เอกสารประกอบการสอนวิชา 02036261 (วิทยาศาสตร์ทางดิน)

สิ่งแวดล้อมในดิน

Soil Environment

ผศ.ดร.ศุภชัย อำคา

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน

ภาคปลาย ปีการศึกษา 2562

มลพิษทางดิน (Soil Pollution)

ภาวะการณ์ปนเปื้อนของดินด้วยสารมลพิษ (pollutant) มากเกินขีดจำกัด จนมีอันตรายต่อสุขภาพอนามัย ตลอดจนการเจริญเติบโตของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์

การปนเปื้อนในดิน (Soil Contamination)????

การเกิดมลพิษทางดิน

- เสียโดยกำเนิด เช่น ดินเค็ม ดินเปรี้ยวโดยกำเนิด

- เสียโดยการกระทำของมนุษย์...ดินเสียโดยการปนเปื้อนจากสารกำจัดศัตรูพืช ธาตุพิษ และธาตุโลหะหนัก สารกัมมันตรังสี การกร่อนดิน และรวมถึงดินเกลือและดินเปรี้ยวจากการกระทำของมนุษย์ด้วย

การเกิดมลพิษทางดิน...มนุษย์

- การกร่อนดิน
- สารมลพิษในรูปอินทรียสาร (organic pollutants)
- ธาตุพิษ โลหะหนัก
- ธาตุปุ๋ย (ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยฟอสฟอรัส)
- กิจกรรมการเกษตรกับก๊าซเรือนกระจก เช่น CH_4 และ N_2O

การกร่อนดิน (Soil Erosion)

ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน ทำให้สูญเสียผิวหน้าดินทางกายภาพ ชั้นความลึกของดินเขตรากลดลง มีการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารพืช สารมลพิษทางดิน ทำให้ผลิตภาพดินลดลง

มลพิษจากการก่อนดิน

น้ำ

- มลพิษจากตะกอน
- มลพิษจากธาตุปุ๋ย
- มลพิษจากสารเคมี
- ผลเสียต่อการสาธารณสุขและคุณภาพชีวิต

ลม

- การฟุ้งกระจายของฝุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพายุฝุ่น ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง
- ฝุ่นละอองในอากาศจะเป็นอันตรายต่อตาและระบบการหายใจของคนและสัตว์

ธาตุพิษ (toxic elements)

- ธาตุโลหะหนัก (heavy metals)
- ธาตุอื่นซึ่งเป็นสารมลพิษที่สำคัญในดิน
- ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป
- ธาตุในตารางธาตุที่มีเลขเชิงอะตอม (atomic number) ในช่วง 23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7

Periodic Table of Elements

	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VII			IB	IB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	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
7	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

ธาตุ	เลขเชิงอะตอม	ประโยชน์ใช้สอย	แหล่งปนเปื้อนในดิน
As	**33**	ยา สี สารกำจัดศัตรูพืช แก้ว	สารกำจัดศัตรูพืช พ่นสู่อากาศโดยโรงงานอุตสาหกรรม
Cd	**48**	โลหะผสม สารกันสนิม แบตเตอรี เม็ดสี ยาง พลาสติก electroplating	โรงถลุง สารเจือปนในปุ๋ย sewage sludge
Cu	**29**	เหรียญ ท่อ โลหะผสม ลวดไฟฟ้า สารฆ่ารา	ฝุ่นโรงงาน น้ำทิ้งจากโรงถลุงแร่ สารฆ่ารา
Hg	**80**	สารอุดฟัน ยา สวิตซ์ไฟฟ้า หลอดนีออน เครื่องมือวิทยาศาสตร์ สารฆ่ารา แบตเตอรี สี	สารฆ่ารา ไอปรอท
Pb	**82**	สารตัวเติมในน้ำมัน แบตเตอรี โลหะบัดกรี ฉนวนหุ้มสายเคเบิล ท่อ โรงหล่อตัวพิมพ์	ไอเสียน้ำมัน โรงถลุง ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช
B	**5**	ผงซักฟอก แก้ว ปุ๋ย สารตัวเติมในน้ำมัน	ไอเสียน้ำมัน น้ำชลประทาน
Zn	**30**	โลหะผสม ทองเหลือง สี เครื่องสำอาง	น้ำโสโครก (sewage effluents) ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial waste) ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช
F	**9**	สารทำความเย็น สเปรย์ ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช	ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช
Mn	**25**	แบตเตอรี สารเคมี ปุ๋ย เหล็กผสมแมงกานีส	ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช
Ni	**28**	เหล็กกล้า โลหะผสม สารตัวเติมในน้ำมัน	ปุ๋ย ไอเสียน้ำมัน

สารหนู (As)

- ตัวโลหะสารหนูไม่เป็นพิษต่อมนุษย์
- สารประกอบของสารหนูหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช ซึ่งทำให้ผู้บริโภคถึงตายได้
- สารหนูอยู่เปลือกโลก 2-5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำทะเล 2-5 ppb อาหารจำกัดไม่ให้เกิน 2.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และน้ำดื่มไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร [ค่าของ Food and Drug Administration (FDA) และ Environmental Protection Agency (EPA)]
- ค่าสูงสุดของปริมาณสารหนูที่ยอมให้มีได้ในดินนา คือ 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อสกัดโดย 1 N กรดไฮโดรคลอริก
- โรคไข้ดำ

แคดเมียม (Cd)

- เป็นธาตุที่เป็นพิษมากที่สุด
- เมืองโทยามะ (Toyama Prefecture) ญี่ปุ่น
- อาการของโรคที่พบ คือ รู้สึกเจ็บจากการกดกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูกต้นขา กระดูกสันหลัง และกระดูกซี่โครง เรียกว่าโรค อิไต อิไต (itai-itai byo)
- อาหารสัตว์: ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
- ข้าวกล้อง: ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปรอท (Hg)

- เป็นสารพิษต่อสภาพแวดล้อมที่สำคัญ
- พิษของปรอทในดินต่อพืช มนุษย์ และสัตว์: พบได้น้อยมาก
- รูปของปรอทที่เป็นพิษมากและเกิดพิษได้ในวงกว้าง ได้แก่ ปรอทอินทรีย์: เกิดโรคมินามาตะ (Minamata): Kumamoto Prefecture, JAPAN

ปรอท (Hg)

- อ่าวมินามาตะมีโรงงานบริษัทชิสโซ (Chisso Company) ผลิตไวนิลคลอไรด์ ซึ่งใช้ปรอทคลอไรด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst)
- สารนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบ methyl mercury ในดินก้นทะเล ซึ่งปรอทอินทรีย์
- รูปนี้สามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ โดยสะสมในเนื้อปลาและสัตว์น้ำประเภท shellfish (เช่น หอยนางรม ปู กุ้ง)

ปรอท (Hg)

- ✓ ปรอทอินทรีย์ในสารกำจัดศัตรูพืช
- ✓ สาร methyl mercury (CH_3Hg^+) เป็นสารฆ่าเชื้อรา
- ✓ ปรอทเมททิล มีครึ่งชีวิตเชิงชีวภาพ (biological half-life) ในมนุษย์ประมาณ 72 วัน ขณะที่ปรอทอนินทรีย์มีครึ่งชีวิตแค่ 5 วัน
- ✓ ปรอทเมททิลไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในไขมัน จึงสามารถสะสมในร่างกายได้ง่าย :เนื้อเยื่อประสาท เพราะมีไขมันสูง
- ✓ ปรอทเมททิลมีผลให้การมองเห็นและการได้ยินลดลง ด้วยโทษมหันต์ของปรอทเมททิล ทำให้หลายประเทศออกฎหมายห้ามใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนผสมของปรอทโดยสิ้นเชิง

การจัดการ

- ✓ การจัดการเพื่อลดการปนเปื้อนของธาตุพิษสู่ดินและสภาพแวดล้อม คือ "ควบคุมการใช้และลดการเคลื่อนย้ายไปจากดิน"
- ✓ ควบคุมการใส่ลงไปในดิน
- ✓ ควบคุมวงจรของธาตุพิษในดิน

ควบคุมวงจรของธาตุพิษในดิน

(1) การใส่ปูนในดินเป็นกรด เพราะทำให้ธาตุพิษส่วนใหญ่ละลายได้น้อยลง

(2) ระบายน้ำออกจากดินที่แฉะ เพราะธาตุพิษส่วนใหญ่ละลายได้น้อยในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี หรือดินมีสภาพออกซิเดชัน

(3) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพื่อช่วยในการตกตะกอนธาตุโลหะหนัก ยกเว้นสารหนู เพราะถ้าใช้ปุ๋ยฟอสเฟตมากจะไปไล่ให้สารหนูที่ถูกตรึงไว้ออกมา พืชจึงดูดสารหนูได้มากขึ้น

(4) ปลูกพืชที่มีการเก็บเกี่ยวส่วนที่สะสมธาตุพิษน้อยที่สุด เช่นปลูกพืชไร่มากกว่าพืชผักกินใบ พืชไร่ที่เก็บเกี่ยวส่วนเมล็ดจะมีการสะสมธาตุพิษน้อย หรือปลูกพืชที่ไม่ใช้สำหรับกิน เช่น ฝ้าย หรือพืชเส้นใยอื่น หรือไม้ประดับ

(5) เก็บเกี่ยวในระยะที่พอเหมาะ เช่น พืชอาหารสัตว์ก็ควรเก็บเกี่ยวในระยะแก่พอเหมาะ เมื่อความเข้มข้นของธาตุพิษมีปริมาณต่ำ

การเสื่อมสลายทางชีวภาพ (biodegradation)

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบหลักจนเสียสภาพโมเลกุลเดิมโดยชีวปัจจัย ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น ออกซิเดชัน (oxidation) รีดักชัน (reduction) การแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) หรือ การจับคู่ (conjugation)

ชีวปัจจัยที่สำคัญคือกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้าย่อยสลายกลุ่มสารเคมีที่เป็นหมู่เชิงขั้ว (polar group) ได้แก่ กลุ่มที่มีโครงสร้าง –OH, $-COO^-$, $-NH_2$ และ $-NO_2$

การสลายตัวทางเคมี

- สารบางชนิดจะสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (การแยกสลายด้วยน้ำ) ในสภาพดินเป็นกรด
- โดยเฉพาะบนพื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวซึ่งมีสภาพเป็นกรดมากกว่าในส่วนกรดจริง (active acidity) จึงเอื้อต่อการเกิดไฮโดรไลซิสใน**กลุ่มอินทรีย์ฟอสฟอรัสและกลุ่ม** triazines
- เมื่อเกิดการสลายตัวของสารด้วยจุลินทรีย์หรือแสงแล้ว ปฏิกิริยาออกซิเดชันทางเคมีก็อาจเกิดขึ้นต่อไปได้

การเสื่อมสลายโดยแสง (photodecomposition)

- ✓ แสงช่วยให้เกิดการเสื่อมสลายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
- ✓ รังสีเหนือม่วง (ultraviolet) เป็นสำคัญ พลังงานจากรังสีจะถูกดูดซับโดยโมเลกุลของสาร ทำให้เกิดการกระตุ้นอิเล็กตรอน (electron excitation) จนเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลได้
- ✓ ตัวอย่างเช่น DDT, diquat, triazines และ 2,4,5-T มีการเสื่อมสลายได้โดยแสง

ธาตุปุ๋ย

- ธาตุปุ๋ยที่มีปัญหาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม คือ ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส
- ไนโตรเจนในรูปไนเทรตและฟอสเฟตจากดินปนเปื้อนน้ำและน้ำใต้ดิน
- ทำให้แหล่งน้ำมีธาตุอาหารมาก
- เกิดสภาพยูโทรฟิเคชัน (eutrophication)

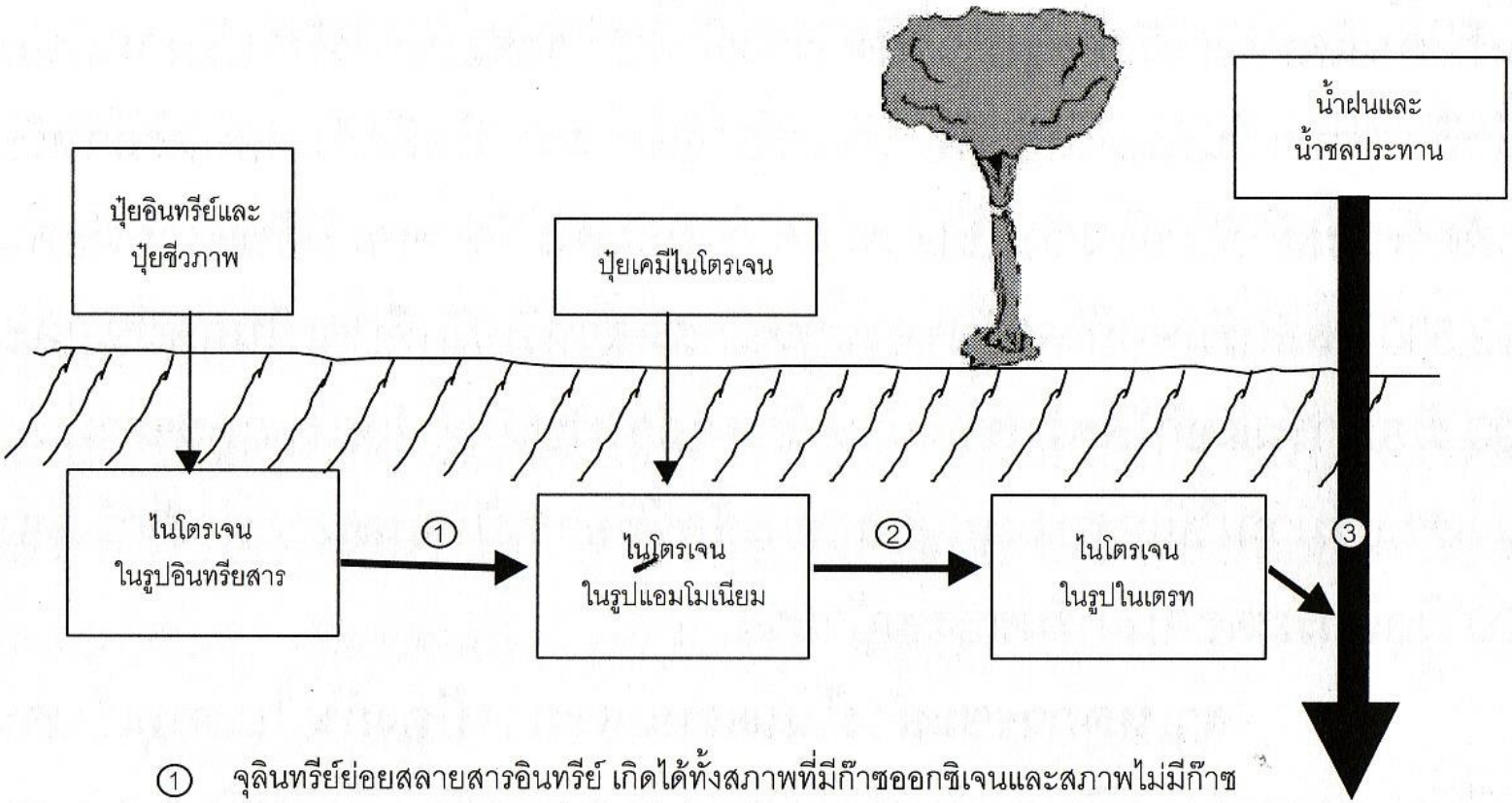
และการชะละลายไนเตรท

การทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลองเน่าเสีย

- ธาตุอาหารพืชลงสู่แหล่งน้ำ (ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส)
- สาหร่ายขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (phytoplankton) และพืชน้ำ
- น้ำขุ่นมากจนแสงผ่านได้ไม่เพียงพอ
- ความต้องการออกซิเจนมากขึ้น
- สาหร่ายและพืชน้ำตาย และเน่าเปื่อย ทำให้น้ำเน่าเสีย

↓

Eutrophication



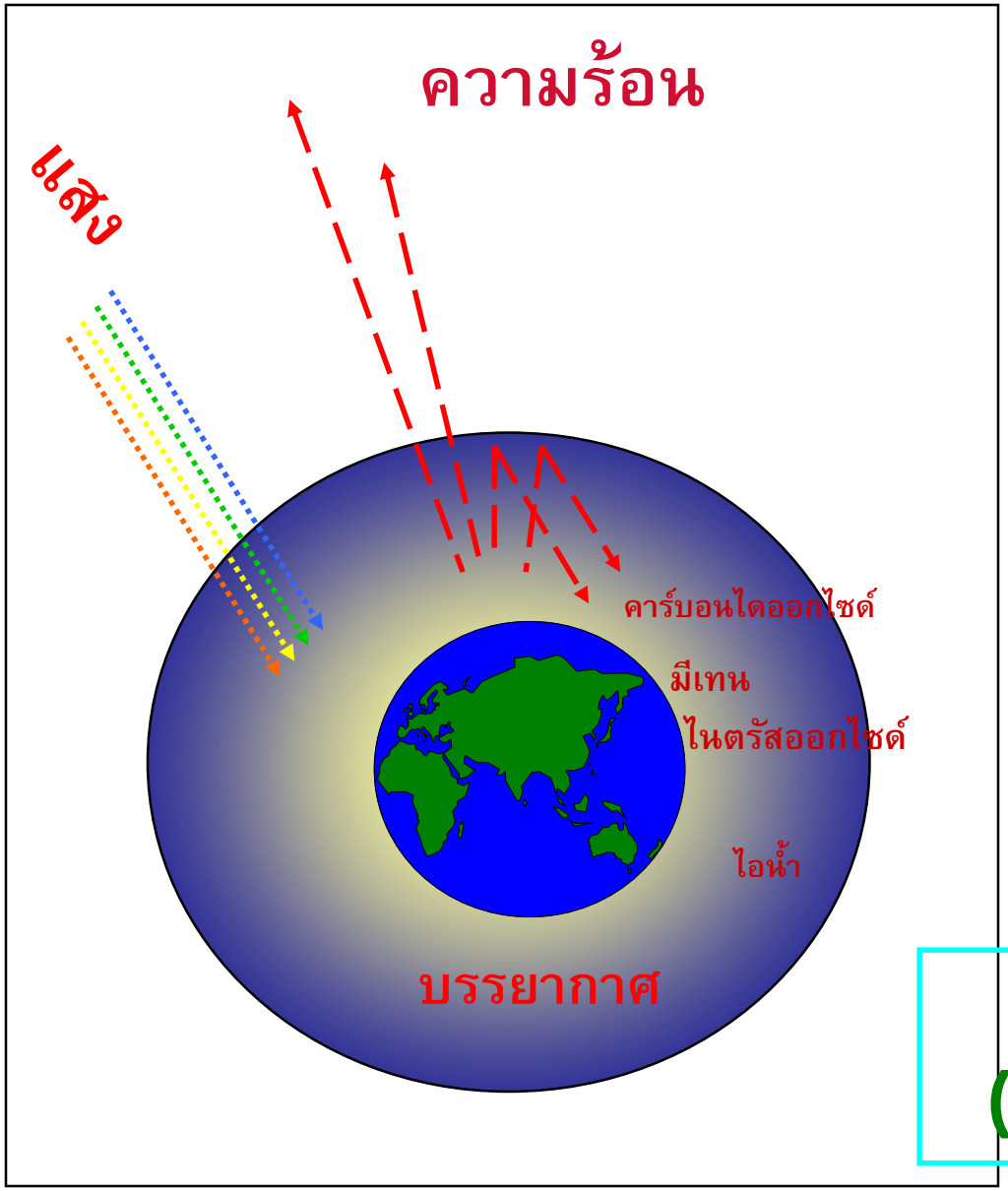
① จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ เกิดได้ทั้งสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและสภาพไม่มีก๊าซออกซิเจน

② กระบวนการเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ เกิดเฉพาะในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนเท่านั้น

③ น้ำที่ซึมผ่านดิน

ที่มา: ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2551)

โลกร้อน



ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้น : CO_2, CH_4, N_2O

↓

Greenhouse effects

(ปรากฏการณ์เรือนกระจก)

↓

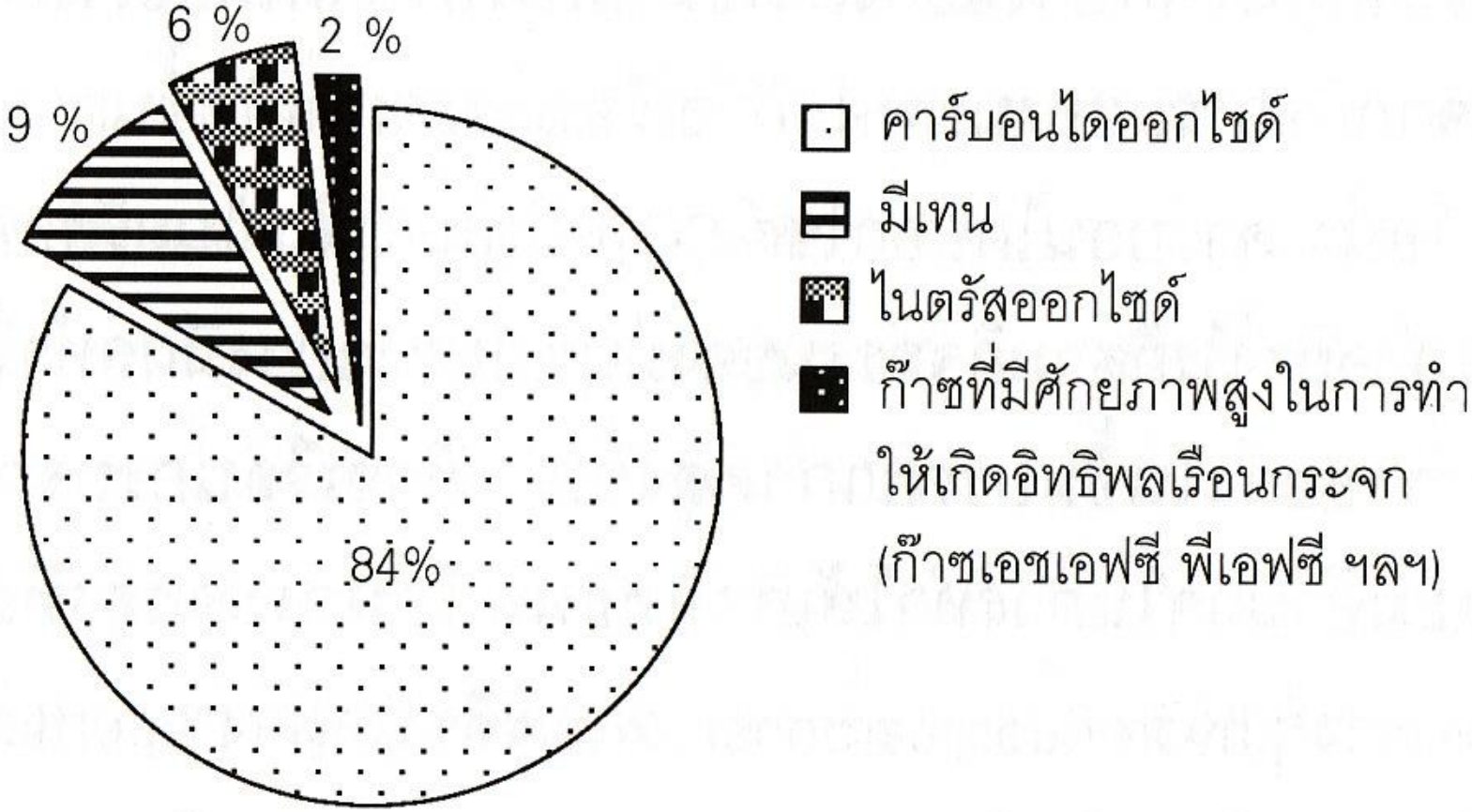
Global warming

(โลกร้อน)

↓

Climate change

(การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ)



ที่มา: ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2551)

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ดินเกิดจากการสลายตัวของอินทรียสารในดินในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจน(aerobic condition)

การหายใจของดิน เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากรากต้นไม้ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในดิน รวมถึงลักษณะดินที่เกิดจากการทับถมของเศษซากต้นไม้ ใบไม้ สารอินทรีย์ในดิน และลักษณะทางปฐพีวิทยาของดิน

สมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_20$$

ก๊าซมีเทน

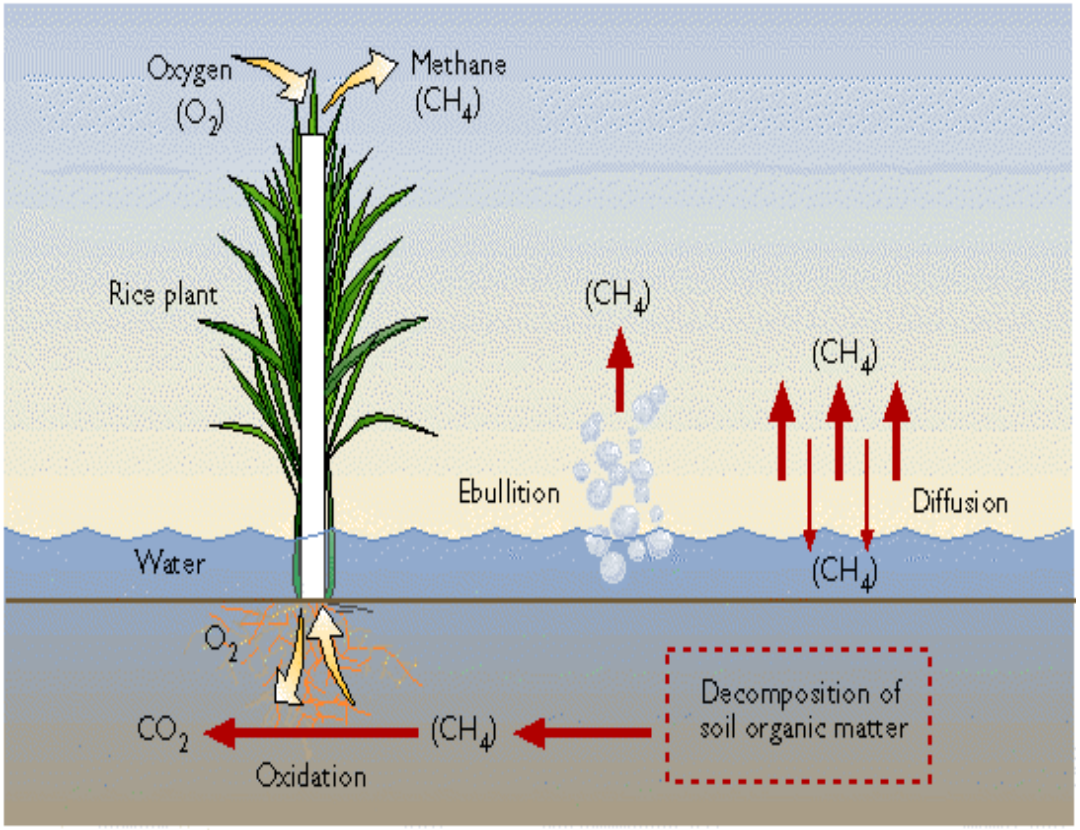
การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่อยู่ในรูปอินทรียสารในดิน โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินภายใต้สภาพที่ขาดก๊าซออกซิเจน (anerobic condition) เช่นสภาพดินในนาที่มีน้ำขังตลอดเวลา (Submerge condition)

Methane emissions from rice fields.

Flooded rice fields generate anaerobic conditions.

Methane production is a microbiological process by strict anaerobic bacteria (methanogens).

Methane transportation can occur via diffusion, ebullition or plant-mediated transport.



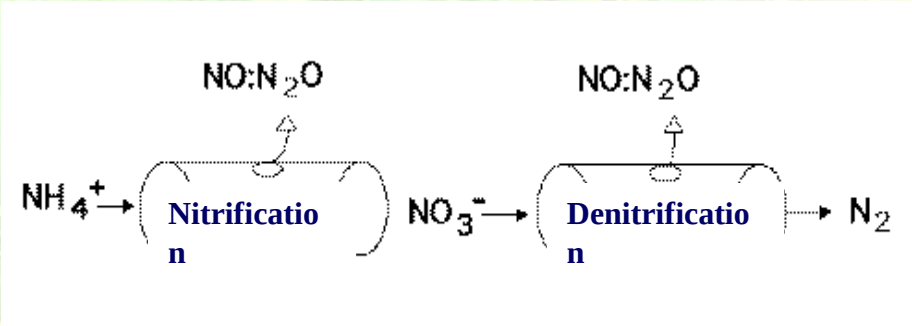
Source: http://www.riceweb.org/reserch/Res.issmethane.htm

การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์

- **Nitrous oxide (N_2O) is a powerful greenhouse gas, about 310 times more effective at trapping heat than CO_2 on a molecule-for-molecule basis.**

- **Agricultural activities and animal production systems are the largest anthropogenic sources of these emissions.**

- **N_2O emissions from agricultural soils occur through the nitrification and denitrification of nitrogen in soils, particularly that from mineral or organic fertilizers.**



- **Emissions are vary dependent on local management practices, fertilizer types, and climatic and soil conditions,**

เทคโนโลยีในการบำบัดสารมลพิษ

1) *Ex situ* Technology เป็นเทคโนโลยีการบำบัดโดยการเคลื่อนย้ายสารมลพิษที่ปนเปื้อนไปบำบัดหรือกำจัดต่อในสถานที่อื่น

2) *In situ* Technology เป็นเทคโนโลยีการบำบัดโดยดำเนินการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในพื้นที่ ไม่มีการเคลื่อนย้ายตัวกลางไปที่อื่น ๆ

วิธีการบำบัดสารมลพิษ

1) วิธีการทางกายภาพ เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยใช้กลไกทางแรงจากตัวนำเช่น นำของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย กลไกทางแรงในที่นี้อาจเป็นแรงโน้มถ่วงของโลก แรงหนีศูนย์กลาง แรงดัก และแรงลอยตัว

2) วิธีการทางเคมี เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยใช้กลไกทางเคมี ทำให้สารมลพิษเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี ซึ่งส่งผลให้สารเคมีที่มีอันตรายเป็นสารที่มีอันตรายลดลงหรือไม่เป็นอันตราย

3) วิธีการทางชีวภาพ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการย่อยสลายทางธรรมชาติโดยกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตได้แก่ จุลินทรีย์ พืช หรือวัสดุชีวภาพในการบำบัดสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม