

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำบาดาล

แหล่งน้ำในโลก เกิดขึ้นจากวัฏจักรของน้ำ(10) คือ การหมุนเวียนของน้ำในสถานะต่างๆ กล่าวคือ น้ำจากมหาสมุทร และแม่น้ำลากล่อง จะระเหยกลายเป็นไอน้ำรวมตัวกันเป็นก้อนเมฆและกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน ไหลลงบนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ บางส่วนระเหยกลับสู่บรรยากาศ และบางส่วนซึมลงสู่ใต้ดิน ผ่านชั้นดินหรือหินต่างๆ และถูกกักเก็บไว้ในช่องว่างของชั้นหิน กรวด หินทรายกลายเป็นน้ำใต้ดิน(Subsurface Water) น้ำใต้ดินส่วนที่อยู่ระดับบน ซึ่งแทรกอยู่ในชั้นดินระดับที่รากพืชหยั่งถึง จะมีปริมาณชั้นลง ความปริมาณน้ำฝน เรียกว่า น้ำในดิน(Soil Water) ส่วนน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในช่องว่างของชั้นหิน ซึ่งน้ำไม่สามารถซึมผ่านไปได้ เป็นชั้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Zone) เรียกว่า น้ำบาดาล(Groundwater)

น้ำบาดาลในประเทศไทย แบ่งออกตามลักษณะการเกิดและการปรากฏตัวของชั้นหิน ได้ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ (11,12) คือ น้ำบาดาลในชั้นหินร่วน (คือ กรวด หิน ดิน เหนียวและเศษหินที่สะสมตัวกันอยู่ใต้ดิน) น้ำบาดาลลักษณะนี้พบที่ความลึก 150-600 เมตร และให้น้ำในปริมาณมาก ส่วนน้ำบาดาลอีกลักษณะหนึ่งคือ น้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง ซึ่งให้น้ำในปริมาณน้อยกว่า

น้ำบาดาลในลุ่มเจ้าพระยาตอนใต้ซึ่งคลุมพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชัยนาทลงมาถึงอ่าวไทยนั้น แหล่งน้ำบาดาลจะเกิดในชั้นหินร่วนตั้งแต่ความลึก 20-600 เมตร (รูปที่ 2) ส่วนใหญ่ให้น้ำในปริมาณมาก บริเวณที่คาดว่าจะ เป็นบริเวณน้ำไหลเข้าบ่อกันน้ำบาดาล จะอยู่เหนือจังหวัดอ่างทองขึ้นไปจนถึงจังหวัดชัยนาทหรืออุทัยธานี

การไหลของน้ำบาดาล จะไหลจากทางเหนือลงสู่ทางใต้ของอำเภอเวียงชัยและไหลจากบริเวณขอบแอ่งลงสู่ใจกลางแอ่งน้ำบาดาล ผลจากการทำอายุน้ำบาดาล พบว่า อัตราการไหลของน้ำบาดาลจากจังหวัดสิงห์บุรีถึงกรุงเทพมหานคร มีอัตราเร็วประมาณ 4 เซนติเมตรต่อวัน(13)

### สภาพน้ำบาดาลในจังหวัดชัยนาท

แหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดชัยนาท จะอยู่ในบริเวณที่เป็นที่ราบขอบแอ่ง (Low Terrace) ทรายน้ำบาดาลจะพบในชั้นกรวดทรายที่ระดับความลึกไม่เกิน 80 เมตร (รูปที่ 2) บริเวณที่น้ำไหลลงใต้มาน้ำบาดาลในแถบนี้มาจากน้ำฝนโดยตรงและน้ำจากแม่น้ำลาลองและคลองชลประทานต่างๆ

### ส่วนประกอบของดิน(14)

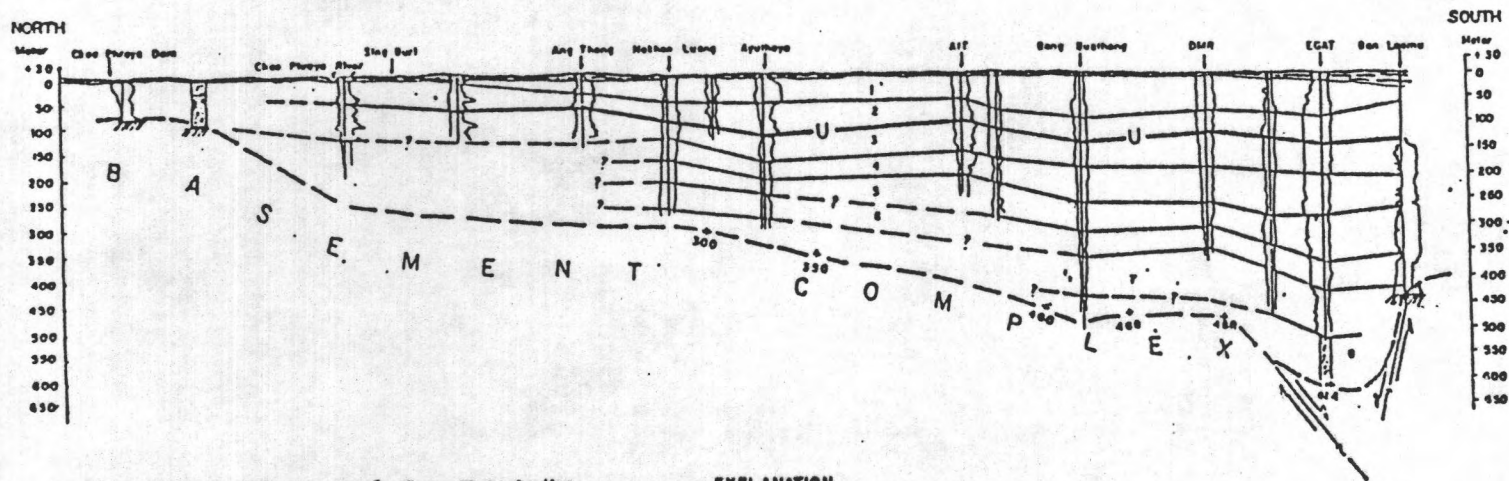
ดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ของเหลวหรือน้ำ ช่องว่างหรืออากาศและอินทรีย์วัตถุ ที่มีขนาดเล็กมาก อยู่รวมคลุกเคล้ากันเป็นเนื้อเดียว ในสภาพที่เรียกว่า ระบบคอลลอยด์ (Colloidal System) ซึ่งทั้งนี้ สมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่สำคัญ แทน ทั้งหมดขึ้นอยู่กับส่วนของดินที่อยู่ในสภาพคอลลอยด์เหล่านี้ สารคอลลอยด์ในดิน มี 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่เป็นอนินทรีย์สารและกลุ่มที่เป็นอินทรีย์สาร

สารคอลลอยด์ที่เป็นอินทรีย์สาร คือ ฮิวมัส เกิดจากซากพืช และสัตว์ที่เน่าเปื่อยลงมาถึงสุดในสภาพสัณฐาน มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง มีประจุลบมาก ทรายประจุลบเกิดจาก  $H^+$  ของหมู่คาร์บอกซิลในริบเลกุล ( $-COOH$ ) ใต้ไอออนที่ออกมาที่พีเอช ระหว่าง 3-8 และถึงแม้ค่าพีเอช จะสูงขึ้น คือ 7-11 ประจุลบก็ยังคงสูงเพิ่มขึ้นไปอีก ทั้งนี้เพราะมาจากการไอออนของ  $H^+$  จาก หมู่ฟีนอกซี ริบเลกุลด้วย

สารคอลลอยด์ที่เป็นอนินทรีย์สาร แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ Silicate Clay และ Hydrated Oxide ของเหล็กและอลูมิเนียม Hydro Oxide นี้มี

HYDROGEOLOGICAL NORTH-SOUTH PROFILE OF THE LOWER CHAO PHRAYA BASIN SHOWING PRINCIPAL AQUIFERS  
 (CORRELATED BY ELECTRIC AND GAMMA-RAY LOGS)

Hor. Scale 1:1,200,000



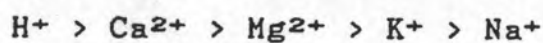
- |                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Bangkok Aquifer       | 5. Sam Khok Aquifer   |
| 2. Phra Pradaeng Aquifer | 6. Phayo Thai Aquifer |
| 3. Nakhon Luang Aquifer  | 7. Thon Buri Aquifer  |
| 4. Nonthaburi Aquifer    | 8. Pak Nam Aquifer    |

EXPLANATION

- |  |   |
|--|---|
|  | Electric log  |
|  | Bangkok clay, soft on top, stiff at bottom.               |
|  | Sand, gravel or sand & gravel with minor clay lenses.     |
|  | Aquifer boundary, forming by hard, thin to this clay bed. |
|  | Depth to bedrock, m, according to airborne survey.        |
|  | Bedrock.  |

รูปที่ 2 แสดงรูปตัดชั้นน้ำบาดาลในลุ่มเจ้าพระยาตอนใต้ (13)

คุณสมบัติในการดูดซับน้ำและแคทไอออนได้น้อย เพราะมีพื้นที่ผิวต่ำ ในขณะที่ Silicate Clay สามารถดูดซับน้ำ และแคทไอออนได้มาก ทั้งนี้เพราะโครงสร้างมีประจุลบบนผิวมาก จึงสามารถดูดแคทไอออนไว้ได้มาก การดูดซับแคทไอออนของคอลลอยด์ จะเป็นจำนวนและสัดส่วนเท่ากับประจุลบที่มีอยู่ แคทไอออนที่ถูกดูดซับบนผิวของคอลลอยด์ เป็นไปอย่างหลวมๆ และสามารถถูกแทนที่ด้วย แคทไอออนชนิดอื่นได้ การแลกเปลี่ยนแคทไอออนจะเป็นแบบสมมูลย์ คือประจุสมมูล ใดๆที่เข้าแคทไอออนหนึ่งๆจะมีจำนวนการไล่ที่แคทไอออนตัวอื่นๆ เรียงตามลำดับมากน้อย ดังนี้คือ



### การเคลื่อนตัวของมลสารในชั้นดิน (15, 16)

น้ำที่ถูกปนเปื้อนด้วยมลสาร เมื่อไหลลงสู่ชั้นดินจะเกิดปรากฏการณ์ 2 แบบคือ

1. มลสารเคลื่อนตัวเข้าสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ในลักษณะของการซึมผ่านไปตามช่องว่างของชั้นกรวดทราย (Seepage) หรือผ่านไปตามรอยแตกของชั้นหิน (Fissure)
2. มลสารบางส่วนจะถูกแยกออกในชั้นดิน ใดๆการดูดซับของสารคอลลอยด์ในดิน (Adsorption) หรือการแลกเปลี่ยนไอออนในดิน (Ion Exchange)

### สาเหตุและที่มาของการปนเปื้อนน้ำใต้ดิน (14, 15)

สาเหตุและที่มาของการปนเปื้อนน้ำใต้ดิน มีหลายสาเหตุดังนี้ คือ

1. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ถือว่าเป็นแหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน เนื่องจากมีปริมาณมาก และมีสารพิษที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดพิษภัยสูง ทั้งอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร ซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำใต้ดิน เสื่อมลงมลสารเหล่านี้ ได้แก่ โลหะหนัก กรด-ด่าง ฟีนอล ไซยาไนด์ เป็นต้น
2. น้ำจากบริเวณที่ทิ้งของเสียประเภทของแข็ง (Solid-Waste Landfill) ซึ่งเกิดจากการชะผ่านชั้นของเสียเหล่านี้ลงสู่ใต้ดิน น้ำที่ผ่านออกมาจะมีปริมาณเกลือแร่ต่างๆสูง เช่น คลอไรด์ สนิมเหล็ก และสารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้ง



ก่อให้เกิดพิษร้ายแรงด้วย เช่น ยาบราบศัตรูพืชต่างๆ สารพิษปิไซยานิก โครเมียม เป็นต้น

3. น้ำจากระบบสุขาภิบาล บ่อเกรอะ และบ่อซึม (Cesspools and Septic Tank) น้ำเสียเกือบทั้งหมดนี้จะปล่อยน้ำที่ซึมผ่านลงสู่ที่ดิน ซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนน้ำใต้ดินมากที่สุด ภัยเฉพาะอย่างยิ่งคือน้ำบ่อซุก ที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภค

4. น้ำจากการเกษตร และการชลประทาน การระบายน้ำจากบริเวณที่มีการทำการเกษตร จะมีสารเคมีพวกปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชปะปนอยู่ ทั้งนี้ก่อให้เกิดการสะสมของเกลือแร่ในดินสูง เช่น คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต นอกจากนี้พิษตกค้างจากยาปราบศัตรูพืชกลุ่ม ออร์แกนคลอรีน และออร์แกนฟอสเฟต มีพิษรุนแรง และถูกทำลายได้ยากในสภาพแวดล้อม เมื่อน้ำฝนชะล้าง จะซึมลงสู่หน้าดิน

5. น้ำทะเลหรือน้ำเค็ม ซึ่งเป็นผลจากการาบน้ำใต้ดินมากเกินไปเป็นเหตุให้ ระดับน้ำในชั้นน้ำลดลง เกิดการไหลของน้ำทะเลเข้าสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้

#### การปนเปื้อนของน้ำใต้ดินจากปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช

สารเคมีทางการเกษตรที่มีบทบาทต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน คือ ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช

#### ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ย เป็นสารอาหารสำหรับพืชที่ได้รับการเติมลงในดิน นอกเหนือจากที่มีอยู่เดิมแล้วในดิน(14) ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้จากธรรมชาติ และปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี ปุ๋ยทั้ง 2 ประเภทมักประกอบด้วยธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับพืชอยู่ 3 ชนิด และดินมักขาดแคลน คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ธาตุทั้ง 3 ตัวนี้ พืชนำไปใช้โดยตรงไม่ได้ ยกเว้นธาตุไนโตรเจนที่พืชตระกูลถั่วนำไปใช้โดยตรงได้ ดังนั้น การนำธาตุอาหารทั้ง 3 นี้ ต้องอาศัยแบคทีเรียที่มีอยู่ในดิน

เปลี่ยนแปลงธาตุเหล่านี้ให้อยู่ในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำ และรากพืชดูดไปใช้ได้

1. สารประกอบไนโตรเจน พบอยู่หลายชนิด คือ ไนเตรต ไนโตรเจน แอมรเมเนีย ไนโตรเจน เป็นต้น

แอมรเมเนียไนโตรเจน มักถูกดูดซับบนอนุภาคดินเกือบทั้งหมด ส่วนไนเตรตไนโตรเจนที่ได้จากกระบวนการ Nitrification จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับแอมรเมเนีย(17) คือถูกดูดซับบนดินน้อย เช่นเดียวกับคลอไรด์ ทั้งนี้ หากมีเหล็กออกไซด์ หรือ อลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณสูงและที่พีเอชต่ำ ไนเตรตจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้ค่อนข้างง่าย

ไนเตรตที่พบในชั้นน้ำใต้ดิน จะพบในคอนบนของรสนอ้อมทั่วด้วยน้ำ และจะพบเบาบางลงในบริเวณคอนล่างของรสน(18) ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวทางแนวตั้ง เป็นไปเล็กน้อย หากแต่ถ้าในชั้นน้ำนั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมากและความหนา ของชั้นน้ำมีค่าไม่มาก การกระจายตัว หรือผสมผสานจะเป็นไปได้ดี

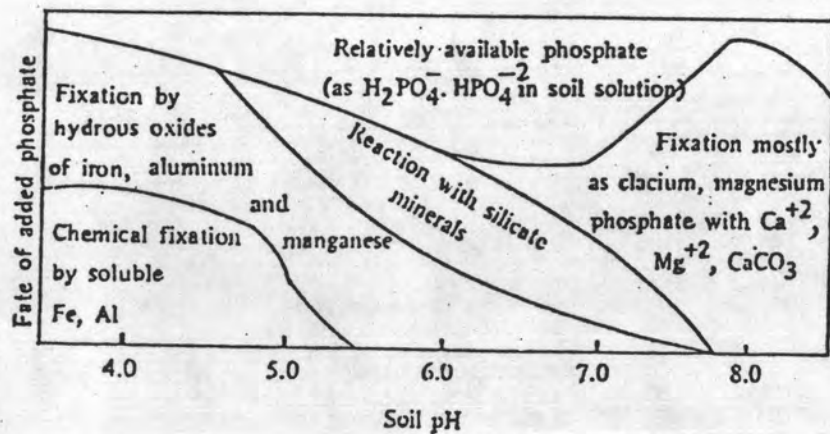
ปริมาณไนเตรตในน้ำพบมากหรือน้อย ขึ้นกับชนิดปริมาณและความถี่ของการใช้ปุ๋ย ชนิดของพืชที่ปลูก ปริมาณสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่เดิม ชนิดของดิน และความชื้น

2. สารประกอบฟอสฟอรัส สารประกอบนี้ส่วนใหญ่จะถูกตรึงอยู่ในดินในรูปของสารประกอบอินทรีย์ของ เหล็กและอลูมิเนียมในสภาพที่เป็นกรด ส่วนในสภาพด่างจะพบในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต การสลายตัวของสารประกอบฟอสฟอรัสทั้งในปุ๋ย และสารอินทรีย์ต่าง ๆ จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และทำให้สารที่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำถูกตรึงอยู่ในดิน ดังนั้นในสภาพปกติสารประกอบฟอสฟอรัสจะไม่พบในน้ำใต้ดิน นอกจากมีการพังทลายของดินหรือดินบริเวณนั้นอ้อมทั่วด้วยฟอสฟอรัสแล้ว หรือมีการปนเปื้อนโดยตรงจากบ่ออากาศเดิมที่มีรอยแตกหรือรั่วซึมจากด้านบน

เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ก็ลงไปดินจำนวนหนึ่ง พืชจะถูกกินปุ๋ยได้เพียงร้อยละ 10-25 ของฟอสเฟตที่ละลายได้ในปุ๋ยเท่านั้น ฟอสเฟตที่ละลายได้

ส่วนที่ขาดหายไประหว่าง 75-90 จะถูกตรึงอยู่ในดินในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ บัญชีของสเปคตรัมมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนประกอบและสภาพของดินนั้น คือขึ้นกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ระดับพีเอชของดิน ปริมาณของอิออนบวกและสารประกอบของ Fe, Al, Mn, Ca, Mg ปริมาณของไฮดรอกไซด์ของ Fe และ Al ปริมาณแร่ดินเหนียวต่างๆ

พีเอชของดินมีผลต่อปริมาณของสเปคตรัมที่ละลายได้ในดิน ภายใต้อิออนของสเปคตรัมที่ละลายได้จะถูกตรึงไปเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าดินนั้นจะมี พีเอชสูงหรือต่ำ เมื่อพีเอชของดินต่ำสเปคตรัมจะถูกตรึงโดยอิออนบวกที่ละลายได้พวก  $Fe^{+2}$ ,  $Al^{+3}$  และไฮดรอกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีส และจะค่อยๆลดปริมาณการตรึงลงเมื่อพีเอชของดินสูงขึ้นจาก 4 เป็น 7 แต่ในเวลาเดียวกันก็จะถูกตรึงโดย  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  และ  $CaCO_3$  เกิดเป็นแคลเซียมสเปคตรัมเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อพีเอชของดินสูงขึ้นจาก 6 เป็น 8 และเมื่อดินที่มีพีเอชระหว่าง 6-7 จะพบสเปคตรัมอยู่ในรูปที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนของการตรึงสเปคตรัมซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับ พีเอช ต่างๆของดิน(14)

3. สารประกอบโปแตสเซียม เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชธาตุหนึ่ง มักพบในดินในรูปของ  $K_2SO_4$  และ  $KCl$  ธาตุนี้จะไม่ผลบนเป็นก้อนน้ำที่กิน ทั้งนี้

เนื่องจากธาตุนี้สามารถถูกดูดซับไว้ที่ตีนนิ้วของคอลลอยด์ และเกิดการแลกเปลี่ยนนิตินก่อนแล้ว (14)

### ยาปราบศัตรูพืช (19, 20, 21)

ยาปราบศัตรูพืช จัดเป็นกลุ่มสารที่มีอันตรายมากที่สุด เพราะเป็นสารที่มีความคงทนในสภาพแวดล้อมมีการย่อยสลายช้ามากในธรรมชาติ และจะก่อให้เกิดพิษภัยต่อร่างกายมนุษย์สูง หากได้รับเข้าสู่ร่างกายในระดับความเข้มข้นหนึ่ง ยาปราบศัตรูพืช แบ่งเป็นหลายกลุ่ม ุคยแต่ละกลุ่มจะมีผลหรืออันตรายที่แตกต่างกันดังนี้

1. กลุ่มออร์กาโนคลอรีน สารประกอบกลุ่มนี้มีพิษรุนแรงทุกตัว เช่น คีคิทีและอนุพันธ์ของคีคิที เช่น คีลคริน เป็นต้น เป็นสารไม่ละลายน้ำมีจุดระเหยต่ำ มีการสลายตัวยาวนานสามารถสะสมในตัวในสิ่งแวดล้อมมาคั้นานและก่อให้เกิดพิษได้มากตลอดเวลา สารกลุ่มนี้ ถูกดูดซึมได้ดีในระบบทางเดินอาหารในร่างกาย มีลักษณะการเกิดพิษคือการเข้าทำลายระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย หากได้รับในปริมาณมากอาจเป็นอัมพาตและถึงแก่ชีวิตได้ อาการพิษเฉียบพลัน อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตด้วยเช่น ภาวะการหายใจล้มเหลวส่วนอาการเรื้อรังจะมีอาเจียน คลื่นไส้ เบื่ออาหาร และเหนื่อยง่าย ทั้งนี้ยาจะสะสมที่ตับและไต ทำให้การทำงานของอวัยวะทั้งสองผิดปกติ

2. กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารกลุ่มนี้มีพิษรุนแรงและเฉียบพลันกว่ากลุ่มแรก แต่มีการสลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้เร็วกว่า สารกลุ่มนี้เป็น Chlorinesterase Inhibitor ทำให้มีการสะสมของ Acetylcholine เกิดการส่งกระแสประสาทต่อเนื่องไม่หยุด มีอาการเกร็งและชักกระตุก อาการต่างๆ มีดังนี้ คือ

2.1 อาการเฉียบพลันต่อกล้ามเนื้อเรียบ หัวใจและต่อมมีต่อ ทำให้เบื่ออาหารคลื่นไส้อาเจียน เหงื่อออก ม่านตาหดตัว กลืนบัสสาวะ อุจจาระไม่อยู่

2.2 อาการทาง Parasympathetic เป็นการสะสมตัวของ



Asetylchlorine มีการชักกระตุ้นของกล้ามเนื้อ หน้า ลิ้น และทั่วร่างกาย

2.3 อาการทางสมอง เนื่องจากสมองถูกทำลาย มีอาการ  
มึนศีรษะ กระสับกระส่าย ชักและหมดสติ

3. กลุ่มคาร์บาเมต สารกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของกรคาร์บาไมค เป็น  
กลุ่มที่มีพิษรุนแรงพอๆ กับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือเป็น Chlorinesterase  
Inhibitor เช่นเดียวกัน อาการเกิดพิษของคาร์บาเมตจะแยกแยะไม่ออกจากกลุ่ม  
ออร์กาโนฟอสเฟต แต่จะแสดงอาการเร็วกว่า เพราะดูดซึมไปทั่วร่างกายได้  
รวดเร็วกว่า

4. กลุ่มอื่น ๆ ยาบราบศัตรูพืชกลุ่มนี้ ได้แก่ กลุ่มยาที่ถูกสังเคราะห์  
ขึ้น ทั้งเลียนแบบและไม่เลียนแบบสารธรรมชาติ เช่นกลุ่มไพริทรอยด์ กลุ่มคลอโรฟี-  
น็อกซี กลุ่มอะมีน กลุ่มไตรอะซีน เป็นต้น สารเหล่านี้ บางตัวมีพิษรุนแรง บางตัว  
ทำลายผนังเซลล์ทั่วร่างกาย บางตัวเป็นสารก่อภูมิแพ้รุนแรง อาการระคายทั่วไปมักคันคัน  
กระวนกระวาย มีอาการชัก อาจมีอัมพาตและการทำงานของหัวใจล้มเหลว

#### พิษของไนเตรคและยาปราบศัตรูพืชต่อมนุษย์

##### ไนเตรค

ได้มีการรายงานครั้งแรกในสหรัฐอเมริกาถึงพิษเฉียบพลันของไนเตรคที่เกิดขึ้น  
เด็กทารกที่คัมมที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปริมาณไนเตรคสูง เป็นส่วนผสม เสีย  
ชีวิตซึ่งในผู้ป่วย 10 ราย ที่ได้รับนมที่ใช้น้ำบ่อที่มีไนเตรคสูงมากกว่า 75 มิลลิกรัมต่อ  
ลิตร เป็นส่วนผสม มีผลทำให้เลือดของผู้ป่วยมีเมธฮีโมโกลบินเพิ่มจากร้อยละ 5 เป็น  
ร้อยละ 50 ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ในบรรดาผู้ป่วยเหล่านี้มีเด็ก 2 คน ที่มีอาการ  
ร้ายแรง เพราะใช้น้ำจากบ่อที่มีไนเตรคสูงถึง 1200-1300 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังร้อย  
ละของเมธฮีโมโกลบินในเลือดสูงถึง 25 และ 44 ตามลำดับ เด็กผู้ป่วย 2 คนนี้เกิด  
อาการตัวเขียวอย่างรวดเร็วมาก และเสียชีวิตก่อนที่แพทย์จะช่วยเหลือทัน ต่อมาก็  
มีรายงานถึงระบาควิทยาของพิษไนเตรคที่เกิดขึ้นกับเด็กและมีผลในลักษณะเดียวกัน  
เช่นที่ มินิโซต้า แคนซัส เซครัสลาวา เกีย อิสราเอล เยอรมันและรัสเซีย ทุกแห่ง

แสดงให้เห็นชัดถึงความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นของปริมาณแวนเทรตาน้ำค้ำกับร้อยละ เมธ-ซีโอมรกลบิน ในเด็กผู้ป่วย(22,23)

### ยาปราบศัตรูพืช

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการศึกษาและสำรวจข้อมูลทางสถิติ เพื่อเป็นแนวทางการวางมาตรการป้องกันและแก้ไขเกี่ยวกับยาปราบศัตรูพืชมานานกว่า 20 ปีแล้ว เช่น

ปีพ.ศ. 2499-2510 ที่มลรัฐฟลอริดา พบว่ามีการตายอันเนื่องมาจากพิษของยาปราบศัตรูพืช 122 รายสาเหตุมาจากการได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งพบได้มากถึงร้อยละ 50 เช่นเดียวกันใน ปีพ.ศ.2507-2510 ที่รัฐฟลอริดา ได้มีการสำรวจพบการป่วยและตาย เนื่องมาจากการได้รับสารออร์กาโนฟอสเฟต และปีพ.ศ. 2494-2512 รัฐคาลิฟอร์เนียพบมีผู้ตายจากพิษของยาปราบศัตรูพืช 163 รายเป็นเด็กมากกว่าครึ่งหนึ่ง สาเหตุมาจากการได้รับสารหนู(20)

องค์การอนามัยโลกได้ประกาศว่า จะมีเหตุการณ์การได้รับสารพิษของประชาชน จำนวน 375,000 เหตุการณ์ต่อปีและประชากรประมาณ 5 แสนคน ต่อปีจะได้รับพิษภัยของยาปราบศัตรูพืช ซึ่งในจำนวนนี้ จะพบว่า 5 พันคนจะเสียชีวิต (ตัวเลขนี้ มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง) (24)

หน่วยงาน EPA แห่งสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มงานการศึกษาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน จากยาปราบศัตรูพืช เมื่อปี พ.ศ.2512

มิถุนายน ปี พ.ศ.2528 ในประเทศบราซิล ประชาชนจำนวนนับร้อย เจ็บป่วยอย่างกระหน่ำ เนื่องจากกากรกินแตงโม ซึ่งยังมีพิษตกค้างของยาฆ่าแมลง(25)

ปีพ.ศ.2529 เมืองรพาล ประเทศอินเดีย ได้เกิดเหตุการณ์การรั่วไหลของยาฆ่าแมลงจากรองงานผลิต ทำให้ประชาชนล้มตายเป็นจำนวนมาก

ในประเทศไทย จากการสำรวจพบว่า สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีบทบาททำให้ป่วยได้สูงสุดคือ อัตราตายสูงถึงร้อยละ 14.9 ส่วนสารกลุ่มคาร์บาเมต จะทำให้มีอัตราการตายร้อยละ 12.0 ส่วนยาปราบวัชพืชกลุ่มต่างๆ ทำให้มีอัตราการตายร้อยละ 42.8

สำหรับสถิติของผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาในโรงพยาบาลของรัฐ(1 แห่ง)ในช่วง พ.ศ.2523 ถึงพ.ศ.2527 พบว่ายาฆ่าแมลง ทำให้เกิดอาการป่วยได้สูงถึงร้อยละ 60 ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทำให้เกิดการป่วยสูงที่สุด และกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีการป่วยต่ำที่สุด ยาที่ทำให้เกิดการป่วยสูงรองลงมาคือ ยาเบื่อหนู ส่วนยาปราบวัชพืช เป็นกลุ่มที่เกิดการป่วยน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและพาราควอตก่อให้เกิดการเสียชีวิตสูงที่สุด(20)

### กลไกการเกิดพิษ

#### ในคน

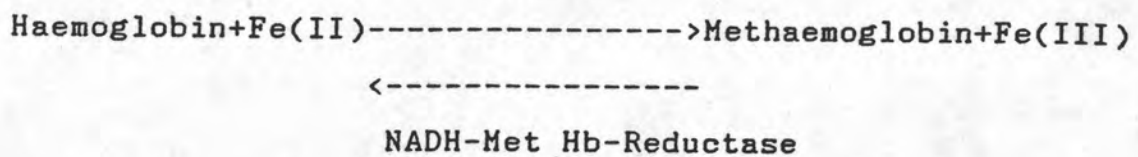
ในคนหรือในคน เมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะถูกดูดซึมผ่านชั้น เมื่อกบผิวของกระเพาะอาหารได้ดี และบางส่วนของในคนจะผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็ก และถูกแบคทีเรียหลายชนิดในลำไส้เปลี่ยนแปลงเป็นไนโตรไซด์ แอมโมเนียและอนุพันธ์อื่นๆ

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ในคนเกิดพิษในคนและสัตว์ เนื่องมาจากการเกิดสารเมธิลเมทิลกลูบิน ในร่างกาย ภายใต้ออกซิเดชันของฮีโมโกลบินในเลือด เหล็ก (II) ในฮีมของฮีโมโกลบิน จะเปลี่ยนเป็นเหล็ก (III) ในเมธิลเมทิลกลูบิน จึงทำให้ปริมาณของฮีมไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ การนำก๊าซออกซิเจนไปสู่เซลล์ลดลง ซึ่งถ้ามีเปอร์เซ็นต์เมธิลเมทิลกลูบินสูง ภาวะการขาดออกซิเจนในเซลล์ของสัตว์ จะยิ่งรุนแรงมากขึ้น

ถ้าปริมาณเมธิลเมทิลกลูบินเพิ่มมากกว่า 20% ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบาย เนื่องจากการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่นอาการ

ตัวเขียว (Cyanosis) อ่อนเพลีย ทาษาจทอบที บวคศรีระ หัวใจเต้นแรง และมี จังหวะเรีวกว่าปกติ เป็นคัน อย่งารกัคตาม ร่งกายจะพหยาบมบร้บระคับฮีรเมรกล- บินาห์สูงช้ัน รคชเบลีษนมาจาก เมธฮีรเมรกลบินน้ันเอง านเลีอกคของพู่าหญ่ จะมีเอีม- าชมชนิคหนึ่ง คีอ NADH-Methaemoglobin Reductase ซึ่งสามารถเบลีษน เมธฮีรเมรกลบินาห์กลับคีนเป็นฮีรเมรกลบินอย่งารเคิม คังน้ี

### Nitrite



ความเป็นพิษของไนเตรค และไนเตรคในร่างกาย ช้ันอยู่กับปริมาณและ การทางานของ NADH-Mmethaemoglobin Reductase านเค็กที่อายู่ออนกว่า 3 เคีอน เม็กเลีอกคแคงช้งามมี NADH-Methaemoglobin Reductase อีกออย่งารหนึ่ง านเค็กคลอกคาคห่ม ฮีรเมรกลบบิน-เอ มีสูงถึง 60-80 % ซึ่งฮีรเมรกลบบิน-เอพ. จะถูก ออกชิแควคช้คัวช้ไนเตรคค้คัคกัว่า และง่ายกว่าฮีรเมรกลบบิน-เอ คังน้ันานเค็กจะเกีค เมธ ฮีรเมรกลบบินมากและมีความเป็นพิษรุนแรงมากกว่าานพู่าหญ่ที่ค้รับานเตรคหรือานเตรค านอ้ตราส่วนค่อน้ำหนักร่างกายเท่ากัน นอกจากน้ีการเพิ่มของปริมาณเมธฮีรเมรกลบบิน จะทาวาห์หัวใจค้องสูบฉ้ค้รลทคมากช้ัน เป็นการชคเซชภาวะการชาคออกชิเจน

พิษเรีอรั้ง ของไนเตรคและไนเตรค เนื่องจากการรับสารพิษน้ีเข้าาบ ทีละน้อยนาน ๆ อาจมีผลทาวาห์เส้นเลีอก Coronary ที่าเปลียงหัวใจมีผนังบางลง แคชชายชนาคาคหญ่ช้ัน มีกลุ่มเซลเกาะกินและเป็นหัวฝ้คบนเนื้อเยื่อหัวใจ หลอกคลม มักชชาย และมีถุงลมร่บ่งพอง บางสภาพ านเตรคช้งสามารถเบลีษนเป็น Nitro- samine ซึ่งเป็น Carcinogen คัวหนึ่งานร่างกายอีคคัวช้ (22)

### ยาปราบศัตรูพืช(20)

#### 1. กลุ่มออร์กาโนคลอรีน



สารประกอบกลุ่มนี้ เข้าสู่ร่างกายได้ทางปากโดยการกิน ทางการหายใจ ส่วนที่ผิวหนัง พบได้น้อยมาก

การออกฤทธิ์จะเกิดที่เส้นประสาท Sensory และเส้นประสาท Motor กับที่ Motor Cortex กลไกทั้งหมดยังไม่ทราบแน่ชัดแต่พบว่าสารกลุ่มนี้ จะไปรบกวน การผ่านของโซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออนที่เมมเบรนของ Axon โดยเฉพาะ ช่องว่างการผ่านออกของโพแทสเซียมไอออนเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Permeability ของเมมเบรนของ Axon

อาการพิษที่เกิดขึ้นจากการกินจะเป็นชนิดเฉียบพลัน อาการจะปรากฏ ภายใน 2-3 ชั่วโมง จะมีอาการอ่อนเพลีย บวคืดระยะ ความคิดสับสน อาเจียน ท้องเดิน ช้ำที่ปาก ลิ้นและใบหน้า มีการกระตุกที่หนังตา ใบหน้าและลำคอ ผู้ป่วย อาจตายด้วยระบบการหายใจล้มเหลว

สำหรับพวกอัลคริน คีลครินและเอ็นครินยังมีพิษรุนแรงต่อไต ทำให้มีอาการ บัสสาวะเป็นเลือดค้ำอาการมักเกิดขึ้นภายหลังกินยา 1 วัน

อาการพิษเรื้อรัง คือน้ำหนักตัวลด เบื่ออาหาร กล้ามเนื้ออ่อนแรงและมี อาการคัน ปริมาณที่ฆ่าตัวตายได้ คือ 500 มก./น้ำหนักร่างกาย 1 กก.

## 2. กลุ่มมอร์แกนพอสเพท

สารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ทางการหายใจและ ทางผิวหนัง

กลไกการออกฤทธิ์ ุคยการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ Chlorinesterase ทั่วร่างกาย มีผลทำให้ Acetylcholine ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ ได้เป็นปกติและเกิดการคั่งขึ้น จึงมีฤทธิ์ทำลายระบบประสาทหรือทำให้เป็นอัมพาตได้

อาการพิษที่รุนแรง ทำให้หมดสติ น้ำลายฟูมปาก อุจจาระบัสสาวะราด กล้ามเนื้อทั่วตัวกระตุก ชัก หายใจลำบาก เยื่อและหลอดหายใจ อาการพิษนี้ ทาง

เภสัชวิทยา แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- 2.1 ฤทธิ์มัสคารินิก ทำให้มีการตีบของหลอดลมและหลัง เสมหะมาก
- 2.2 ฤทธิ์นิโคตินิก ทำให้เกิดเป็นอัมพาตของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ
- 2.3 ฤทธิ์ต่อระบบประสาทกลาง ทำให้ศูนย์ควบคุมการหายใจเป็นอัมพาต

พิษของสารกลุ่มนี้ เป็นพิษเฉียบพลันอย่างเฉียบพลันไม่สะสมเรื้อรัง ขนาดของยาที่ทำให้ตายได้ เฉลี่ยในช่วง 10-300 มก. ค่อน้ำหนักร่างกาย 1 กก. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของยา

ถ้าระดับของเอนไซม์ Chlorinesterase ต่ำกว่าค่าปกติของคน ราว 30-50% อาการจึงจะปรากฏ และหากได้รับยากล่อมประสาท ยานอนหลับและมีการคือสูราร่วมด้วย อาการจะเกิดเร็วขึ้น

### 3. กลุ่มคาร์บาเมต

สารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ทางการหายใจ และทางผิวหนังที่ไม่มีบาดแผล

การออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Chlorinesterase แบบชั่วคราว (Reversible Anti-Chlorinesterase) ระยะเวลาที่ออกฤทธิ์สั้นมาก ขณะเดียวกันมันก็สลายตัวได้รวดเร็ว ทำให้ความเป็นพิษลดลงมาก

อาการพิษไม่รุนแรง จะปรากฏภายหลังการกิน 20 นาที เมื่อกินขนาด 250 มก. ค่อน้ำหนักร่างกาย 1 กก. ความผิดปกติที่เกิดขึ้น เช่นเดียวกับผู้ป่วยที่ได้รับพิษของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ไม่รุนแรง โดยมีอาการปวดท้อง อาเจียน อ่อนเพลีย และเหงื่อออกมากทั่วตัว

### การศึกษาการปนเปื้อนของปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช

ในประเทศไทยยังไม่เคยพบรายงานทางการระบาดวิทยาแต่อย่างใดและถึงแม้ว่าจะมีหน่วยงานที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำใต้ดินหลายหน่วยงาน เช่นกรมทรัพยากรธรณี กรมวิทยาศาสตร์ การประปาส่วนภูมิภาค เป็นต้น แต่การศึกษาการปนเปื้อนจากปุ๋ยนั้นยังไม่ปรากฏเด่นชัดเจน ส่วนในต่างประเทศได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของปุ๋ยในน้ำใต้ดินมานานแล้ว ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของยาปราบศัตรูพืชในน้ำมีเฉพาะที่ศึกษาในแหล่งน้ำผิวดินและในตะกอนดินกันแม่น้ำเท่านั้น คือมีการตรวจสอบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบปริมาณเฉลี่ย 0.133 ไมครกรัมต่อลิตรในเดือนเมษายนและปริมาณ 0.100 ไมครกรัมต่อลิตรในเดือนตุลาคม ส่วนในตะกอนดินสามารถตรวจพบสูงถึง 200-300 เท่าของปริมาณที่ตรวจพบในน้ำ(26) นอกจากนี้ มีรายงานของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ที่ได้คำนวณว่ามีปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่ไหลลงสู่แม่น้ำท่าจีน วันละ 0.3871x10<sup>-6</sup> กก.ต่อไร่และมีปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่ไหลมาจากคอกหมู ลงสู่แม่น้ำวันปริมาณวันละ 0.44 ไมครกรัมต่อตัว(27)

การศึกษาการปนเปื้อนของยาปราบศัตรูพืชในน้ำใต้ดิน ในประเทศไทย ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง จึงขาดข้อมูลทางค้ำนี้อย่างมาก ถึงแม้ว่าในเมืองไทยจะมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภคมากเพียงใดก็ตาม ส่วนในต่างประเทศมีการศึกษาไว้ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการศึกษาการปนเปื้อน ของบุงและยาปราบศัตรูพืชในน้ำใต้ดิน

ปี พ.ศ. ที่ ศึกษา(ค.ศ)	ประเทศที่ศึกษา	ผลของการศึกษา
2500 (1957)	สวีตซ์เซอร์ แลนด์ (28)	เริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของยา ปราบศัตรูพืชในน้ำใต้ดิน โดยตรวจพบครั้งแรก ในน้ำบ่อตื้น
2508 (1965)	อังกฤษ(28)	ตรวจพบ พาราไธออนในน้ำบ่อตื้นในฟาร์ม เลี้ยงแกะ สูง 1.00 ไมโครกรัมต่อลิตร
2513 (1970)	สหราชอาณาจักร (29)	เริ่มมีการตรวจหาปริมาณในเตรคานน้ำบาดาล ของเมือง Yorkshire ตะวันออก โดยพบ ในเตรคานน้ำเพิ่มขึ้น จาก 2.5 มิลลิกรัมต่อ ลิตรในปีพ.ศ.2503(ค.ศ.1960)เป็น 11.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปีพ.ศ.2513(ค.ศ.1970) ทั้งนี้ เป็นผลมาจากกิจกรรมทางการเกษตร ที่มีการใช้บุงในไร่จนมีมากกว่า 20 ปี
2517 (1974)	อังกฤษ(28,30)	ตรวจพบปริมาณในเตรคานน้ำบาดาล มีค่าเพิ่ม ขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมทางการเกษตร นอกจากนี้ยังพบว่า ยาปราบศัตรูพืชกลุ่มฟีนอกซี จะมีการสลายตัวช้าและมักพบในน้ำใต้ดิน ส่วน ยาEndrin และEndosulphane จะพบในน้ำ ผิวดิน มากกว่าน้ำใต้ดิน ทั้งนี้การรั่วซึมจากดิน ยังขึ้นกับปริมาณดินเหนียวและอินทรีย์สารที่มี อยู่ในดิน
2518 (1975)	เยอรมัน ตะวันตก(31)	ตรวจพบในเตรคานน้ำใต้ดินในพื้นที่เพาะปลูก สูง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่พื้นที่ไม่มีการ ทำการเพาะปลูก มีในเตรคตเพียง 2.5 มิลลิ กรัมต่อลิตรเท่านั้น



## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปี พ.ศ. ที่ ศึกษา(ค.ศ)	ประเทศที่ศึกษา	ผลของการศึกษา
2519 (1976)	สหรัฐอเมริกา (32)	ตรวจพบปริมาณไนเตรตในชั้นน้ำบาดาล ครอบคลุมในช่วงบนของชั้นน้ำสูงกว่าช่วงล่างและอัตราการสูบน้ำไปใช้มีผลโดยตรงกับปริมาณไนเตรตในน้ำ
2520 (1977)	อินเดีย(33)	ตรวจพบปริมาณไนเตรตในน้ำสูงสาเหตุมาจากการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์และปริมาณไนเตรตลดลงตามความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน
2521 (1987)	สหรัฐอเมริกา (34)	มีการศึกษาการเพิ่มของไนเตรตในน้ำใต้ดินในมลรัฐเนบราสกา ซึ่งพบว่ามาจากการรั่วซึมไนโตรเจนนอกจากนี้ คินที่มีการระบายน้ำเลวมีผลให้การเพิ่มของไนเตรตในน้ำใต้ดินมีค่าต่ำ
2522 (1979)	สหรัฐอเมริกา (35)	มีการตรวจสอบสาร DBCP บนเขื่อนในน้ำสูงถึง 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ครอบคลุมในบ่อตัวอย่างมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งคินในบริเวณดังกล่าวเป็นคินทรายและมีการรั่วซึมมานาน 20 ปี
2522-2523 (1979- 1980)	สหรัฐอเมริกา (36)	มีการตรวจพบ ฆาปนราบศัตรูพืชในมลรัฐฮาวาย ครอบคลุมสาร DBCP, Aldicarb, Alachlor, Carbofuran และ 1-2 dichloropropane ในน้ำใต้ดิน ทั้งนี้เพราะคินเป็นคินทรายและระดับน้ำบาดาลปราศจากความคั้นนั้น อยู่ใกล้ผิวน้ำคินมาก
2523 (1980)	สหราชอาณาจักร (37)	มีการตรวจพบว่า ปริมาณไนเตรตในคินลดลง เป็นผลมาจากการถูกชะล้างลงสู่เบื้องล่าง

## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปี พ.ศ. ที่ ศึกษา(ค.ศ)	ประเทศที่ศึกษา	ผลของการศึกษา
2523 (1980)	สหรัฐอเมริกา (38)	วิจัยในฤดูใบไม้ร่วง การชะล้างจะมีมากกว่า ฤดูอื่น ๆ ซึ่งทำให้ปริมาณไนเตรด ในน้ำใต้ดิน เพิ่มขึ้น
2524 (1981)	บอร์แลนด์(29)	มีการใช้วิธีการทางนิเวศลิษฐ์ในการศึกษาการ จับเกาะของยาปราบศัตรูพืชกลุ่มต่างๆ ในดิน และพบว่า สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจะจับกับ อนุภาคดินได้น้อยกว่ากลุ่มอะนิลีนและกลุ่มพีนอล ซึ่งหึ่งนี้ทำให้สามารถรั้วซึมสู่น้ำใต้ดินได้ดีกว่า
2524-2525 (1981- 1982)	แคนาดา (39,40)	มีการตรวจพบไนเตรดในน้ำใต้ดินเพิ่มเนื่องมา จาก กิจกรรมทางการเกษตรและการรั้วซึม ของระบบสุขาภิบาล
2525 (1982)	สหรัฐอเมริกา (36)	หน่วยการ EPA ศึกษาในมลรัฐนิวเจอร์ซีย์พบสาร Aldicarb ในน้ำใต้ดิน ซึ่งระดับความลึก มากกว่า 1 เมตร วิจัยดินบริเวณดังกล่าวเป็น ดินทราย
2524-2526 (1981- 1982)	สวีเดน(41)	มีการติดตามการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณไน- เตรดในน้ำบาดาลทุกเดือน วิจัยพบว่าไนเตรด ค่อนข้างต่ำและมีค่าคงที่และการรั้วซึมอย่าง สม่ำเสมอ เป็นผลให้การ เกิดมลภาวะของน้ำ ใต้ดินมีมากขึ้น

## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปี พ.ศ. ที่ ศึกษา(ค.ศ)	ประเทศที่ศึกษา	ผลของการศึกษา
2526 (1983)	ไออร์แลนด์(42)	ตรวจพบว่าประมาณร้อยละ 10 ของบุงที่ใส่ลงในดินจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินและในฤดูหนาวการชะล้างจะเกิดค่อนข้างสูงกว่าฤดูอื่นว่า
2527 (1984)	แคนาดา(43)	พบว่า กิจกรรมทางการเกษตรสูง จะมีผลทำให้ปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินสูงตามไปด้วย
2527 (1984)	สหรัฐอเมริกา (44)	มีการศึกษาในมลรัฐคาราแวร์ตี้ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่เกษตรกรรม ทาไร่ข้าวโพคและในบริเวณป่า กระทบไนเตรตในน้ำใต้ดิน ในไร่ข้าวโพคมีค่าสูงกว่า 45 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในพื้นที่ป่ามีค่าไนเตรคเพียง 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สาเหตุมาจากระบบสุขาภิบาลและบุงที่ไร่
2529 (1986)	เคนมาร์ก(45)	ตรวจพบสารอะทราซีนในน้ำใต้ดินในไร่ข้าวโพคซึ่งดินเป็นดินทราย และระดับน้ำบาดาลอยู่ใกล้ผิวดินมาก
2529 (1986)	สหรัฐอเมริกา (46)	ในมลรัฐนิวเจอร์ค ตรวจพบ Aldicarb เป็นพันธุ์ในบริเวณที่มีการเพาะปลูกพืชและพบว่าในฤดูแล้งและฤดูใบไม้ร่วง จะตรวจพบสารในปริมาณสูง

เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (Maximum Allowable)

ไนเตรต ฟอสฟอรัสและโบแทสเซียม

ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์อนุโลมสูงสุดของไนเตรต ฟอสเฟตและโบแทสเซียมในน้ำ  
ประเภทต่าง ๆ (48, 49)

หน่วยงาน	ประเภทของน้ำ	ไนเตรต ( มิลลิกรัม ต่อลิตรใน รูปไนเตรต)	ไนเตรต ( มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ฟอสเฟต ( มิลลิกรัม ต่อลิตร)	โบแทสเซียม + โบแทสเซียม ( มิลลิกรัมต่อ ลิตร )
องค์การ อนามัยโลก (พศ. 2504)	น้ำดื่ม	50	-	-	-
Public Health Service, USA.	น้ำประปา	10	0	-	-
	น้ำดิบเพื่อการ สันทานการ	<44	-	<10	-
	อุปโภคบริโภค น้ำดื่มเพื่อการ ประปา	<10	-	-	-
	น้ำผิวกินน้ำดื่ม หอยหาคความเย็น	<30	-	<45	-
	น้ำผิวกินน้ำดื่ม หม้อน้ำ	-	-	<50	-
	ผลิตปิโตรเลียม	-	-	-	230



## ตารางที่ 4 (ต่อ)

หน่วยงาน	ประเภทของน้ำ	ไนเตรต ( มิลลิกรัม ต่อลิตรใน รูปไนเตรค)	ไนเตรค ( มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ฟอสเฟต ( มิลลิกรัม ต่อลิตร)	โซเดียม + โพแทสเซียม ( มิลลิกรัมต่อ ลิตร )
กระทรวง อุตสาหกรรม ประกาศ ฉบับที่ 4 (พศ. 2521)	น้ำบาดาลเพื่อการ บริโภค	45	-	-	-
กระทรวง สาธารณสุข ประกาศ ฉบับที่ 6 (พศ. 2524)	น้ำบริโภค	* 10	-	-	-
กระทรวง สาธารณสุข ประกาศ ฉบับที่ 78 (พศ. 2527)	น้ำแข็ง	* 4	-	-	-
องค์การ อนามัยโลก (คศ. 1984)	น้ำดื่ม	* <4	-	-	-

\* มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปไนเตรเจน

### ยาปราบศัตรูพืช

หน่วยงาน ป้องกันสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency, EPA) ได้ประกาศเมื่อปี พ.ศ. 2517 ว่าห้ามมีปริมาณ Pesticide ในน้ำคึมน้ำาใช้เลขแต่มีค่าที่สามารถยอมรับได้คือ 0.001-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร(48) ส่วนน้ำผิวดินที่จะใช้ทาน้ำคึมน้ำาใช้ ามีมี Pesticide น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร(47) ปริมาณยาปราบศัตรูพืชกลุ่มต่างๆที่กำหนดไว้ได้จากแนกออกตามประเภทของน้ำ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงมาตรฐานต่างๆของยาปราบศัตรูพืชในแหล่งน้ำแต่ละประเภทตาม มาตรฐานน้ำดื่มของหน่วยงานEPA สหรัฐอเมริกา(47) น้ำดื่มในประเทศไทย(48) และน้ำผิวดินของสหรัฐอเมริกา(47)และมาตรฐานน้ำใช้ของหน่วยงาน EPA สหรัฐอเมริกา(49)

ชนิดของยา ปราบศัตรูพืช	มาตรฐานน้ำดื่ม ของหน่วยงาน EPA สหรัฐ อเมริกา(a) (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	มาตรฐานน้ำดื่ม ในประเทศไทย (b) (ไมโครกรัม ต่อลิตร)	มาตรฐานน้ำ ผิวดินสหรัฐ อเมริกา(c) (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	มาตรฐานน้ำ ใช้ของหน่วย งานEPAสหรัฐ อเมริกา(d) (มิลลิกรัม ต่อลิตร)
Organophos- phate+car- bamate	-	-	0.1	0.1
Aldrin	-	0.1	0.017	-
Chlordane	0.003	-	0.003	-
DDT	-	1.0	0.042	-
Dieldrin	-	0.1	0.017	-
Endrin	0.0002	none	0.001	0.001
Heptachlor	0.0001	0.1	0.018	-

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชนิดของยา ปราบศัตรูพืช	มาตรฐานน้ำดื่ม ของหน่วยงาน EPA สหรัฐ อเมริกา(a) (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	มาตรฐานน้ำดื่ม ในประเทศไทย (b) (ไมโครกรัม ต่อลิตร)	มาตรฐานน้ำ ดื่มในสหรัฐ อเมริกา(c) (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	มาตรฐานน้ำ ดื่มของหน่วย งานEPAสหรัฐ อเมริกา(d) (มิลลิกรัม ต่อลิตร)
Heptachlor epoxide	0.0001	0.2	0.018	-
Lindane	0.004	-	0.056	0.6
Methoxy- chlore	0.100	-	0.035	-
Toxaphene	0.005	-	0.005	-
2, 4-D	0.1	-	0.1	<0.05
2, 4, 5-TP	0.01	-	0.1	-
$\alpha$ -BHC	-	0.02	-	-

(a) = Approval Limit for Health

(b) = Maximum Allowable

(c) = Permissible Criteria

(d) = Maximum Acceptable