์	ที่ความเข้มข้นต่ำเป็นพิษต่อปลา
ตะกั่ว	โลหิตจาง, ไตและระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ถูกทำลาย, ระบบย่อยอาหารผิดปรกติ	เป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยง นกและปลา
ปรอท	เคืองตา, โรคประสาท, อ่อนเพลีย, ประสาทหลอน, ไต ตับ และ CNS ถูกทำลาย, ทารกพิการ	การขยายพันธุ์ล้มเหลวและตายในปลา
ทองแดง		เป็นพิษอย่างแรงต่อพืช แกะ และปลา

ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษดิน

1. **มนุษย์** ทำให้มนุษย์ขาดปัจจัยสี่ในการดำรงชีพและปัจจัยสี่เหล่านั้นมักไม่มีคุณภาพ เนื่องจากดินมีมลสารพวกโลหะหนักปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐาน เมื่อพืชเจริญเติบโตก็จะดูดสารพิษเหล่านั้นเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อแบบทวีคูณ ซึ่งสารตกค้างที่สะสมในเนื้อเยื่อจะถูกถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร (Food chain) เมื่อมนุษย์นำพืชเหล่านั้นไปบริโภคจะทำให้มนุษย์เกิดเป็นโรค

   โรคมินามาตะ เนื่องจากมนุษย์ได้รับสารปรอท ตะกั่ว

   โรคอิไต-อิไต เนื่องจากมนุษย์ได้รับสารแคลเมียม

   โรคไข้ดำ เนื่องจากมนุษย์ได้รับสารหนู

2. สิ่งแวดล้อม

ดินกลายเป็นมลพิษทางดิน เนื่องจากดินมีสารปนเปื้อนจำพวกโลหะหนักจะส่งผล ต่อไปนี้

2.1 ทรัพยากรน้ำมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น (pH น้อยกว่า 7) ทำให้มนุษย์ได้รับประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติสำหรับใช้เป็นปัจจัยสี่ ปัจจัยห้า และพัฒนาคุณภาพชีวิตที่มีคุณภาพไม่ดี ก่อให้มนุษย์เกิดเป็นโรคต่าง ๆ

2.2 สัตว์น้ำมีอัตราการตายที่สูงขึ้น เนื่องจากน้ำจะพัดพาสารเคมีที่ตกค้างในดินลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ไม่ได้ค่ามาตรฐาน

การกำจัดมลพิษทางดินโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ

สามารถกำจัดได้ 3.กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการทางกายภาพ โดยการไถพรวนดินก่อนทำการเพาะปลูกพืช การซะล้างดินพิษด้วยน้ำเพื่อลดความเป็นพิษของดิน

2. กระบวนการทางเคมี โดยการปรับปรุงค่าความเป็นกรด- ด่างของดิน เช่น

2.1 ถ้าดินเป็นดินกรดให้ใส่ปูนขาวลงไป เพื่อให้ดินมีค่าเป็นกลาง(pH 7) เหมาะสมต่อการเจริญของพืช

2.2 ดินที่มีปรอทปนเปื้อนสูง เกษตรกรต้องปรับสภาพดินให้เป็นด่างอ่อน ๆ (pH ประมาณ 8) โดยการเติมปูนขาวลงไป เพื่อป้องกันไม่ให้สารปรอทถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช ส่งผลให้มนุษย์มีอัตราการเกิดเป็นโรคมินามาตะลดลง

2.3 ดินที่มีสารหนูปนเปื้อนสูง เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มในดิน เพื่อลดการสะสมสารหนูในเนื้อเยื่อพืช

3. กระบวนการทางชีววิทยา โดยการปลูกพืชที่ช่วยในการกำจัดสารตกค้างในดินด้วยการปลูกพืชหลายชนิดในพื้นที่ เพื่อให้พืชเหล่านั้นช่วยลดความเป็นพิษของดิน (biological control)

- ✓ ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนประกอบของโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ
- ✓ ลดการสะสมของสารพิษในเนื้อเยื่อพืช ดังนี้

-ใส่ปูนขาวในดินที่เป็นกรด เพราะสารพิษจะสลายตัวได้ช้าในดินที่เป็นด่าง

- ระบายน้ำในดินที่มีสภาพเป็นดินแฉะ เพราะดินที่แฉะจะทำให้ดินมีการรับอิเลคตรอนจากดินได้น้อยลง (ออกซิไดซ์)

-ปลูกพืชไร่มากกว่าพืชสวนประเภทกินใบ เพื่อลดการสะสมสารพิษ และเก็บเกี่ยวพืชในระยะเวลาที่เหมาะสม

การจัดการและการป้องกันการแพร่กระจาย

การจัดการ

“ควบคุมการใช้และลดการการเคลื่อนย้ายไปจากดิน”

ควบคุมการใส่ลงไปในดิน

“ลดการใส่ธาตุโลหะหนักแบบที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจลงไปในดิน”

การจัดการและการป้องกันการแพร่กระจาย

การจัดการ

"ควบคุมการใช้และลดการการเคลื่อนย้ายไปจากดิน"

ลดการนำธาตุโลหะหนัก (ธาตุพิษ)ไปจากดิน

ก) การใส่ปูน

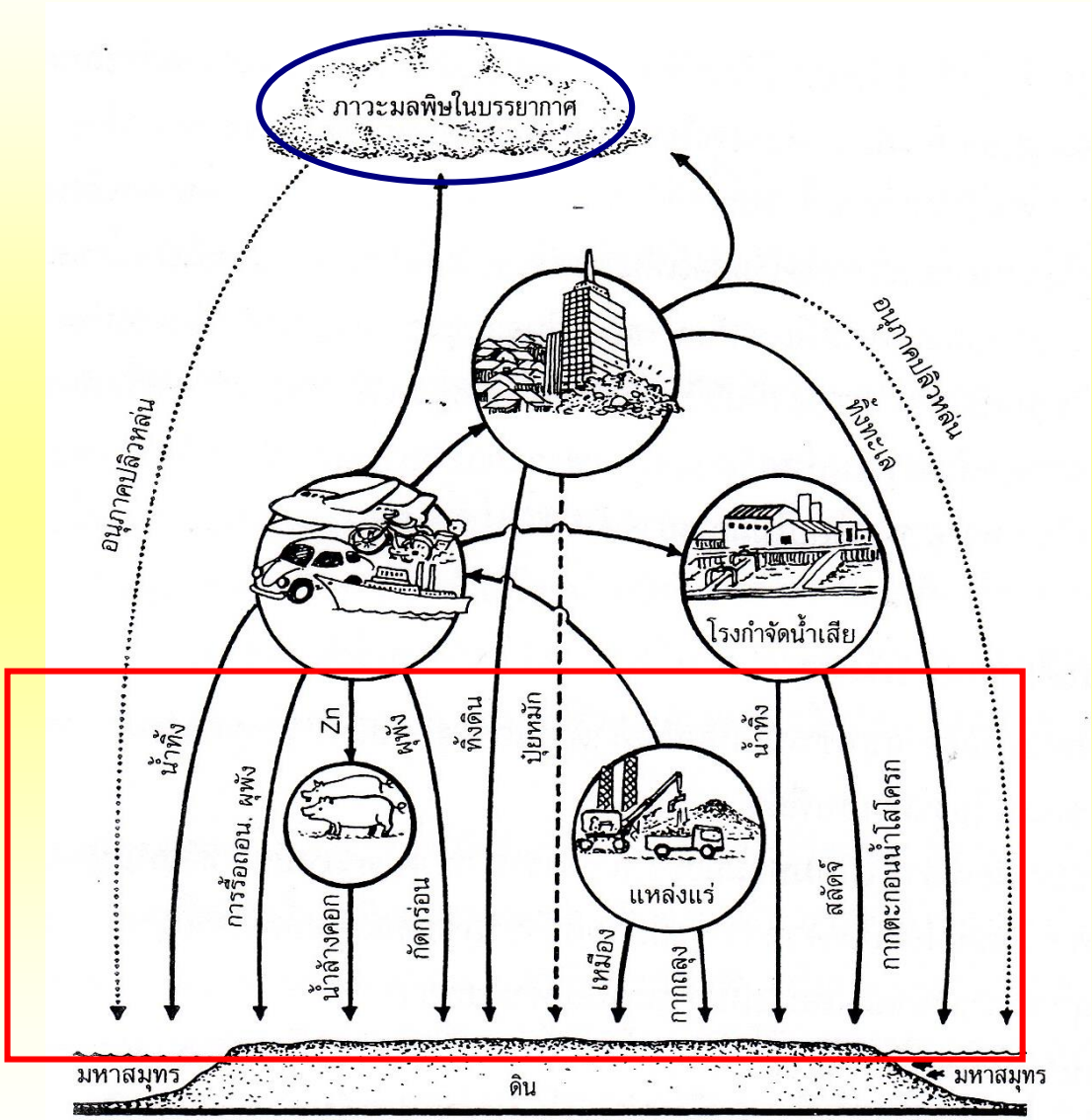
ข) ระบายน้ำให้ดินในสภาพดินแฉะ

ค) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้มาก (ตกตะกอน) ยกเว้นสารหนู

ง) ปลูกพืชที่มีการเก็บเกี่ยวส่วนที่สะสมธาตุพิษน้อยที่สุด

จ) เก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่พอเหมาะ

การจัดการและการป้องกันการแพร่กระจาย



เส้นทางสุดท้ายของธาตุพิษคือดินและมหาสมุทร

การจัดการและการป้องกันการแพร่กระจาย

- มาตรการควบคุมการแพร่กระจาย

ก) กำหนดค่ามาตรฐานของธาตุพิษในน้ำทิ้ง และควรเป็นค่าสากล

ข) กำหนดค่ามาตรฐานของชนิดและปริมาณละอองอนุภาคของธาตุพิษในควันและไอเสีย

ค) กำหนดค่ามาตรฐานของธาตุพิษในตะกอนน้ำเสีย ที่นำไปใช้เพื่อการผลิตอาหาร (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn)

ง) ห้ามการใช้ธาตุโลหะหนักในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อเร่งการเจริญเกินความจำเป็นต่อสรีระของสัตว์

การจัดการและการป้องกันการแพร่กระจาย

- มาตรการควบคุมการแพร่กระจาย

จ) กฎเกณฑ์พิเศษ

- การใช้แคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในโรงงานอุตสาหกรรม
- กระบวนการผลิตอันเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายธาตุพิษในน้ำทิ้ง หรือไอเสีย

ฉ) กระตุ้นให้โรงงานสร้างระบบการนำธาตุโลหะในของเสียกลับมาใช้

ช) ส่งเสริมให้มีระบบการกำจัดของเสีย

โลหะหนัก (Heavy metals)

1) สารหนู (Arsenic)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 3.9	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 37	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	"	ต้องไม่เกิน 300	ใช้วิธี Coprecipitation หรือวิธี Colorimetric หรือวิธี Chelation/Extraction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 400	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
5) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 1,800	"
6) ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 23	ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts)	"	ต้องไม่เกิน 1,600	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
8) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 390	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

วิธีการรักษาตัวอย่างดิน

สารที่จะวิเคราะห์และตรวจ (Parameter)	ภาชนะบรรจุ (Container)	การเก็บรักษา (Preservative)	ระยะเวลาที่เก็บไว้ได้ (Holding
1. สารอินทรีย์ระเหยง่าย	แก้ว	แช่เย็นที่ 4° ±2	14
2) โลหะหนัก (ยกเว้น โครเมียมเฮ็กซาวาเลนท์ และปรอทและประกอบปรอท)	พลาสติกหรือแก้ว	"	180
3) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์	"	"	- 30 วัน ก่อนทำการเตรียม - 4 วัน หลังทำการเตรียม
4) ปรอทและสารประกอบปรอท	"	"	28
5) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและ	แก้ว	"	- 14 วัน ก่อนทำการเตรียม - 40 วัน หลังทำการเตรียม
6) เบนโซ (เอ) ไพรีน	"	"	- 14 วัน ก่อนทำการเตรียม - 40 วัน หลังทำการเตรียม
7) ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์	พลาสติกหรือแก้ว	"	14 วัน ก่อนทำการเตรียม
8) พีซีบี	แก้ว	"	- 14 วัน ก่อนทำการเตรียม - 40 วัน หลังทำการเตรียม
9) ไวนิลคลอไรด์	"	"	14

หมาย : 1 ให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ โดยขนาดของแปลงย่อยขึ้นอยู่กับขนาดของ พื้นที่และสภาพภูมิประเทศ เพื่อให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งหมด

2 จำนวนหลุมเจาะตัวอย่างดินขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ สำหรับพื้นที่ที่มีขนาด 10 – 25ไร่ ให้เจาะตัวอย่างดินประมาณ กระจายทั่วแปลง

3 ให้เจาะตัวอย่างดินในหลุมหนึ่ง ๆ จากผิวดินจนถึงระดับความลึกประมาณ 12 – 18 นิ้ว (30 – 45 เซนติเมตร) โดยแบบคงสภาพ

ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างดินมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพดินเบื้องต้น กรณีจำเป็นต้องมีการพิสูจน์สภาพการฟื้นฟู ให้มีการประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลำดับต่อไป

ธาตุโลหะหนัก (เลือกเพียง 3 ชนิด)

Homework

(ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียม ทองแดง และปรอท)

(20%)

กรุณาเขียนด้วยลายมือ

1) การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม

2) การเกิดปฏิกิริยาเคมีในดิน

3) ปริมาณในดินและพืช

4) การแพร่กระจายและการปนเปื้อน

5) ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

(มนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม)

จากหนังสือมลพิษดินและการจัดการ กำหนดส่งวันพฤหัสบดีที่ 26 เมษายน 2563 ที่ E-mail: saumka@yahoo.com