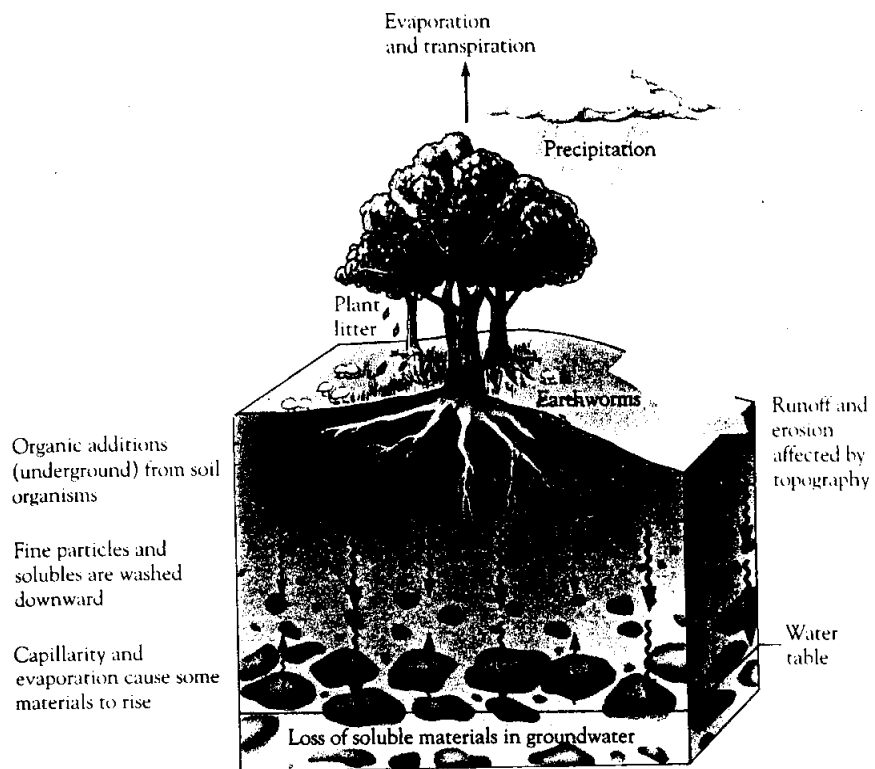


# บทที่ 6 มลพิษในดิน (Soil Pollution)

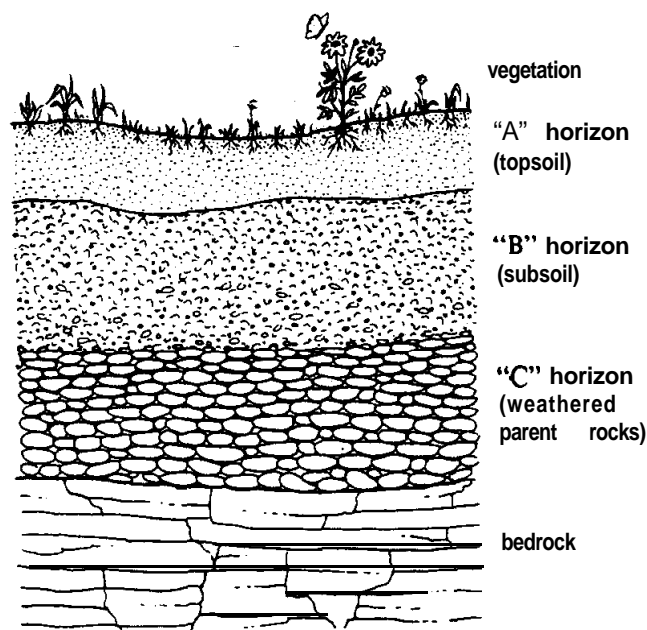
## 6.1. เคมีของดิน

ดินเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากของสิ่งแวดล้อม เป็นตัวกลางให้พืชเกือบทุกชนิดเจริญเติบโต



รูปที่ 6.1 Formation of soil

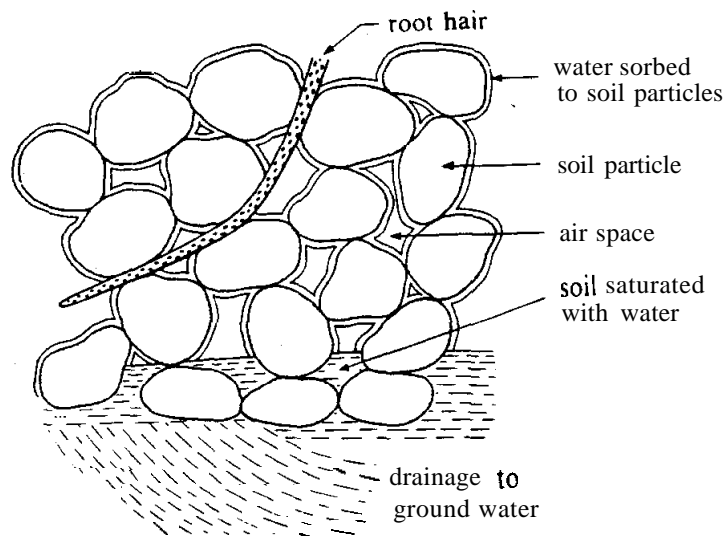
รูปที่ 6.1 ได้อธิบายถึง อากาศ ภูมิประเทศและสิ่งมีชีวิตที่มีอันตรกิริยาต่อกันอย่างไรในการผลิตดิน ดินเป็นของผสมของแร่ธาตุ สารอินทรีย์และน้ำ ส่วนที่เป็นแร่ธาตุมาจากการแตกย่อยสลายของหินโดยกระบวนการต่าง ๆทางธรรมชาติ แร่ธาตุในดินทั่วไปได้แก่อนุภาคเล็กของ quartz ( $\text{SiO}_2$ ), orthoclase ( $\text{KAISiO}_3$ ), albite ( $\text{NaAISiO}_3$ ), epidote ( $4\text{Ca}0.3 (\text{AlFe})_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2.H_2\text{O}$ ), geothite ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) calcium และ magnesium carbonates ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) และออกไซด์ของ manganese และ titanium



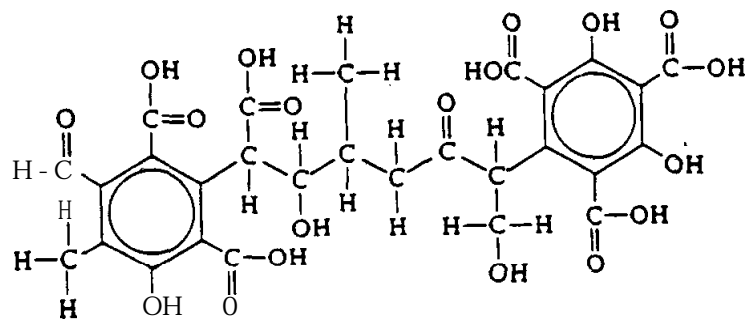
รูปที่ 6.2 แสดงภาพตัดขวางของชั้นของดิน

ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์มาจากพืชต่าง ๆ ในชั้นตอนต่าง ๆ ของการย่อยสลายและมีประมาณ 5% ในดิน (ดูตารางที่ 6.1) ส่วนมากจะเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า “ฮิวมัส” องค์ประกอบหลัก ๆ คือธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนและสลายตัวทางชีวภาพช้า

มาก ๆ โครงสร้างของสารฮิวมิกโดยทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 6.4 สารประกอบฮิวมิกสามารถจับกับไอออนของโลหะได้อย่างแข็งแรงโดยกระบวนการ chelation (รูปที่ 6.5) เนื่องจากมีหมู่ carboxyl และ phenolic hydroxyl จำนวนมาก



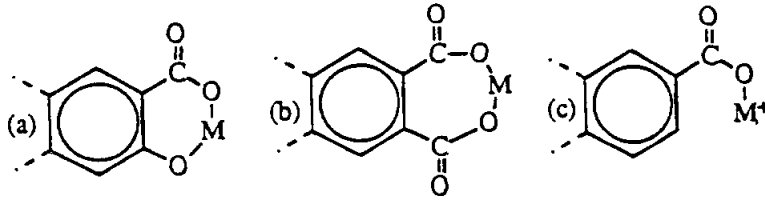
รูปที่ 6.3 โครงสร้างอย่างละเอียดของดิน แสดงถึงของแข็ง น้ำ และอากาศ



รูปที่ 6.4 โครงสร้างของ fulvic acid

## ตารางที่ 6.1 ชนิดของสารอินทรีย์ต่างๆในดิน

ชนิดของสารประกอบ	องค์ประกอบ	ความสำคัญ
Humus	Degradation-resistant residue from plant decay, mainly C, H and O	Most abundant organic component, improves soil physical properties, exchanges nutrients, reservoir of fixed nitrogen
Fats, resins and waxes	Lipids extractable by organic solvent	Generally, only several percent of soil organic matter, may adversely affect soil physical properties by repelling water, may be toxic to plants
Saccharides	Cellulose, starches, hemicellulose, gums	Major food source for soil organisms, help stabilise soil particles
Nitrogen-containing organics	Nitrogen bound to humus, amino acids, amino-sugars, other compounds	Provide nitrogen for soil fertility
Phosphorus compounds	Phosphate esters, inositol phosphates (phytic acid), phospholipids	Sources of plant phosphate



รูปที่ 6.5 การจับของไอออนของโลหะ ( $M^{2+}$ ) โดยสารประกอบฮิวมิก

(a) by chelation between carboxyl and phenolic hydroxyl, (b) by chelation between two carboxyl groups, and (c) by complexation with a carboxyl group

ดินประกอบด้วยน้ำมาก โดยปกติจะอยู่ในช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างอนุภาคของดิน ในส่วนที่เป็นน้ำจะประกอบด้วยแร่ที่ละลายน้ำได้

## 6.2 แหล่งที่มาและธรรมชาติของมลพิษในดิน

### 6.2.1 บทนำ

มลพิษส่วนมากที่ได้อธิบายไปแล้ว เนื่องจากการจับของมลพิษกับอนุภาคของดิน ดินจะทำตัวเสมอเป็น “sink” สำหรับมลพิษส่วนมาก ซึ่งตกลงมาจากอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสารประกอบไม่มีขั้ว เช่น PCBs และ Dioxins ซึ่งไม่ละลายในน้ำ สารประกอบเหล่านี้ส่วนมากจะพบอยู่ในดินและมีความเสถียรมาก และไม่สามารรถจะถูกระบายออกไปได้ง่าย ๆ โดยฝนลงสู่แหล่งน้ำ สารประกอบอื่น ๆ ที่เคลื่อนที่ได้ดี

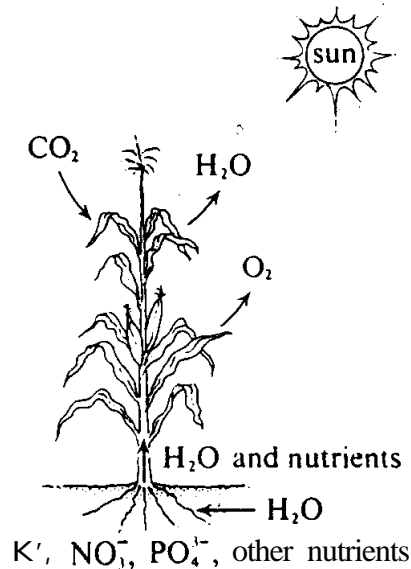
กว่า จะถูกชะล้างออกจากดินลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำใต้ดิน ดังนั้นดินซึ่ง เป็นศูนย์กลางของวิถีทางการเคลื่อนย้ายสำหรับมลพิษบางชนิด และเป็นจุดสุดท้ายของ วิถีทางของมลพิษอื่น ๆ บางตัวอย่างของมลพิษที่พบในดิน

### 6.2.2 ยาปราบศัตรูพืช ( Pesticides)

สารประกอบประเภทนี้อาจจะเป็นมลพิษที่สำคัญที่สุดในดิน เนื่องจากถูกนำไป ใส่ลงในดินโดยตรงหรือให้กับพืชที่ปลูกบนดิน มลพิษในน้ำเนื่องมาจากยาปราบศัตรูพืช ก็เนื่องมาจากการชะล้างเอาสารเหล่านี้จากดิน ทั่วโลกจะมียาปราบศัตรูพืชประมาณ 2.5 ล้านตัน ที่ถูกนำมาใช้ในการเกษตรกรรม ขอบเขตที่ยาปราบศัตรูพืชที่เกิดอันตรกิริยากับ ดิน จะมีผลต่อสมบัติการเคลื่อนที่และการสลายตัว ยาปราบศัตรูพืชอาจจะสลาย โดยกระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพ ปฏิกริยาการสลายตัวทางเคมีรวมถึงการสลายตัว ด้วยน้ำหรือกระบวนการสลายตัวด้วยแสง องค์ประกอบของดิน (เช่น ดินเหนียว) อาจจะมี ส่วนช่วยในการเร่งปฏิกริยาการสลายตัวทางชีวภาพได้มีการสังเกตกับยาปราบศัตรูพืช หลายชนิด โดยมากกระทำโดยแบคทีเรียในส่วนที่มีแอกติวิตีของดิน (เช่น Rhizoshere ) ที่อยู่รอบ ๆ รากของพืช

### 6.2.3 ปุ๋ย (Fertilizers)

ปุ๋ยสำหรับพืชประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปตัสเซียม (K) เป็นองค์ประกอบหลัก จากภาพรวมของมลพิษ ปัญหาหลักที่มาจากสารประกอบเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อมันถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดปรากฏการณ์ eutrophication



รูปที่ 6.6 พืชเคลื่อนย้ายน้ำและสารอาหารจากดิน และรับเอา  $\text{CO}_2$  จากอากาศ และคาย  $\text{O}_2$

### 6.2.4 ออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจน ( $\text{SO}_x$ and $\text{NO}_x$ )

ออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจนตกลงไปในดินจากฝนกรด ในดินแบคทีเรียที่มีอยู่สามารถจะเปลี่ยน  $\text{NO}$  และ  $\text{NO}_2$  เป็นไนเตรท คาร์บอนมอนอกไซด์อาจจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์โดยแบคทีเรียและราในดิน

### 6.2.5 ตะกั่ว ( Lead)

ระดับตะกั่วในดินที่อยู่ใกล้กับถนนที่มีการจราจรหนาแน่นจะสูง ดินยังอาจจะปนเปื้อนด้วยตะกั่วที่มาจากเหมือง และจากการหลอมตะกั่ว ( โดยการตกลงมา )

### 6.2.6 สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ( Volatile Organic Compounds, VOC)

สารประกอบ เช่น เบนซีน ทอลูอิน ไซลีน และคลอโรอัลเคน จัดเป็นมลพิษ โดยทั่วไปในดิน อาจจะมาจากการรั่วไหลจากถังเก็บและยังอาจจะมาจากการฝังกลบในดิน ( รายละเอียดเพิ่มเติมมีในเรื่องการฝังกลบขยะ )

### 6.2.7 Polychlorinated biphenyls (PCBs)

ระดับของ PCBs ในดินในประเทศอังกฤษได้เพิ่มอย่างมากในระหว่างปี 1940-1970 และหลังจากนั้น (จุดจบของการผลิต PCBs) ระดับได้กลับคืนสู่ระดับที่เคยมีในปี 1940 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการระเหย เพราะโดยมากไอโซเมอร์ที่เบาที่จะหายไปก่อน ระดับความเข้มข้นของ PCBs ที่สูงได้พบในเขตอาร์กติก เนื่องมาจากการตกลงมาของสารประกอบเหล่านี้ที่ระเหยมาจากเขตที่อุ่นกว่า



### 6.2.8 Dioxins

ส่วนใหญ่ของ halogenated dioxins และ dibenzofurans (บางที่อาจจะถึง 99%) ในสิ่งแวดล้อมจะถูกพบในดิน ดินทำตัวเสมือนเป็นอ่างของสารประกอบเหล่านี้เนื่องมาจากการจับอย่างแข็งแกร่งกับอนุภาคของดิน และความเสถียรที่สูงของมัน ระดับของ PCDDs และ DFs ในดินตามเขตชนบทมีค่าโดยรวมประมาณ 90 ppt ในช่วง 140 ปีให้หลัง ส่วนระดับในดินในเขตเมืองใหญ่ ๆ จะมีค่าสูงกว่าหลายเท่าตัว

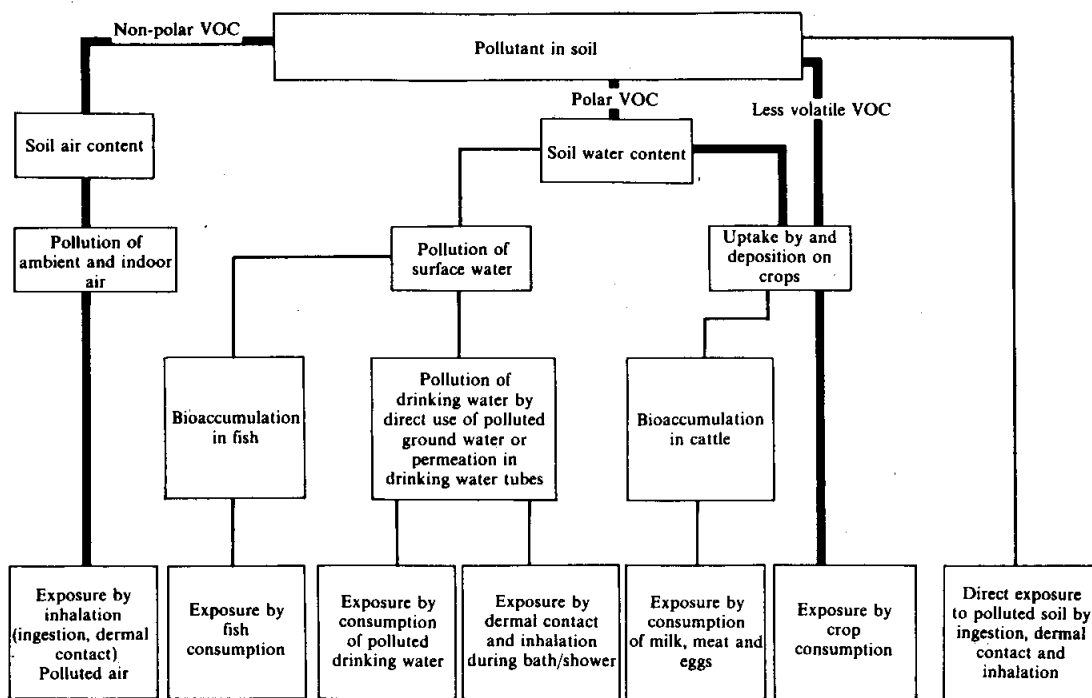
### 6.3 ผลกระทบจากมลพิษในดิน

ผลกระทบโดยตรงจากมลพิษในดินจะไม่รุนแรงเท่ากับมลพิษในอากาศและน้ำ เนื่องจากมนุษย์และสัตว์ปกติจะไม่กินดิน ดังนั้นผลที่ร้ายแรงที่สุดจะเกิดกับพืช การเจริญเติบโตของพืชอาจจะมีผลกระทบจากมลพิษในดิน ปัญหาที่รุนแรงกว่าสำหรับมนุษย์ก็คือ พืชที่ใช้เป็นอาหารเจริญเติบโตมาจากดินอาจดูดซับเอามลพิษ อาหารจะเป็นแหล่งสำคัญของสารเคมีที่เป็นมลพิษหลายชนิดต่อมนุษย์ ปัญหานี้เพิ่มขึ้นโดยผลของการสะสมทางชีวภาพ

รูปที่ 6.7 แสดงแนวทางที่มีศักยภาพของการได้รับมลพิษของมนุษย์ต่อสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (ที่เป็นมลพิษในดิน) สำหรับสารประกอบที่ระเหยได้ง่ายและไม่มีขั้ว การหายใจเอาอากาศที่มีการปนเปื้อนจะเป็นเส้นทางหลักของการรับเอาสารนั้น ยาปราบศัตรูพืชในอาหารได้รับความสนใจมาก ได้มีการรายงานในประเทศอังกฤษว่าหนึ่งในสามของตัวอย่างอาหารทั้งหมดตรวจพบสารตกค้างของยาปราบศัตรูพืช และประมาณ 1% (รวมถึงแครอท, ผักกาด, มันฝรั่ง, ผลไม้รสเปรี้ยว, องุ่น, สตรอเบอร์รี่, ขนุน

ปัง, ปลาและเนื้อ) พบว่ามีระดับเหนือกว่าความปลอดภัย “maximum residue limit “ การปนเปื้อนในแคโรทก่อนข้างรุนแรงและได้มีการแนะนำให้มีการปกเปลือกก่อนกิน เนื่องจากยาปราบศัตรูพืชจะมีความเข้มข้นที่ผิว

มลพิษอื่น ๆ จะเป็นเป้าของการตรวจสอบติดตามอย่างสม่ำเสมอในอาหาร เช่น โลหะหนัก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งตะกั่วและแคดเมียม) และการปนเปื้อนที่เป็นสารอินทรีย์ ในสิ่งแวดล้อม (เช่น PCBs และ dioxins )



รูปที่ 6.7. วิถีทางที่มนุษย์ได้รับมลพิษจากดิน

## คำถามท้ายบท

1. แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในดินคืออะไร
2. เหตุใดมลพิษต่างๆเมื่ออยู่ในดินจึงมีความเสถียรมากกว่าอยู่ในอากาศ
3. ผลกระทบโดยตรงของมลพิษในดินที่มีต่อมนุษย์คืออะไร
4. มลพิษต่างๆที่พบในดิน มีความสัมพันธ์กับมลพิษที่พบในแหล่งอื่นๆหรือไม่ เพราะเหตุใด
5. เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลพิษต่างๆที่พบในอากาศ น้ำ และดิน จากแหล่งใดที่ถูกตรวจพบที่มีความเข้มข้นสูงสุด เพราะเหตุใด

☆☆☆☆☆☆☆☆