

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลัง

ลักษณะพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อเรียกทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือทาปิโอกา (Tapioca) ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า ยูคา (Yuca) ภาษาโปรตุเกสในประเทศบราซิล เรียกว่า แมนดิโอกา (Mandioca) แถบประเทศในทวีปแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า แมนนิออก (Manioc) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า แมนนิฮอท เอสคูเลินตา แครนทซ์ (*Manihot esculenta* Crantz)

การจัดลำดับทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง มีดังนี้

วงศ์ (Family) Euphorbiaceae (ซึ่งรวมถึงยางพาราและละหุ่ง)

สกุล (Genus) *Manihot*

ชนิด (Species) *Esculenta*

ลำต้นมีลักษณะคล้ายข้อ เพราะจากก้านใบซึ่งแกว่งหล่นไป สีของลำต้นบริเวณใกล้ยอดจะมีสีเขียว ส่วนที่ต่ำลงมาจะมีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์เช่น สีเงิน สีเหลือง สีนํ้าตาล ใบมีก้านใบยาวติดกับลำต้น แผ่นใบเว้าเป็นแฉกมี 3-9 แฉก มันสำปะหลังมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน แต่อยู่แยกคนละดอก ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กอยู่บริเวณส่วนปลายของช่อดอก ส่วนดอกตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่าอยู่บริเวณส่วนโคนของช่อดอก ดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ประมาณ 1 อาทิตย์ การผสมเกสรจึงเป็นการผสมข้ามระหว่างต้น

หลังจากปลูกแล้วประมาณ 2 เดือนรากจะเริ่มสะสมแป้งและมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ เรียกว่า หัว จำนวนหัว รูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก แตกต่างกันไปตามพันธุ์ พันธุ์พื้นเมืองที่ใช้ปลูกในประเทศไทย เมื่ออายุประมาณ 1 ปี ยาวประมาณ 27.7-43.3 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 4.6-7.8 เซนติเมตร ใต้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี และมันสำปะหลังมีอายุมากกว่า 1 ปี บางพันธุ์อาจให้หัวหนักหลายสิบกิโลกรัม ส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังมีกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ประกอบอยู่ด้วย ใบและเปลือกมีสารนี้มากกว่าเนื้อสด และพันธุ์ต่าง ๆ ก็มีปริมาณสารนี้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเวลาจะใช้เป็นอาหาร ควรใช้พันธุ์ห่านาที่เพราะมีกรดไฮโดรไซยานิกต่ำกว่า และก่อนจะบริโภคควรจะนำมันสำปะหลังมาปอกเปลือก หั่น แฉก แช่ในน้ำ ต้ม ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะลดลงจนถึงปริมาณซึ่งร่างกายมนุษย์สามารถเปลี่ยนกรดไฮโดรไซยานิกนี้เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นอันตรายได้ หัวมันสำปะหลังสดส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ 60-80 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 20-40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ที่ดี (สุจิตรา กลิ่นเกสร, (บก.), 2523)

แหล่งปลูก

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทราย และมีการระบายน้ำดี มีความเป็นกรดต่างระหว่าง 4.5-8.0 มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตช่วง 25-37 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200-1,500 มิลลิเมตรต่อปี สภาพพื้นที่ปลูกราบสม่ำเสมอ ไม่เป็นที่ลุ่มหรือน้ำท่วมขัง มีความลาดเอียงไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และใกล้แหล่งรับซื้อผลผลิตโรงงานแป้งหรือลานมัน

ฤดูกาลปลูก

เกษตรกรสามารถเลือกช่วงเวลาเริ่มต้นของการปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งได้ 2 ช่วงดังนี้

ปลูกปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน - มกราคม

ปลูกต้นฤดูฝน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน

การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน จะมีความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำกว่าการปลูกในช่วงฤดูฝน เนื่องจากการปลูกในฤดูฝนมันสำปะหลังจะติดแล้งในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้นการปลูกในช่วงฤดูฝนจึงควรปลูกในพื้นที่ดินเป็นทรายจัดดินร่วนปนทราย ไม่ควรปลูกในพื้นที่ดินค่อนข้างเหนียว ซึ่งเมื่อกระทบแล้ง มันสำปะหลังจะตายมาก

การเตรียมดิน

เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังควรเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุยและทำลายวัชพืชให้พืชให้หมดสิ้น เนื่องจากการเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุย มีผลทำให้มันสำปะหลังที่ปลูกสัมผัสกับดินมากที่สุด เมื่อออกเป็นต้นอ่อนแล้วสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีวัชพืชขึ้นน้อย การไถด้วยผาน 3 ครั้งแรก และตามด้วยผาน 7 เป็นวิธีการที่เหมาะสม ไถพรวนภายหลังฝนตกแล้ว 2-3 วัน เพื่อจัดเก็บความชื้นไว้ในดิน เมื่อจะทำปลูกมันสำปะหลังโดยวิธีซึ่งเชือกจึงไถแปรดินด้วยจานพรวนหรือผาน 7 อีกครั้งหนึ่ง มันสำปะหลังจะงอกและสามารถเจริญเติบโตข้ามฤดูแล้งโดยอาศัยความชื้นในดินที่มีอยู่

การเตรียมท่อนพันธุ์

ใช้ท่อนพันธุ์มันที่สด อายุ 8-12 เดือน ตัดทิ้งไว้นานไม่เกิน 15 วัน ตัดท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร สำหรับปลูกในฤดูฝน และความยาว 25 เซนติเมตร สำหรับปลูกในช่วงฤดูฝน มีตาไม่น้อยกว่า 5 ตาต่อท่อนพันธุ์ ท่อนพันธุ์จากลำต้นจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าท่อนพันธุ์จากกิ่งพันธุ์ ต้นพันธุ์ใหม่ สด ไม่บอบช้ำ ไม่มีโรคมาทำลาย

ระยะปลูกและวิธีปลูก

การปลูกมันสำปะหลังสามารถกระทำได้โดยการใช้ระยะปลูกให้เหมาะสมกับชนิดของพันธุ์ที่ใช้ และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระยะมาตรฐานที่แนะนำกับมันสำปะหลังทุกพันธุ์และทุกสภาพดินคือ 1.0 x 1.0 เมตร อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มหรือลดระยะปลูกได้ ถ้าดินมีความอุดม

สมบูรณ์สูงควรใช้ระยะ 1.0×1.20 หรือ 1.20×1.20 เมตร เพื่อป้องกันการเหี่ยวใบเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าลงหัว ในทางตรงข้ามถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายจัด ควรใช้ระยะปลูกถี่ขึ้น 1.0×0.8 เมตรหรือ 0.8×0.8 หรือ 0.6×0.6 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้มันสำปะหลังคลุมพื้นที่ได้เร็ว ลดปัญหาวัชพืช เป็นที่น่าสังเกตว่าการปลูกถี่ทำให้จำนวนต้นต่อไร่สูงขึ้น จำนวนหัวต่อไร่ก็เพิ่มมากขึ้นแต่หัวมันสำปะหลังมีขนาดเล็กลง ในเรื่องของการจัดระยะปลูกจะมีคำกล่าวที่ว่า “ดินเลวปลูกถี่ ดินดีปลูกห่าง” เกษตรกรจึงควรจัดระยะปลูกให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง

การกำจัดวัชพืช

วัชพืชหรือ “ร่น” เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงตลอดฤดู การกำจัดวัชพืชในมันสำปะหลังเป็นสิ่งจำเป็น จึงทำให้ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการปลูกและดูแลรักษาเกิดจากการป้องกันกำจัดวัชพืช โดยเฉพาะในระยะ 1-4 เดือนแรกของการปลูก ต้องหมั่นตรวจแปลงปลูก ทุก 15 วัน เพื่อแก้ปัญหวัชพืชโดยใช้หลักป้องกันไว้ก่อน การปล่อยให้วัชพืชแข็งแรงเจริญเติบโตจนกระทั่งออกดอกจะกำจัดทำลายยากและยึดเยื้อ ใช้ต้นทุนสูง ทำให้มันสำปะหลังแคระแกร็นผลผลิตต่ำ มีรายงานว่าการปล่อยให้วัชพืชขึ้นแข่งกับมันสำปะหลังกับมันสำปะหลังโดยไม่มีการกำจัดเลยจะทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 20-50 เปอร์เซ็นต์ ในการปลูกมันสำปะหลังมีการใช้สารกำจัดวัชพืชมาก โดยเฉพาะพาราควอต (กรัมม็อกโซน) และไกลโฟเสท การกำจัดวัชพืชควรทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือช่วงที่มันสำปะหลังมีอายุประมาณ 30 วัน และประมาณ 60 วัน และควรมีการกำจัดวัชพืชเพิ่มเติมหากยังมีวัชพืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนี้อาจมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช โดยการกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ภายหลังจากการไถจอบ ให้ใช้สารเคมีพาราควอตฉีดพ่นในอัตรา 90 ซีซี ต่อน้ำ 1 ถัง (17 ลิตร) โดยผสมสารจับใบโดยการฉีดให้ระบวงอย่าให้ถูกต้นมันสำปะหลัง เพราะสารพาราควอตจะทำให้ต้นเสียหายจนถึงตายได้ จึงควรฉีดต่ำๆ เริ่มฉีดเมื่อมันสำปะหลังมีอายุประมาณ 2 เดือน และฉีดพ่นสารเคมีไกลโฟเสท ชนิด 48 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 70-80 ซีซี. ต่อน้ำ 1 ถัง ฉีดอีกครั้งหนึ่งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน ความเหมาะสมในการกำจัดวัชพืชในแปลงมันสำปะหลังประมาณ 3 ครั้งต่อรอบการผลิต โดยใช้จอบร่วมกับสารเคมีดังกล่าว สำหรับระยะเวลาการกำจัด อาจยืดระยะเวลาห่างออกไปได้เล็กน้อยสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกช่วงปลายฤดูฝน

การปรับปรุงดูแลรักษาดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง

องค์ประกอบที่สำคัญของการปรับปรุงบำรุงดินให้อุดมสมบูรณ์ในแบบของการเกษตรยั่งยืน (Sustainable agriculture) นั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหรือสมบัติที่สำคัญของดิน 4 ประการร่วมกันคือ (1) สภาพทางเคมีดิน ซึ่งจะควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช (2) สภาพทางกายภาพดิน ซึ่งจะควบคุมน้ำ ธาตุอาหารตลอดจนกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (3) สภาพทางจุลชีววิทยาของดิน ซึ่งจะควบคุมการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ ตลอดจนการตรึงไนโตรเจน และ (4) ระดับธาตุอาหารพืช ซึ่งได้แก่ ปริมาณและความสมดุลของธาตุอาหารที่จำเป็น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการปฏิบัติกับดินอย่างถูกต้องต่อเนื่อง ไม่ปล่อยให้ดินทรุดโทรมจนเกินแก้ไข ทั้งนี้เป็นเพราะดินร่วนเป็นดินที่มีลักษณะ “เสื่อมโทรมง่าย แก้ไขยาก ศักยภาพต่ำ” แนวทางที่จะรักษาสภาพของดินนั้นไว้ก็คือ

1. ต้องเพิ่มเติมธาตุอาหารลงไปในดิน เพื่อทดแทนปริมาณที่พืชนำไปใช้

2. ต้องรักษาสภาพของดินให้มีสมบัติทางกายภาพที่ดีไว้ โดยการรักษาระดับอินทรีย์วัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่ดีเหมาะสม

3. ต้องมีการอนุรักษ์ดินไว้ไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลาย

ปัญหาการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมักจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมันสำปะหลังซึ่งปลูกในดินร่วนทราย ขาดสิ่งปกคลุมดินในระยะแรกของการเจริญเติบโต ประกอบกับสภาพของพื้นที่ปลูกเป็นคลื่นลอนไม่ราบเรียบ จึงทำให้การสูญเสียผิวดินชั้นบนเนื่องจากการไหลบ่าของน้ำฝนซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำทุกๆ ฤดูปลูก การสูญเสียผิวดินจึงทำให้อินทรีย์วัตถุ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารพืชลดน้อยลงไปตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน (Continuous cropping) การเสื่อมของดินจะเห็นได้อย่างชัดเจน จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงควรปฏิบัติบำรุงรักษาทรัพยากรดิน ดังนี้

1. การปรับปรุงและจัดการดิน

1.1 การไถพรวนดิน (Tillage Practices) การไถพรวนดินนั้นไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลในทางอ้อม เช่น ทำให้ดินมีความโปร่งมากขึ้น มีการถ่ายเทอากาศดี ลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน ช่วยกำจัดวัชพืช ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลสนับสนุนให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น ผลของการไถพรวนทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน ความหนาแน่นของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและปริมาณน้ำหรือความชื้นของดิน การไถพรวนดินติดต่อกันเป็นระยะเวลานานๆ เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง และทำให้การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน (Soil aggregation) เสื่อมลงด้วย โดยเฉพาะการไถพรวนในขณะที่ดินแห้งเกินไป จะทำให้การรวมตัวเป็นก้อนของเม็ดดินถูกทำลาย ถ้าไถพรวนเมื่อดินเปียกชื้นเกินไปก็จะทำให้ดินแน่นจับตัวเป็นก้อนโตและเมื่อแห้งจะแข็งมาก จากปัญหาที่กล่าวแล้ว บางครั้งบางสภาพการลดจำนวนความถี่ในการไถพรวนให้น้อยลง (Minimum tillage) หรือการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการไถพรวนนั่นจะเป็นวิธีการที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดี

1.2 การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop Rotation) การนำพืชตระกูลถั่ว ไม่ว่าจะเป็นถั่วเขียว ถั่วเหลือง หรือถั่วลิสง มาปลูกร่วมกับมันสำปะหลังในพื้นที่เดียวกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ธาตุอาหารของพืชอันจะทำให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารหรือเพื่อการบำรุงดิน หรือแม้แต่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องโรคแมลงก็ตาม ยังไม่มีการปฏิบัติกันอย่างจริงจัง ทั่วๆ ไปโดยความเป็นจริงแล้ว การปลูกพืชแต่ละชนิดหมุนเวียนเปลี่ยนกัน จะแก้ปัญหาเรื่องราคาผลผลิตตกต่ำได้ เกษตรกรยังคงยืนหยัดปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันปีแล้วปีเล่า อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเกี่ยวกับการปลูกพืชหมุนเวียนระยะยาว โดยใช้พืชตระกูลถั่วคือ ถั่วลิสงกับถั่วเขียว เป็นพืชหมุนเวียนกับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดยโสธร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระบบปลูกพืชสลับกันไปโดยใช้ถั่วมะแฮะเป็นพืชคั่นในระหว่างฤดูปลูก ผลการทดลองในช่วง 7 ปี (2519-2526) พบว่าการใช้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนดังกล่าว เป็นไปได้ในแง่การเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร

1.3 การหมุนเวียนอินทรีย์วัตถุ (Recycling of organic materials) การหมุนเวียนอินทรีย์วัตถุที่ได้มาจากดินหมายถึง การใส่ซากพืชต่างๆ ที่อยู่ในรูปของปุ๋ยหมักและการไถกลบเศษซากพืชที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวโดยตรง นอกจากจะเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารส่วนหนึ่ง

พืชนำจากดินมาใช้กลับไปสู่ดินแล้ว ยังถือได้ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางเคมีฟิสิกส์ ที่มีผลในระยะยาวอีกด้วย โดยเฉพาะสมบัติการดูดตรึงธาตุอาหารและความชื้น การไถกลบเศษ ซาก พืชที่เหลือในไร่ลงดินโดยตรงนั้นดูจะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดเวลาและแรงงานมากที่สุด และเป็นการ ปฏิบัติที่มีการกระจายการหมุนเวียนกลับคืนอย่างถูกต้อง เพราะได้มาจากที่ไหนก็กลับคืนไปยังที่นั้น สามารถเพิ่มเติมปุ๋ยคอกลงไปโดยตรงได้ โดยไม่ต้องกลัวว่าอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นจะไม่ย่อยสลาย เพราะ ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน มีความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับกิจกรรมทางจุลินทรีย์ดินที่จะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วอยู่แล้ว โดยปกติผลของการไถกลบอินทรีย์วัตถุลงไปในดินที่มีต่อคุณภาพ ของดินนั้น มักเห็นผลในระยะยาว

การไถกลบเศษซากพืชร่วมกับการใช้ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกใน ดิน Red Yello Latsol หรือดินร่วนทรายชุดยโสธร ในช่วงปี 2520-2526 พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีใน อัตรา 8 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ต่อปี โดยมีการไถกลบซากต้นมันสำปะหลังและใบลงดิน ด้วย สามารถรักษาระดับผลผลิต ไว้ได้ในระดับสูงสุด การใช้ปุ๋ย N P K ร่วมกับปุ๋ยหมัก ในอัตรา 2 ตัน ต่อไร่ต่อปี ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ย N P K อย่างเดียวแต่อย่างใด ส่วนการไถกลบเศษซากต้น มันสำปะหลังอย่างเดียวติดต่อกัน 7 ปีนั้นสามารถรักษาระดับผลผลิตไว้ได้ในระดับที่สูงกว่าการปลูก มันสำปะหลังโดยไม่มีการใช้ปุ๋ยถึงเกือบร้อยละ 50 สรุปได้ว่า การไถกลบต้นใบมันสำปะหลังกลับคืน ลงดิน มีประโยชน์ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ กทม. 2 ในแปลงทดลองปุ๋ยระยะยาวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ ระยองและขอนแก่น (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ผลของการใช้ปุ๋ย N P K ปุ๋ยหมัก และการไถกลบเศษซากต้นมันสำปะหลังที่มีต่อผลผลิต ของมันสำปะหลังในระยะ 7 ปี

วิธีการ	น้ำหนักหัวมันสด		น้ำหนักหัวมันสด เฉลี่ย 7 ปี (ก.ก)	ดัชนี (เปอร์เซ็นต์)
	ปี 2520	ปี 2526		
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.5	1.0	1.9	100
N	4.3	1.2	2.0	102
NP	4.9	1.4	2.3	119
NK	4.9	1.1	2.9	152
NPK	4.7	2.7	3.5	184
NPK+ปุ๋ยหมัก	4.6	2.6	3.5	182
NPK+ไถกลบ	4.1	3.2	3.8	199
ไถกลบต้น	4.4	3.1	2.8	149

อัตราปุ๋ยเคมี = 8 กิโลกรัมของ N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ต่อปี

อัตราปุ๋ยหมัก = 2 ตันต่อไร่ต่อปี โดยใช้ปุ๋ยหมักเทศบาล (กทม. 2)

ที่มา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.4 การอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and Water Conservations) การอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการดินเพื่อลดการสูญเสียหน้าดินมีหลายวิธี เช่น ปลุกถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และปอเทือง เพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดให้กับมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง 3 ถุดปลูก ปรากฏว่า ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดสมบัติทางกายภาพของดินชั้นบนรวมถึงการซึบซึมของน้ำ การเก็บรักษาความความชุ่มชื้นดีขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ถั่วพุ่มมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชและมวลชีวภาพ (Biomass) สูงกว่าถั่วมะแฮะและปอเทืองที่ปลูกในดินชุดยโสธร

2. การใช้ปุ๋ยเคมี

ในการปรับปรุงและบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การผลิตโดยการใช้ปุ๋ยเคมีนั้น แม้จะไม่ใช่วิธีที่เป็นไปไม่ได้ แต่เป็นเรื่องที่ยากพอสมควร เนื่องจากสภาพดินไร่ของประเทศไทยขาดความอุดมสมบูรณ์ ธาตุอาหารถูกพืชนำไปใช้เพื่อการผลิตปีแล้วปีเล่า ขณะที่การเพิ่มเติมธาตุอาหารลงไปทดแทนแทบไม่มีเลย หรือมีเพียงเล็กน้อยในบางพืชและบางท้องที่เท่านั้น การรักษาระดับผลผลิตหรือการเพิ่มผลผลิตโดยวิธีอื่นๆ นั้น ได้ผลล่าช้าไม่ทันเหตุการณ์ เพราะเป็นการแก้ไขในทางอ้อม การใช้ปุ๋ยเพื่อทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไปและเพิ่มเติมตามความต้องการของพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตตามต้องการ จึงเป็นวิธีตรงวิธีเดียวในการแก้ปัญหาเรื่องการขาดความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่การใช้ปุ๋ยจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพเป็นสำคัญ โดยต้องเข้าใจถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

(1) ระบบราก มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีระบบรากแบบ Adventitious root system รากเกิดจากส่วนต่างๆ ของต้นได้ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 2-3 เดือน จะมีรากจำนวนหนึ่งรอบลำต้นสะสมแบ่งไว้ใน Parenchyma cell เรียกรากชนิดนี้ว่า “หัว” ซึ่งเกิดอยู่บริเวณโคนต้นในรัศมีประมาณ 60 เซนติเมตร เมื่อรากกลายเป็นหัวแล้วจะไม่ทำหน้าที่หาอาหารต่อไป ลักษณะรากของมันสำปะหลังเป็นเส้นหยาบและมีจำนวนรากย่อย (Root hair) น้อย ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารฟอสเฟตซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ยาก (Immobile) ในดินมีปัญหา มันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องพึ่งจุลินทรีย์ดินไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) ที่อาศัยอยู่ในรากช่วยดูดดึงฟอสเฟตเพื่อการเจริญเติบโต

(2) การดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม จากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ใบ และหัว ปรากฏว่ามันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่ามันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินและดูดใช้โพแทสเซียมเพื่อการสะสมแบ่งในหัวมันได้เร็ว ดิน ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังในขณะเก็บเกี่ยว เมื่ออายุ 12 เดือน จะเห็นว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่ใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน 15.2 และโพแทสเซียม 12.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดูดใช้ฟอสฟอรัสเพียง 3.6 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับผลผลิตหัวมัน 2.93 ตันต่อไร่

ไนโตรเจน (N) แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน คือการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วอินทรีย์วัตถุจะมีธาตุไนโตรเจนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ดินต่างๆ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของพืชเกือบทุกชนิด ซึ่งสำหรับมันสำปะหลังแล้ว ไนโตรเจนมีความสำคัญต่างๆ คือ

- (1) ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตโดยทั่วไป
- (2) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง
- (3) ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบ (Leaf area)
- (4) ช่วยเร่งการเจริญเติบโตในระยะแรก
- (5) ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้นเมื่อมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุนี้ ไนโตรเจนจากส่วนของใบล่างๆ จะถูกดึงดูดเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงส่วนยอดหรือส่วนอื่นของต้น

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบแทนอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต หัวมันเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง โดยทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 8 ถึง 16 กิโลกรัมต่อไร่ของเนื้อธาตุไนโตรเจน แต่ผลผลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและการตกกระจายอย่างสม่ำเสมอของฝน อย่างไรก็ดี เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 เปอร์เซ็นต์ ในดินชุดสัดหีบ

ฟอสฟอรัส (P) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมก็ตาม แต่ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สำคัญอย่างยิ่ง อย่างไรก็ดี ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ในดินขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อย่างมาก กล่าวคือ ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุเหล็ก (Fe-P) และอะลูมิเนียม (Al-P) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดต่ำลง ขณะเดียวกันถ้า pH ของดินมากกว่า 7 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุแคลเซียม (Ca-P) ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสก็จะลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดในช่วงระดับ pH ที่เป็นกลาง (pH 6-7)

การศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินหลายชุด ปรากฏผลตอบแทนต่อปุ๋ยฟอสเฟต มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ดีการใส่ปุ๋ยอัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่เพียงพอสำหรับยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายทั่วไป

โพแทสเซียม (K) เป็นที่ทราบว่าโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นมันสำปะหลังไปยังราก จึงปรากฏว่าประมาณ 60เปอร์เซ็นต์ ของธาตุโพแทสเซียมที่ถูกใช้จากดินสะสมอยู่ในหัว ดินที่ใช้เพาะปลูกเป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน โพแทสเซียมในดินจึงไม่เพียงพอ การทดลองปุ๋ยระยะยาว 9 ปี (ตารางที่ 2.2) จะเห็นว่าค่าเฉลี่ย 9 ปีเมื่อใส่ปุ๋ย N-P-K อย่างครบถ้วน ได้รับผลผลิต 3.42 ตันต่อไร่ และเมื่อใส่ NK และ NP จะได้ผลผลิต 2.97 และ 1.95 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของการขาดธาตุโพแทสเซียม ที่ส่งผลทำให้ผลผลิตลดต่ำลงอย่างชัดเจนในดินชุดยโสธรที่จังหวัดขอนแก่น

ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มปริมาณแบ่งในหัวมัน ขณะเดียวกันลดปริมาณไฮโดรไซยานิคในหัวมันสูงกว่าในดินที่มีระดับโพแทสเซียมเพียงพอ มันสำปะหลังที่ขาดแคลนโพแทสเซียม จะทำให้การเจริญเติบโตลดลงและใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ และมีใบเล็กแคบ ลำต้นกระแกรกรืนด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ตารางที่ 2.2 แสดงน้ำหนักหัวมันสดเมื่อใส่ปุ๋ย N P K อัตราอย่างละ 8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี อย่างต่อเนื่องในดินชุดยโสธร

วิธีการ	น้ำหนักหัวสด(ตัน/ไร่)				ดัชนี ผลิต
	ปีที่ 1 (2519)	ปีที่ 5 (2523)	ปีที่ 9 (2527)	ค่าเฉลี่ย 9 ปี	
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.51	2.36d	1.06d	1.75	100
N	4.26	2.35d	1.25d	1.95	111
NP	4.93	2.72ab	1.14d	1.95	111
NK	4.92	2.42cd	2.02bc	2.97	170
NPK	4.74	3.06a	3.30ab	3.42	196
NPK+กท.2	4.64	3.77a	3.93a	3.66	209
(ตัน/ไร่/ปี)					
NPK+ต้น ใบ	4.10	3.90a	3.72ab	3.76	215
สับกลบ					
ต้นใบสับกลบ	4.37	3.10b	2.00cd	2.50	143

ที่มา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

พาราควอต (Paraquat)

พาราควอต เป็นสารเคมีกำจัดวัชพืชที่มีพิษรุนแรงมากที่สุด มีจำหน่ายมากกว่า 60 ปี แล้ว มีชื่อสามัญว่า Paraquat, paraquat dichloride มีชื่อการค้าที่รู้จักกันดีว่า “กรัมม็อกโซน” หรือมีชื่อการค้าอื่น ๆ เช่น แอ็คเตอร์ (Actor) อนูรอน (Anuron) เบออีมาส ฮาราโคล (Buah Emas Haracol) เซคูควอต (Cekuquat) เช็คทรู (Check-thru) คลีนอัพ (Clean up) ซีพี-ควอต (CP-quat) คริสควอต (Crisquat) โครโปควอต (Cropoquat) ไซโคลน (Cylone) เดลต้าควอต (Delta-quat) เด็กซ์โทรน เอ็กซ์ (Dextrone X) เด็กซ์ูรอน (Dexuron) ดับเบิล แอ็กชั่น (Double Action) อีโฟซอน (Efoxon) เอสแกรม (Esgram) โกลควอต (Glodquat) แกรมมิกซ์ (Gramix) แกรมมิกซ์เซล (Gramixel) กราโมนอล (Gramonol) กราโมซิล (Gramocil) กรามูรอน (Gramuron) เฮนตาม (Hentam) เฮอรับาทอป (Herbatop) เฮอรับาโซน (Herbaxone) ไฮ-คิล (Hi-kill) โจลีน พีกิว 200 (Jolyn PQ 200) คีโมโซน (Kemozone) เคนโด (Kendo) เคน-พารา (Ken-para) เคน-ควอต (Ken-quat) เคน-เทค (Ken-tec) มาร์แมน เฮอรับิกวอต (Marman Herbiquat) เมทิลินไวโอลोजีน (Methylviologen) เมทิลินไวโอลोजีน ไดคลอไรด์ (Methyl violoyen dichloride) โมฟิซอล

(Mofisal) มัลติควอท (Multiquat) น็อกโซน (Noxone) โอซากวอท (Osquat) โอโรวิกแอนด์สปอตคิลเลอร์ (Artho Weed and Spot Killer) พาราโดล (Paracol) พาราควอทโต (Pqraquato) พาทเคลียร์ (Pathclear) พิลลาควอท (Pillarquat) พิลลาโซน (Pillarxone) พีร์โกลอน (Preglone) ไพร์โกลอน (Priglone) พีร์ลูด อี ดับเบิลยู (Prelude E.W.) อาร์บิกซ์ (R-Bix) แซนแกทควอท (Sangat Kuat) ซีลท์ (Scythe) เชียร์ควอท (Shirquat) ซิมปาร์ (Simpar) สปีคเวย์ (Speed way) สตาร์ไฟฟ์ (Starfive) สวีฟ (Sweep) เซอร์ฟายด์ (Surefive) เทอร์ราคลีน (Terraklene) โตทาโคล (Totacol) โทเทิล (Total) ท็อกเซอร์ (Toxer) ท็อกเซอร์โทเทิล (Toxer Total) ไวโอลोजิน (Viologen) และวีตดอล (Weedol) และอาจพบพาราควอทผสมร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น เช่น ไดควอท (diquat) ซิเมซีน (simazine) อะมีโทรน (amitrole) ลินูรอน (linuron) และอะซูลาม (asulam)

กลไกการออกฤทธิ์ของพาราควอท

พาราควอทเป็นสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทสัมผัสหรือเรียกว่า สารสัมผัสหรือสารทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (Contacts-Membrane Disrupters) กลุ่ม Bipyradiniums ซึ่งออกฤทธิ์ทำลายเนื้อเยื่อของพืช โดยมีการทำให้มีการแตกสลายของ Cell Membrane ใช้ในการควบคุมวัชพืชใบกว้าง ใบแคบมากกว่า 50 ชนิด และใช้ในพื้นที่จะปลูกด้วย เช่น ไร่ข้าวโพด สวนผลไม้ ไร่ถั่วเหลือง แปลงผัก นาที่ใช้มากที่สุดในพื้นที่เพาะปลูก คือ สวนกล้วยหอม ไร่ฝ้าย ปาล์มน้ำมัน และยางพารา บางครั้งก็ใช้ฉีดพ่นพืชที่ปลูกก่อนเก็บเกี่ยว เพื่อทำลายใบพืช ช่วยให้การเก็บเกี่ยวง่ายขึ้น เช่น ฝ้าย อ้อย ถั่วต่าง ๆ และทานตะวัน เป็นต้น พาราควอท เหมาะในการใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่ไม่ต้องการการไถเตรียมดิน เพื่อป้องกันการพังทลายของดินและใช้กำจัดวัชพืชในพื้นที่ที่รกร้างที่ไม่ได้ทำการเกษตร เช่น ตามไหล่ถนน ทางเดิน ริมคลอง หรือทางน้ำ และเคยถูกนำไปใช้ในการกำจัด ทำลายไร่กัญชาในสหรัฐอเมริกา และเม็กซิโกด้วย จำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ถูกใช้ในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งอยู่ในทวีปเอเชียถึง 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้มากเป็นอันดับหนึ่งในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ผลิตในหลายประเทศ เช่น อาร์เจนตินา จีน อินเดีย อิตาลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา พาราควอทถูกสั่งระงับขึ้นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2425 แต่มาพบว่ามีประโยชน์ในการกำจัดวัชพืชเมื่อปี พ.ศ. 2498 โดยบริษัท ไอซีไอ และได้ขึ้นทะเบียนการใช้เมื่อปี พ.ศ. 2505

พิษภัยของพาราควอท

เนื่องจากพาราควอท เป็นสารที่มีพิษร้ายแรง และไม่มียาชนิดใดที่แก้พิษพาราควอทได้ผลดี ดังนั้นในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย จึงมีข้อกำหนดให้ผสมสารที่ทำให้อาเจียน และสปีดในพาราควอทเพื่อป้องกันความเข้าใจผิดและดื่มเข้าไป มีหลายประเทศในโลกได้ห้ามใช้พาราควอท หรือยอมให้ใช้ได้อย่างมีเงื่อนไข เช่น **ประเทศที่ห้ามใช้โดยเด็ดขาด** มี 7 ประเทศ คือ

1. สวีเดน (พ.ศ. 2526) ห้ามใช้ด้วยเหตุผลที่ว่า มีพิษเฉียบพลันสูง ไม่สามารถแก้พิษได้ และมีความเสี่ยงจากการได้รับพิษเพราะอุบัติเหตุจากการใช้สูง
2. คูเวต (พ.ศ. 2528) ห้ามการใช้ทั้งหมดด้วยเหตุผลที่ว่า ทำลายสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

3. ฟินด์แลนด์ (พ.ศ.2529) ด้วยเหตุผลที่ว่า มีพิษสูง แม้ว่าจะได้รับในปริมาณน้อยและผู้รับพิษตายสถานเดียว

4. ออสเตรีย (พ.ศ. 2536) ห้ามใช้ทุกรูปแบบ ด้วยเหตุผลที่ว่า มีพิษสูง ทำลายอวัยวะภายในจนไม่สามารถรักษาให้หายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปอด และจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการใช้สูง

5. เดนมาร์ก (พ.ศ. 2538) ด้วยเหตุผลที่ว่า มีพิษตกค้างในดินนาน และทำลายสิ่งมีชีวิตในดิน

6. สโลวีเนีย (พ.ศ.2540) ห้ามใช้ด้วยเหตุผลที่ว่า มีพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อมสูง ไม่มียาแก้พิษ และมีการฆ่าตัวตายสูงด้วยการดื่มพาราควอต

7. มาเลเซีย (พ.ศ. 2545) ประกาศห้ามใช้ซึ่งมีผลจากความกดดันของประชาชน โดยจะมีผลบังคับห้ามใช้ในปี พ.ศ. 2548 ในปัจจุบันห้ามการโฆษณา ด้วยเหตุผลที่ว่า การใช้พาราควอตมีอันตรายและความเสี่ยงสูง และมีสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นที่ปลอดภัยกว่าพาราควอต

ประเทศที่ควบคุมการใช้อย่างเข้มงวด และใช้เฉพาะพื้นที่หรือแปลงพืชที่เพาะปลูกบางชนิด มี 6 ประเทศ คือ

1. อินโดนีเซีย (พ.ศ. 2533) มีความเข้มงวดในการใช้ ใช้ได้ในพื้นที่เฉพาะและต้องใช้โดยผู้ที่มีความรู้ความสามารถที่ได้รับใบอนุญาตเท่านั้น ทั้งนี้ เพื่อลดจำนวนการเจ็บป่วยของคน

2. ฮังการี (พ.ศ. 2534) มีการควบคุมการใช้อย่างเข้มงวด อนุญาตให้ใช้ในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำประโยชน์เท่านั้นด้วยเหตุผลที่ว่า มีการได้รับพิษเกิดจากอุบัติเหตุเสมอและมีอัตราการเกิดของทารกที่พิการสูงผิดปกติ

3. เกาหลีใต้ (พ.ศ. 2534) เข้มงวดในการใช้และจำหน่ายโดยควบคุมให้มีการเติมสีและยาช่วยอาเจียนลงในพาราควอต เมื่อลดความเสี่ยงของพิษเฉียบพลัน

4. เยอรมนี (พ.ศ. 2536) กำหนดให้ความเข้มข้นของสารไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุผลที่ว่า ป้องกันการสะสมในดิน เนื่องจากมีความคงทนสูงเมื่ออยู่ในดิน โดยอนุญาตให้ใช้ได้ไร่ข้าวโพด หัวผักกาดหวาน และโรงเพาะชำกล้าไม้ทุก 4 ปี และในไร่อื่นทุก 3 ปี ต่อครั้ง

5. โตโก (พ.ศ. 2542) เหตุผลเช่นเดียวกับเกาหลีใต้

6. สหรัฐอเมริกา การใช้ต้องใช้โดยผู้ชำนาญการ ผู้ที่ได้รับใบอนุญาตในการใช้เท่านั้น ภายหลังจากการฉีดพ่นพาราควอตแล้ว ห้ามผู้คนและสัตว์เลี้ยงเข้าไปในบริเวณนั้น 12 หรือ 24 ชั่วโมง ห้ามใช้ในบริเวณบ้าน โรงเรียนสวนสาธารณะที่ใช้ในการพักผ่อน สนามกอล์ฟ และสนามเด็กเล่นนอกจากนี้ ประเทศนอร์เวย์ และสวิตเซอร์แลนด์ ยังมีความเข้มงวดในการใช้อีกด้วย

ความเป็นพิษ

มีรายงานว่า ปริมาณต่ำสุดที่ทำให้คน (ผู้ใหญ่) ที่ได้รับพิษถึงขั้นเสียชีวิตอยู่ในอัตราส่วน 17 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และอาจต่ำกว่านี้หากผู้ที่ได้รับพิษเป็นเด็ก

1) พิษที่เกิดขึ้นกับปอด ปอด คืออวัยวะส่วนแรกของคนที่จะถูกทำลายจากพิษของพาราควอต ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง เมื่อคนได้รับพิษเข้าไปภายในปอดจะสร้างเยื่อหรือพังพืดขึ้นอันเนื่องมาจากพิษของสารพาราควอต ในที่สุดก็จะแผ่ขยายปิดกั้นการทำงานของปอดและเสียชีวิตในที่สุด

2) พิษที่เกิดขึ้นกับผิวหนังและตา มีพิษปานกลาง

3) พิษที่เกิดแบบเรื้อรังกับอวัยวะต่าง ๆ ในสัตว์ทดลอง เช่น หนูและสุนัข สัตว์ที่ได้รับสารพาราควอตผ่านทางจมูกและผิวหนังปริมาณน้อยในระยะยาวจะมีอาการเจ็บป่วย และผิดปกติเกิดขึ้นกับ ปอด ตับ ไต และตา (การมองเห็น) และหากรับในปริมาณที่สูงขึ้นจะเป็นพิษต่อระบบประสาท เลือด หลอดเลือดเลี้ยงหัวใจ การหลังและระบบอวัยวะสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้แต่จากการรายงานของสำนักงานป้องกันภัยสิ่งแวดล้อม แห่งสหรัฐอเมริกา (The US EPA) เมื่อปี พ.ศ. 2540 แจ้งว่า พาราควอต ไม่มีผลต่อการเกิดมะเร็ง

ผลที่เกิดต่อสุขภาพของคน

พาราควอต เข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่น การดื่มกิน การหายใจละอองสารเข้าไป หรือทางผิวหนังและตา สำหรับเกษตรกรผู้ใช้ สารพาราควอตส่วนใหญ่จะผ่านเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง แม้ว่าสารพาราควอตจะมีคุณสมบัติที่ดูดซึมผ่านทางผิวหนังน้อยกว่าสารเคมีชนิดอื่นๆ แต่โดยลักษณะการปฏิบัติงานในการฉีดพ่นสาร สารพาราควอตจึงมีโอกาสซึมผ่านทางผิวหนังมากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย หรือทางหายใจที่ไหลจากใบหน้าสู่ปาก หรือในสตรีมีรายงานว่า มีสตรีเสียชีวิตจากสารพาราควอต โดยการซึมผ่านเข้าทางช่องคลอดมีรายงานอุบัติภัยที่เกิดจากการใช้สารพาราควอต โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น เครื่องมือที่ใช้พ่นสารชำรุด ไม่ได้รับการตรวจสภาพหรือดูแลให้ดีขึ้นใช้งาน สภาพของสภาพอากาศขณะฉีดพ่น ความยากจน ความไม่รู้ จึงทำให้เป็นความยากลำบากในการที่จะควบคุมการใช้สารพาราควอตให้ถูกต้อง มีรายงานว่า มีผู้เสียชีวิตจากสารพาราควอตครั้งแรกก่อนที่จะสารพาราควอตที่ได้รับการขึ้นทะเบียน และในปี พ.ศ. 2520 มีผู้เสียชีวิตด้วยอุบัติเหตุจากสารพาราควอตถึง 600 คนการศึกษาในประเทศมาเลเซีย พบว่า ผู้ฉีดพ่นสารพาราควอต จำนวนร้อยละ 44 และ 50 มีการเจ็บป่วยที่ผิวหนังและดวงตา ตามลำดับ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2529 – 2539 พบว่า มีผู้ได้รับพิษสารพาราควอตในประเทศมาเลเซีย เกือบ 700 ราย ในจำนวนนี้ร้อยละ 73 ต้องการฆ่าตัวตาย ร้อยละ 27 เกิดจากอุบัติเหตุและการปฏิบัติงานในเดือนตุลาคม 2545 ในประเทศสาธารณรัฐโดมินิกัน มีรายงานว่า คนงานใน โรงงานทอผ้า ได้รับพิษสารพาราควอตที่ฉีดพ่นใกล้โรงงานเป็นประจำ แพทย์ลงความเห็นว่า อาการปวดศีรษะ วิงเวียน มีน้ตริษะของเขาเหล่านั้น มีสาเหตุอันเนื่องมาจากพิษของสารพาราควอตในประเทศโครเอเชีย มีผู้เจ็บป่วยจากพิษของสารพาราควอตนับร้อยรายทุกปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการฉีดพ่น กำจัดวัชพืชในสวนกล้วยหอม ร้อยละ 60 มีอาการเจ็บป่วยทางผิวหนัง มีอาการไหม้เกรียม ร้อยละ 26 เจ็บป่วยที่ดวงตา ที่เหลือมีอาการเลือดออกทางจมูกและเล็บถูกทำลาย การเจ็บป่วยและเสียชีวิตของผู้ได้รับพิษจากสารพาราควอต แสดงในตารางที่ 2.3 สำหรับประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 ศูนย์พิษวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดลรายงานว่ามีจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับพิษของสารพาราควอตเสียชีวิตถึงร้อยละ 61.3 ซึ่งเป็นอัตราที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ โดยสาเหตุของการได้รับพิษไม่ได้เกิดมาจากการทำงาน แต่เกิดจากการดื่มกินเข้าไปโดยอุบัติเหตุ หรือเพื่อฆ่าตัวตาย

ตารางที่ 2.3 การเจ็บป่วยและเสียชีวิตของผู้ได้รับพิษจากสารพาราควอต

ประเทศ	ปี	จำนวนผู้เจ็บป่วย/คน	จำนวนผู้เสียชีวิต
มาเลเซีย	2523-2525	94	61
ฟีจี	2526	59	34
สหรัฐอเมริกา	2527	153	1
อังกฤษ	2523-2527	931	190
ไอร์แลนด์	2525-2527	160	30
ญี่ปุ่น	2528		มากกว่า 1,900
ซูรินาม	2528-2529	82	58
ศรีลังกา	2529	322	103
อังกฤษ	2533-2534		33
เม็กซิโก	2531-2533	25	16
ทรินิแดดแอนโตโทแบ็กโก	2539		39(ฆ่าตัวตาย)
ซามัว	2522-2523		363(ฆ่าตัวตาย)
เอล ซัลวาดอร์	2541-2543	923	94
นิการากัว	2542-2543	570	
คอสตาริกา	2523-2529	749	257
คอสตาริกา	2535-2541	835	477

ที่มา (Wesseling, de Joode, Ruepert, Leon, Monge, Hermosillo, & Partanen, 2001)

ทางเลือกในการหลีกเลี่ยงอันตรายจากสารพาราควอต

1. ควรใช้เมื่อจำเป็นเท่านั้น และไม่ต้องใช้บ่อย ๆ
2. ก่อนใช้สารพาราควอต ควรตรวจดูภาชนะที่ฉีดยาให้อยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุด ต้องสวมชุด แวนตา หน้ากาก ถุงมือ และรองเท้ายาง เพื่อป้องกันละอองของสารให้รัดกุมและต้องปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้ ที่ถูกต้องตลอดระยะเวลาอย่างเข้มงวด
3. ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชอื่น ๆ ที่มีพิษรุนแรงน้อยกว่า (แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม)
4. ไม่ใช้สารกำจัดวัชพืชใด ๆ เลย โดยเปลี่ยนมาใช้วิธีการป้องกันและกำจัดวัชพืชโดยวิธีผสมผสาน ดังนี้
 - 4.1 ใช้ศัตรูธรรมชาติเข้าควบคุมวัชพืช เช่น การใช้แมลงหรือสัตว์ที่กินวัชพืชชนิดนั้นเป็นอาหารเข้าควบคุม

4.2 ใช้เทคนิคการไถพรวน ในการเตรียมดิน เพื่อกำจัดวัชพืช การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชคลุมดิน ใช้ความร้อน หรือน้ำในการควบคุมหรือทำลายวัชพืช การใช้ระยะเวลาการเพาะปลูกเป็นตัวควบคุมวัชพืช เช่น การปลูกพืชหลักก่อนที่วัชพืชจะขึ้น

4.3 การถอนหรือการตัด โดยใช้แรงงานคน หรือเครื่องจักร น่าจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เพราะวิธีการนี้ วัชพืช (หญ้า) จะไม่ตาย รากจะช่วยป้องกันการพังทลายของดิน อุ่มความชื้น ส่วนที่เหลือจากการถูกตัดเป็นที่ย่อยอาศัยของแมลงที่มีประโยชน์ที่ช่วยในการควบคุมศัตรูพืช ทั้งยังเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เพิ่มความสมบูรณ์ให้กับดินด้วย

4.4 ปรับปรุงบำรุงดินด้วยการปรับโครงสร้างของดิน โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด และปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชหลักที่ปลูกมากกว่าวัชพืช

4.5 ใช้ระบบการจัดการและการออกแบบแปลงเพาะปลูกเพื่อไม่ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช หรือออกแบบแปลงเพาะปลูกให้เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องจักร หรือคนเพื่อการกำจัดวัชพืช

4.6 วัชพืชน้ำสามารถควบคุมได้ด้วยการ ทำให้สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตหรือมีชีวิต เช่น การปล่อยน้ำให้ท่วมหรือการปล่อยน้ำออกให้แห้ง หรือการเลี้ยงปลาที่กินวัชพืชน้ำเป็นอาหาร

4.7 สำหรับพืชบางชนิดที่ต้องใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยให้การเก็บเกี่ยวได้ง่าย อาจใช้พันธุ์ที่เหมาะสม และง่ายต่อการเก็บเกี่ยวมาปลูกแทน (Pesticide Action Network Asia and the Pacific, 2003)

สภาพแวดล้อมของดิน

ดินเป็นเทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่กลายเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินชนิดต่างๆ โดยกระบวนการเกิดดินนี้เป็นกระบวนการร่วมระหว่างกระบวนการทางธรณีวิทยา อุทกวิทยา และชีววิทยา ทำให้หิน แร่และอินทรีย์วัตถุมีการผสมผสานคลุกเคล้ากัน ดินจึงประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกันคือ

1) อนินทรีย์วัตถุ (inorganic matter) ประมาณ 45เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งได้แก่แร่ธาตุต่างๆ เช่น ออกซิเจน ซิลิกอน อะลูมินา เหล็ก แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น

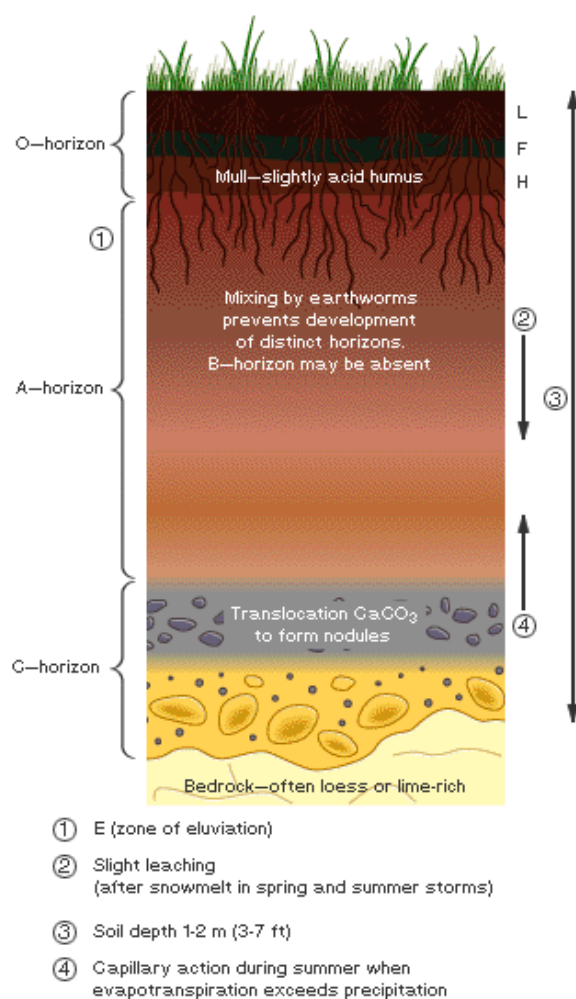
2) อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ประมาณ 5เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต

3) น้ำหรือสารละลายดิน (soil solution) ประมาณ 25เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (soil aggregate) หรืออนุภาคดิน (soil particle) และ

4) อากาศในดิน ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ได้แก่ ก๊าซต่างๆ ที่พบโดยทั่วไป เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

หน้าตัดดิน (Soil profile)

ดินที่ทับถมกันเป็นชั้นๆ ตามแนวตั้งเรียกว่าหน้าตัดดิน ซึ่งตามปกติแล้วดินที่ไม่ได้รับการกระทบกระเทือน มักจะมีอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ที่ดินบน (surface soil) ซึ่งดินบนจะประกอบด้วยชั้น O และ A horizon ส่วนในดินล่าง (subsoil) หรือชั้น B horizon จะมีอินทรีย์วัตถุอยู่น้อยลึกลงไปตามแนวหน้าตัดของดินของดินจะพบหินบางชนิดที่กำลังสลายตัวในชั้นล่างเรียกว่า วัตถุต้นกำเนิด (parent material) หรือ C horizon และใต้ของส่วนที่ให้กำเนิดดินลงไปเป็นชั้นหินแข็ง (bed rock)



ภาพที่ 2.1 หน้าตัดดิน

ที่มา <http://www.thescienceforum.com/earth-sciences/8948-soil-profile.html>

สมบัติบางประการทางกายภาพของดิน

1 เนื้อดิน (Soil Texture)

สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคอินทรีย์ 3 กลุ่มขนาด (Soil separates) คือ

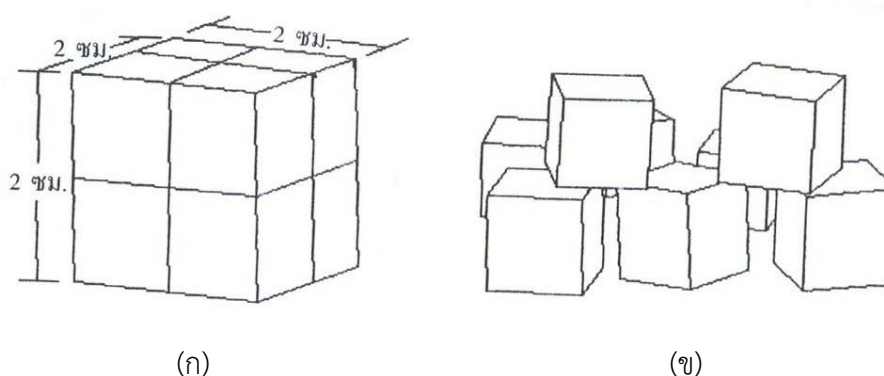
- 1) อนุภาคทราย (Sand) = กลุ่มขนาดโตที่สุด
- 2) อนุภาคทรายแป้ง (Silt) = กลุ่มขนาดปานกลาง
- 3) อนุภาคดินเหนียว (Clay) = กลุ่มขนาดเล็กที่สุด

กลุ่มขนาดแต่ละกลุ่ม จะประกอบด้วยอนุภาคหลายขนาด จัดไว้เป็นช่วง ซึ่งกำหนดโดยพิกัดของขนาด พิกัดบน (Upper limit) และพิกัดล่าง (Lower limit) สัดส่วนผสมของอนุภาคหลายกลุ่มขนาด มีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์ ได้แก่

- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) – สัมพันธ์กับจำนวนและขนาดของช่องในดิน
- ความสามารถในการถ่ายเทอากาศ (Aeration) – สัมพันธ์กับจำนวนและขนาดของช่องในดิน
- ความแข็งแรงของดิน (Soil strength) หรือการเกาะตัวของอนุภาคดิน – สัมพันธ์กับความแข็งแรงของการเชื่อมยึดระหว่างอนุภาคเดี่ยว โดยสารเชื่อม – อนุภาคดินเล็ก – พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคมาก การเชื่อมยึดแข็งแรง

2. อิทธิพลของขนาดของอนุภาคดินต่อพื้นที่ผิวของอนุภาคดิน

อนุภาคขนาดเล็กของดินเหนียว (Clay) จะมีพื้นที่ผิวของอนุภาคมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ของทรายแป้ง (Silt) และอนุภาคขนาดใหญ่ที่สุดของทราย (Sand)



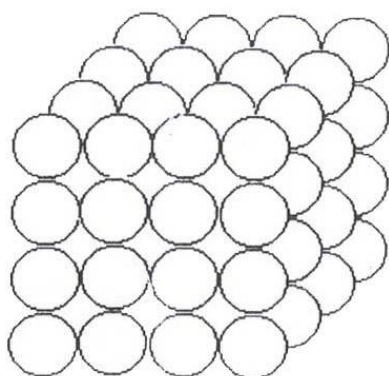
ภาพที่ 2.2 ขนาดของอนุภาคดินต่อพื้นที่ผิวของอนุภาคดิน

ที่มา http://www.environnet.in.th/kids/administrator/components/com_board/file/14_1.pdf

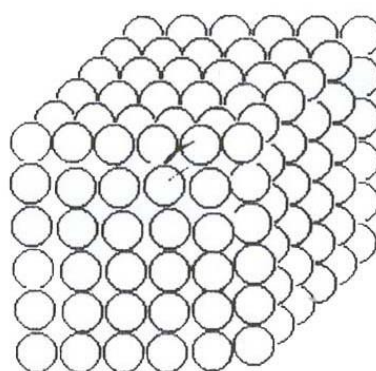
อิทธิพลของขนาดอนุภาคต่อเนื้อที่ผิว (ก) เมื่อก้อนขนาดเล็ก 8 ก้อน จัดเรียงเป็นลูกบาศก์ขนาด $2 \times 2 \times 2$ ลูกบาศก์เซนติเมตร และ (ข) เมื่อก้อนขนาดเล็กกระจายตัวกันอยู่ เห็นได้ว่าเนื้อที่ผิวในกรณี (ก) มีค่าน้อยกว่า กรณี (ข) มาก เนื่องจากกรณี (ก) ไม่มีเนื้อที่ผิวภายใน

3. อิทธิพลของขนาดของอนุภาคดินต่อขนาดของช่องภายในดิน

- ช่องระหว่างทรงกลมขนาดใหญ่มีขนาดใหญ่กว่าช่องระหว่างทรงกลมขนาดเล็ก
- ปริมาตร



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.3 ขนาดของอนุภาคดินต่อขนาดของช่องภายในดิน

ที่มา http://www.envIRONNET.in.th/kids /administrator/components/com_board/file/14_1.pdf

อิทธิพลของขนาดอนุภาคต่อขนาดของช่อง (ก) อนุภาคขนาดใหญ่เมื่อเรียงตัวกันยอมให้ช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ แต่จะมีปริมาตรรวมของช่องน้อย (ข) อนุภาคขนาดเล็กเมื่อเรียงตัวกันยอมให้ช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก แต่จะมีปริมาตรของช่องมาก ช่องขนาดใหญ่ (macropores) มักเป็นที่อยู่ของอากาศ ส่วนช่องขนาดเล็ก (micropores) มักเป็นที่อยู่ของน้ำขนาดของช่องภายในดินมีผลกระทบต่อแรงดึงน้ำ (capillary) แรงดึงน้ำในช่องจะผันแปรกลับกับขนาดของช่อง

กลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (Soil separates)

นักวิทยาศาสตร์ทางดิน แบ่งอนุภาคดินเป็น 3 กลุ่มขนาด (size class) ตามระบบ USDA (United States Department of Agriculture) และระบบสากล ISSS (International Society of Soil Science) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อนุภาคดิน 3 กลุ่มขนาด (size class) ตามระบบ USDA

กลุ่มขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	
	USDA	ISSS
ทราย (Very coarse sand)	2.00-1.00	-
ทรายหยาบ (Coarse sand)	1.00-0.50	2.00-0.20
ทรายขนาดปานกลาง (Medium sand)	0.50-0.25	-
ทรายละเอียด (Fine sand)	0.25-0.10	0.20-0.02
ทรายละเอียดมาก (Very fine sand)	0.10-0.05	-
ทรายแป้ง (silt)	0.05-0.02	0.02-0.002
ดินเหนียว (Clay)	<0.002	<0.002
ก้อนกรวด (Gravel)	2-75	
ก้อนหินเล็ก (Cobbles)	75-254	
ก้อนหินใหญ่ (Stones)	>254	

ที่มา http://www.environnet.in.th/kids/administrator/components/com_board/file/14_1.pdf

โครงสร้างของดิน (Soil Structure)

เป็นคุณสมบัติของดินที่เกิดจากสภาพที่อนุภาคของดินที่เกาะกันเป็นก้อนหรือเม็ดดิน มีขนาดต่างๆ อยู่รวมกันอย่างหลวมๆ ตามธรรมชาติทำให้ดินมีสภาพโปร่งไม่แน่นทึบ ดินทราย และดินเหนียว ถ้ามีโครงสร้างที่เหมาะสมก็จะสามารถเปลี่ยนสภาพความโปร่งและความแน่นทึบอันเป็นคุณสมบัติเดิมของเนื้อดินนั้นได้ เช่น ดินเหนียว คุณสมบัติเดิมคือเหนียวและแน่นทึบ ถ้าเราใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปนานๆ เข้าโครงสร้างที่ดีก็จะเกิดขึ้น ซึ่งมีผลให้ดินนั้นมีคุณสมบัติโปร่ง ไถพรวนง่ายขึ้นเพราะดินจะฟูขึ้นมา เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวจะจับเกาะกันเป็นเม็ดดินก้อนเล็กๆ อยู่รวมกันอย่างหลวมๆ เช่นเดียวกับดินทราย คุณสมบัติเดิมที่โปร่งเกินไป เมื่อใช้ปุ๋ยคอกใส่ลงไปในดินนานๆ เข้า ดินจะมีโครงสร้างที่เหมาะสม กล่าวคือ อนุภาคทรายที่อยู่อย่างหลวมๆ จะจับเกาะกันเป็นก้อนดินเล็กๆ ที่แน่นทึบขึ้น ลดความโปร่งลง อุดมน้ำดีขึ้น การไถพรวนก็ยังง่ายและสะดวกเหมือนเดิม ดังนั้นโครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงได้ กล่าวคือ เราทำให้เกิดขึ้นหรือให้หมดสภาพไปได้ ส่วนเนื้อดินนั้นเราเปลี่ยนแปลงได้ยาก โดยเฉพาะในสภาพไร่ นา ดินผสมปลูกต้นไม้ในกระถางเท่านั้นที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงชนิดของเนื้อดินได้

ลักษณะโครงสร้างที่ดีของดินก็ได้แก่ สภาพที่เม็ดดินเกาะกันเป็นก้อนเล็กๆ ขนาดเท่าหัวไม้ขีดบ้าง เล็กกว่าบ้าง หรืออาจจะโตกว่าบ้างเล็กน้อยอยู่รวมกันอย่างหลวมๆ ตลอดชั้นของหน้าดินลึกประมาณ 15-20 ซม. (ดินพื้นผิว) เม็ดดินเหล่านี้จะมีความคงทนพอสมควรต่อแรงกระทำของน้ำฝนหรือการไถพรวน แต่ถ้ามีการไถพรวนปลูกพืช เป็นเวลานานประกอบกับไม่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มเติมลงไปในดินเลย โครงสร้างดังกล่าวจะสลายตัวและหมดสภาพไป พวงดินเหนียวก็จะกลับแน่นทึบและ

แข็งเมื่อแห้ง ส่วนพวกดินทรายก็จะอุ้มน้ำได้น้อยลง ดินจะโปร่งและแห้งเร็วจนเกินไป เม็ดดินที่ประกอบกันเป็นโครงสร้างที่ดีนี้ ส่วนใหญ่เกิดจากอินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวเชื่อมอนุภาคดินเหนียว ดินตะกอนและทรายเข้าด้วยกัน เป็นเม็ดดินก้อนเล็กๆ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปดินในดินเสมอๆ จึงส่งเสริมให้เกิดสภาพโครงสร้างที่ดีดังกล่าว เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินหมดไป โครงสร้างที่ดีของดินก็จะหมดสภาพไปด้วย การใช้ปุ๋ยเคมีจะไม่มีผลในการช่วยทำให้เกิดโครงสร้างที่ดีแต่อย่างใด ดังนั้นดินที่เป็นทรายจัดหรือดินเหนียวซึ่งแต่เดิมมีโครงสร้างที่ดี ถ้าสกรูใช้ แต่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ถึงแม้พืชจะเติบโตได้ดีมีผลผลิตสูงในระยะแรกแต่นานๆ เข้าอินทรีย์วัตถุในดินจะค่อยๆ หมดไป โครงสร้างที่ดีของดินก็จะหมดสภาพไปด้วย การที่มีผู้กล่าวว่าหากใช้ปุ๋ยเคมี แล้วทำให้ดินเสียขึ้นด้วย ความจริงก็คงจะด้วยเหตุผลที่ว่าเมื่อโครงสร้างที่ดีของดินเสื่อมสภาพลง นั่นคือดินเหนียวก็จะแน่นทึบ ส่วนดินทรายก็จะโปร่งซุยมากเกินไป แม้จะใส่ปุ๋ยเคมีลงไป พืชก็ยังไม่เติบโตดีเหมือนเช่นเคย ในสภาพเช่นนี้รากของพืชจะเติบโตช้า ดึงดูดปุ๋ยและน้ำในดินไปใช้ได้น้อยลง การที่เกษตรกรไถพรวนดินปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์บ้างเลย โครงสร้างที่ดีของดินจะหมดสภาพไป ดินก็จะแน่นทึบได้ในที่สุด ดินที่แน่นทึบหรือมีโครงสร้างไม่ดี แม้จะใส่ปุ๋ยเคมีมากเท่าใด พืชก็ยังไม่เติบโตดีเท่าที่ควร ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่ถูกหลัก คือการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกัน จึงจะเป็นผลดีต่อดิน และต่อพืชที่ปลูกมากที่สุด (สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน, 2537)

ระบบนิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในดิน

ในแง่ของจุลชีววิทยาสังแวดล้อมแล้ว ระบบนิเวศของจุลินทรีย์ในดิน ถือได้ว่าเป็นระบบนิเวศหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ซึ่งรวมเอาชนิดของจุลินทรีย์ต่างๆ และองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของดินเข้าไว้ด้วยกัน มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยที่องค์ประกอบต่างๆ นั้น มีทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในดิน จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินนั้นจะมีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันไป บางชนิดความสัมพันธ์นั้นไม่เห็นความแตกต่างหรือเป็นกลาง บางชนิดได้ประโยชน์ ส่งเสริมการดำเนินชีวิตซึ่งกันและกัน และบางชนิดเสียประโยชน์เนื่องจากกัดกัน หรือยับยั้งการดำเนินชีวิตของกันและกัน

ชนิดของจุลินทรีย์ในดิน

ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส (Actinomycetes) รา สาหร่ายและไวรัส โดยมีจำนวนชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในดินแตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและปริมาณของสารอาหาร ชนิดและสภาพแวดล้อมของดิน เป็นต้น

แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่พบมากที่สุดทั้งชนิดและปริมาณ โดยทั่วไปพบในช่วง 10^8 – 10^9 เซลล์ต่อดินน้ำหนักแห้ง 1 กรัม มีทั้งพวกที่ไม่เคลื่อนที่และพวกที่เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลกเจลลา (flagella) มีความหลากหลายในรูปร่างของการดำรงชีวิต เช่น พวกที่ดำรงชีวิตแบบ

photoautotroph ซึ่งสามารถสังเคราะห์แสงได้ พวก chemoautotroph ที่สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และใช้สารอนินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน แบคทีเรียบางพวกก็สามารถดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากออกซิเจนได้ (anaerobe) บางพวกมีความสามารถในการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอาหารได้ (nitrogen – fixing bacteria) แต่โดยภาพรวมแล้วแบคทีเรียในดินส่วนใหญ่จะเป็นพวก heterotroph ที่ดำรงชีวิตแบบ saprophyte โดยย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์หรือสารอินทรีย์วัตถุในดินเป็นอาหาร หรือเรียกแบคทีเรียพวกนี้ว่า autochthonous หรือ indigenous species คือพวกที่อาศัยอาหารที่มีอยู่แล้วในดิน ไม่ต้องการอาหารจากที่อื่นอีก ซึ่งปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา ในขณะที่แบคทีเรียบางพวกซึ่งปกติจะมีอยู่ในดินในปริมาณน้อย แต่เมื่อมีอาหารโดยเฉพาะอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มเติมลงไปในดิน ก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่ออาหารที่เพิ่มเติมลงไป在地ลดลง ปริมาณของแบคทีเรียพวกนี้ก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว เรียกแบคทีเรียพวกนี้ว่า zymogenous หรือ fermentation – producing bacteria

แบคทีเรียที่พบในดิน ในตารางที่ 2.5 ได้แก่ *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Thiobacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Acaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* และ *Corynebacterium*

ตารางที่ 2.5 สัดส่วนของแบคทีเรียกลุ่มต่างๆ ที่พบในดิน

Genus	Percent
<i>Arthrobacter</i>	5-60
<i>Bacillus</i>	7 – 67
<i>Pseudomonas</i>	3-15
<i>Agrobacterium</i>	1-20
<i>Alcaligenes</i>	1-20
<i>Flavobacterium</i>	1-20
<i>Corynebacterium</i>	2-12
<i>Micrococcus</i>	2-10
<i>Staphylococcus</i>	<5
<i>Xanthomonas</i>	<5
<i>Mycobacterium</i>	<5

ที่มา (Altas & Bartha, 1998)

การบำบัดสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนสารมลพิษโดยใช้จุลินทรีย์ (Bioremediation of xenobiotic pollutants)

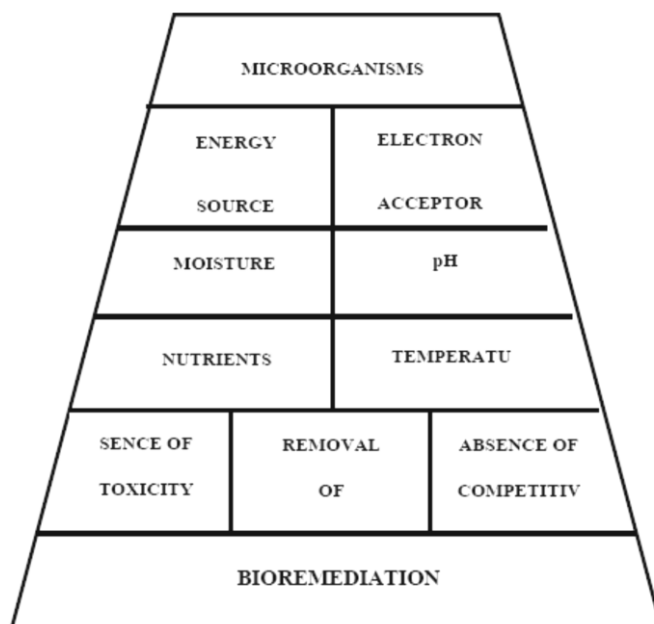
Bioremediation เป็นการบำบัดสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนสารมลพิษโดยใช้จุลินทรีย์ ซึ่งวิธีนี้จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อสารเคมีนั้นเป็นสารที่สามารถย่อยสลายได้ (biodegradable pollutants) โดยวิธีนี้มีความจำเพาะกับชนิดและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำ Bioremediation ต้องเป็นสารที่ปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ปัจจัยสภาวะแวดล้อมต่างๆ ต้องเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัด ณ แหล่งที่มีการปนเปื้อน (on contaminated site, *in situ*) ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (bioreactor) ในปัจจุบัน การใช้กลยุทธ์ต่างๆ (bioremediation strategies) ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการย่อยสลายเพื่อลดความเป็นพิษหรือเคลื่อนย้ายสารมลพิษออกจากสิ่งแวดล้อม

ความหมายของกระบวนการในการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ

การบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ (Bioremediation) คือ เป็นกระบวนการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีทางชีวภาพที่มนุษย์ทำให้เกิดขึ้น โดยอาศัยความสามารถของจุลินทรีย์หรือพืชในการย่อยสลายสารมลพิษให้หมดไป (Biodegradation หรือ Mineralization) หรือการเปลี่ยนรูป (Biotransformation) สารมลพิษที่มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมให้มีความเป็นพิษน้อยลงหรือไม่มีเลย (Detoxification) (อลิสตา วังใน, 2550)

องค์ประกอบพื้นฐานของการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ (Requirements for bioremediation)

เนื่องจากการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมหรืออาจจะใช้จุลินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการย่อยสลายสารมลพิษให้มีความเป็นพิษน้อยลง หรือเพื่อใช้สารมลพิษเหล่านั้นเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ ได้แก่ ชนิดและคุณสมบัติของจุลินทรีย์ รวมไปถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญและวิวัฒนาการของจุลินทรีย์เหล่านั้น องค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ
ที่มา (อั่งโนพินดา ภูผา, 2552)

ก. Microorganisms and metabolisms (จุลินทรีย์และวิถีเมตาบอลิซึม) จุลินทรีย์เป็นตัวที่สำคัญที่สุดของกระบวนการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ และกระบวนการในการย่อยสลายต้องอาศัยเอนไซม์ในจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ (Biocatalyst) และกระบวนการบำบัดนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีการสร้างเอนไซม์ที่แตกต่างกัน ชนิดของเอนไซม์มีผลต่อประเภทของปฏิกิริยาการย่อยสลายสารมลพิษเป้าหมาย และมีผลต่อวิถีเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์นั้นต่อสารมลพิษซึ่งในที่นี้หมายถึงวิถีการย่อยสลายสารมลพิษ และจุลินทรีย์อาจจะมีความสามารถในการย่อยสลายสารมลพิษนั้นด้วยตัวของมันเองหรืออาจจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของกลุ่มจุลินทรีย์ เพื่อให้การย่อยสลายสารมลพิษเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข. Energy source and Electron acceptor (แหล่งพลังงานและตัวรับอิเล็กตรอน) นอกจากจะขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์แล้ว ตัวที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ประเภทตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย (Terminal electron acceptor) และวิถีขนส่งอิเล็กตรอน (Electron transport pathway) ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดก็มีกระบวนการนี้แตกต่างกัน การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ตามประเภทของแหล่งพลังงานสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มหลัก ดังแสดงได้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ตามประเภทของแหล่งพลังงาน

การจำแนกประเภท	แหล่งพลังงาน	แหล่งคาร์บอน
Autotrophic:		
Photoautotrophic	แสง (Light)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
Chemoautotrophic	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารอนินทรีย์ (Inorganic Oxidation-Reaction)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
Heterotrophic :		
Chemoautotrophic	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารอนินทรีย์ (Inorganic Oxidation-Reaction)	สารอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)
Photoautotrophic	แสง (Light)	สารอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)

ที่มา (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, 2541)

ค. Moisture (ความชื้น) เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดสารมลพิษที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลต่อ (1) การเจริญและวิถี metabolism ของจุลินทรีย์ (2) การกระจายตัวและอัตราการสลายของก๊าซรวมถึง O_2 ในน้ำ (3) ชนิดและปริมาณสารมลพิษที่จุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ได้ (4) ระดับความเป็นพิษของสารมลพิษมีรายงานว่าปริมาณความชื้นมีความเหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายสารมลพิษคือในช่วงร้อยละ 50-70 ซึ่งในจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับระดับความชื้นแตกต่างกัน เช่น ราเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าแบคทีเรีย จากรายงานของ Lamar และคณะ (1990) ราสามารถเจริญได้และมีความสามารถในการย่อยสลายสารมลพิษในดินที่มีปริมาณความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป ดังนั้นหากในการบำบัดสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณความชื้นต่ำจึงจำเป็นต้องมีการปรับและควบคุมปริมาณความชื้นให้เหมาะสม

ง. pH (ความเป็นกรดต่าง) ความเป็นกรดต่างของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการดูดซึมสารอาหาร การเจริญและการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารมลพิษ Vidalı (2001) รายงานถึงค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์โดยทั่วไปในดินว่าอยู่ในช่วง 5.5-8.8 แต่ช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพคือในช่วง 6.5-8.0

จ. Nutrients (อาหาร) พบว่าสารอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญ และการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะดูดซึมสารอาหารจากสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติเพื่อการแบ่งเซลล์และเพิ่มจำนวน โดยแหล่งอาหารที่สำคัญ เช่น คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สำหรับสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม จุลินทรีย์สามารถดูดซึมสารมลพิษเหล่านั้นมาเป็นแหล่งอาหารได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ โครงสร้างและระดับความเป็นพิษของสารมลพิษนั้นๆ

ฉ. Temperature (อุณหภูมิ) การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้สารมลพิษที่ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำต่ำและเป็นสารไฮโดรโฟบิก มีการสลายน้ำออกมามากขึ้น ซึ่งทำให้จุลินทรีย์สามารถดูดซึมเพื่อย่อยสลายได้มากขึ้นด้วย

ช. Absence of toxicity and removal of metabolites (ภาวะไม่เป็นพิษและการกำจัดสารตัวกลาง) องค์ประกอบนี้เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพ และความสำเร็จของการบำบัดสารมลพิษ ภาวะเป็นพิษเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของสารมลพิษเป้าหมายที่สูงเกินไป ส่วนสารตัวกลางเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่างๆ ในวิถีการย่อยสลาย ซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์จึงทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่สามารถบำบัดสารมลพิษได้ ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการในการบำบัดสารมลพิษให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมภาวะไม่เป็นพิษ

ณ. Absence of competitive organisms (ภาวะไม่มีความแข่งขัน) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมโดยใช้จุลินทรีย์ในธรรมชาติได้แก่ ภาวะที่ไม่มีการแข่งขันในการเจริญระหว่างจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารมลพิษกับจุลินทรีย์อื่น หรือกับสิ่งมีชีวิตอื่นในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ (Absence of competitive organism) เพราะฉะนั้นองค์ประกอบพื้นฐานเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพจะขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปไม่ได้ ไม่เช่นนั้นการบำบัดสารมลพิษจะเกิดอย่างไม่สมบูรณ์

สารมลพิษในสิ่งแวดล้อม (Environmental pollution)

มลพิษ (Pollution) หมายถึงสถานการณ์ของสภาพแวดล้อมที่ไม่น่าพึงพอใจหรือสถานการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายขึ้นได้เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษทางดิน ซึ่งการปนเปื้อนของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมส่วนมากจะมาจากการปล่อยของเสียหรือสารประกอบออกจากแหล่งอุตสาหกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม หรือจากการตกค้างเนื่องมาจากการใช้สารประกอบเคมีในกิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้สารประกอบเคมีในการเกษตร เป็นต้น

สรุปความหมายของ มลพิษสิ่งแวดล้อม หมายถึง “สภาวะแวดล้อมที่มีมลพิษที่เป็นพิษจะมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์

สารมลพิษ (Pollutants) เป็นคำที่มาจากคำว่า Pollutant คำนี้ได้ถูกนิยามไว้ว่าเป็นสารประกอบใดๆ ที่ส่งผลเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำ อากาศ) ต่อมนุษย์และต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม สารประกอบต่างๆ ในธรรมชาติมีแหล่งที่มาทั้งจากแหล่งธรรมชาติเอง และจากการสร้างขึ้นโดยมนุษย์ (อลิสตา, 2550) สารมลพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และสารพิษจากขบวนการอุตสาหกรรม เช่น ตะกั่ว แมงกานีส ปรีท เป็นต้น สารมลพิษเหล่านี้ บางชนิดก็มีคุณสมบัติสลายตัวได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว แต่บางชนิดก็สลายตัวช้าหรือไม่สลายตัวเลยทำให้สารมลพิษสามารถมีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ ผลผลิตทางการเกษตร ห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น

การจัดจำแนกสารมลพิษสารมลพิษอนินทรีย์และโลหะหนัก (Inorganic pollutants and heavy metals)

สารมลพิษอนินทรีย์ หมายถึง “สารอนินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ต่อมนุษย์และต่อมีชีวิตสิ่งต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมนั้น”

โลหะหนัก คือ ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไปส่วนใหญ่เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ดินตะกอนในน้ำ เช่น แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) โคบอลต์ (Co) ตะกั่ว (Pb) คอปเปอร์ (Cu) เป็นต้น (อลิส, 2550) สารมลพิษอนินทรีย์และสารโลหะหนักถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งในภาคการเกษตรกรรม เช่น ยาฆ่าแมลง และปุ๋ย เป็นต้น ส่วนในภาคอุตสาหกรรมถูกนำมาใช้ในการผลิตพวกถ่านไฟฉาย พลาสติก สี พียูซี เป็นต้น ซึ่งหากมีการใช้ในปริมาณมากอาจจะทำให้เกิดการตกค้างของสารมลพิษเหล่านี้ได้

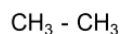
1. สารมลพิษอินทรีย์ (Organic pollutants)

สารมลพิษอินทรีย์ หมายถึง สารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ต่อมนุษย์ และต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมนั้น (อลิส, 2550) สารมลพิษอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

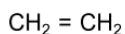
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon compound)

หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยธาตุเพียงสองชนิดคือ คาร์บอน (C) กับ ไฮโดรเจน (H) สารประกอบตระกูลนี้มีลักษณะทางโครงสร้างแบ่งได้เป็นสองจำพวกใหญ่ๆ ได้แก่ Aliphatic hydrocarbon และ Aromatic hydrocarbon (สุทธิ ภมรสมิต, 2519)

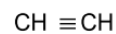
1) สารประกอบอะลิฟาติก (Aliphatic compound) หมายถึง สารไฮโดรคาร์บอนที่คาร์บอนเกาะเรียงตัวกันเป็นโซ่ตรงหรือมีสาขา หรือเป็นวง พันธะระหว่างคาร์บอนอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม สารประกอบอะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ



อีเทน (แอลเคน)



อีทีน (แอลคีน)



อีไทรน (แอลไคน์)

2) อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ คาร์บอนจะเกาะเรียงตัวกันเป็นวงแหวนเบนซีน (benzene ring) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม และไฮโดรเจน 6 อะตอม (สุเทพ อุสาหะ, 2529) กล่าวไว้ว่า สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนได้จากน้ำมันดิบ (coal tar) เป็นแหล่งใหญ่และนอกจากนี้ยังได้มาจากอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบพวกปิโตรเลียม และน้ำมันดิบเป็นของผสมที่มีส่วนประกอบซับซ้อนสามารถนำไปกลั่นแยกได้เป็นอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด เช่น เบนซีน โทลูอีน แนฟทาลิน เป็นต้น



3) อนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สารในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยสารไฮโดรคาร์บอนเชิงซ้อนกับธาตุต่างๆ และสารไฮโดรคาร์บอนต่างๆ มากมาย ซึ่งสารเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ การสงคราม รวมถึงการใช้ในการเกษตรกรรมโดยใช้เป็นปราบวัชพืช สารปราบศัตรูพืช ปุ๋ยสังเคราะห์ เป็นต้น เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ และการปนเปื้อนตกค้างของสารเหล่านี้ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์

วิธีการในการบำบัดสารมลพิษด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (Perspective of bioremediation)

ก. Biostimulation (การกระตุ้นทางชีวภาพ) เป็นการเติมสารกระตุ้นทางชีวภาพให้แก่จุลินทรีย์ธรรมชาติ เช่น มีการเติมสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ธรรมชาติ (Growth substrate) หรือเติมสารกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ในวิธีการย่อยสลายสารมลพิษ (Enzyme inducer) รวมทั้งการปรับสภาพให้มีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายทางชีวภาพ เช่น การให้อากาศและ/หรือการให้ออกซิเจน

ข. Bioaugmentation (การเติมจุลินทรีย์เพื่อบำบัดสารมลพิษ) ซึ่งจะเติมจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการบำบัดสารมลพิษลงไปในดินหรือน้ำ ที่มีการปนเปื้อนเพื่อปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับกิจกรรมหนึ่ง ๆ ของมนุษย์

ตารางที่ 2.7 กลุ่มของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม

กลุ่มแบคทีเรียที่มีความสามารถ ในการย่อยสลายสารมลพิษ		ดัชนีชนิดของแบคทีเรีย (สกุล)
แบคทีเรียแกรมบวกที่มีองค์ประกอบของ G-C สูง (High G-C gram-positive bacteria)		Arthrobacter, Brevibacterium, Clavibacter, Dehalobacter, Nocardia, Rhodococcus, Streptomyces, Terrabacter, Corynebacterium
แบคทีเรียแกรมบวกที่มีองค์ประกอบของ G-C ต่ำ (Low G-C gram-positive bacteria)		Bacillus, Clostridium, Desulfitobacterium, Eubacterium, Staphylococcus
แบคทีเรียแกรมลบในหมวด โปรติโอแบคทีเรีย (Proteobacteria gram-negative)	กลุ่มอัลฟา	Agrobacterium, Ancylobacter, Chelatobacter, Hyphomicrobium, Methylobacterium, Paracoccus, Rhodobacter, Sphingomonas
	กลุ่มบีตา	Achromobacter, Alcaligenes, Azoarcus, Burkholderia, Hydrogenophaga, Comamonas, Ralstonia, Thauera, Thiobacillus
	กลุ่มแกมมา	Acinetobacter, Aeromonas, Azotobacter, Escherichia, Enterobacbacter, Klebsiella, Methylobacter, Pseudomonas, Methylococcus, Moraxella
	กลุ่มแอบซิโลน	Desulfovibrio

ที่มา (อลิสา วังโน, 2550)

จากรายงานของ Choi และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาการบำบัดแร่ยูเรเนียม แคดเมียม และตะกั่ว ที่ปนเปื้อนในดินและน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคซึ่งใช้แบคทีเรีย *Pseudomonas putida* โดยใช้กระบวนการในการดูดซับสารมลพิษเหล่านี้ ในการศึกษาได้ใช้แบคทีเรียทั้งที่เป็นเซลล์มีชีวิต (Live cell) และเซลล์ที่ตายแล้ว (Dead cell) ในการดูดซับแร่ยูเรเนียม (U) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) พบว่า Dead cell มีการดูดซับสารโลหะทั้ง 3 ชนิดได้ดีกว่า Live cell และแบคทีเรีย *Pseudomonas putida* มีการดูดซับแร่ยูเรเนียม มากกว่าธาตุแคดเมียม และมากกว่าธาตุตะกั่ว ตามลำดับ

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าการดูดซับสารมลพิษโดยใช้ *Pseudomonas putida*

การดูดซับของเซลล์	สารมลพิษ	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/กรัม)
Live cell	Pb	0.43±0.09
Dead cell	Pb	1.73±0.14
Live cell	Cd	0.44±0.06
Dead cell	Cd	1.16±0.12
Live cell	U	0.53±0.09
Dead cell	U	2.91±0.09

ที่มา (Choi, Lee, & Yang, 2008)

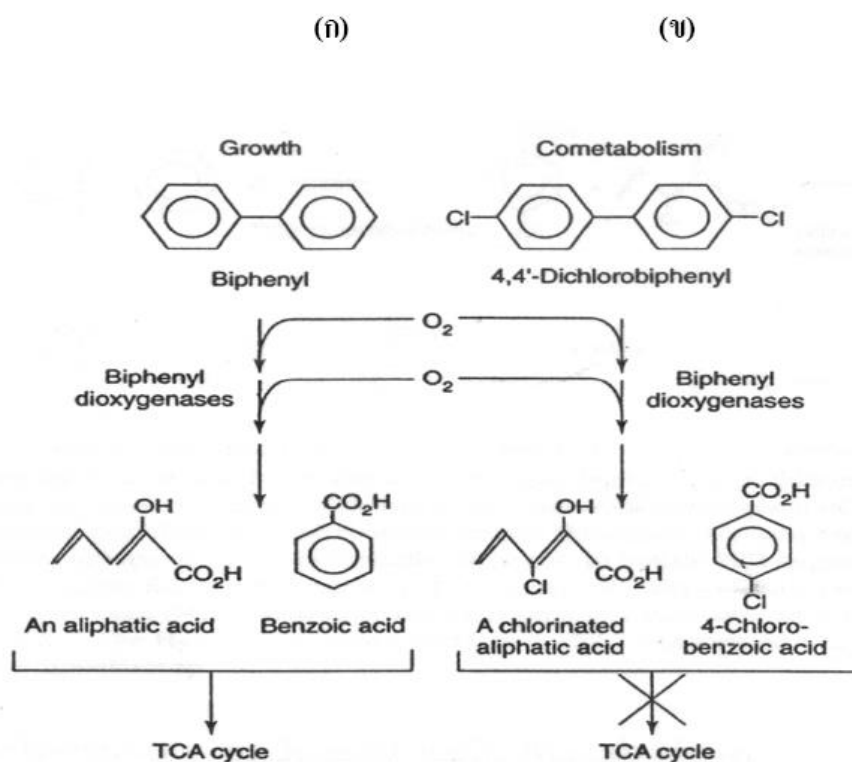
ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ

ชนิดของแบคทีเรีย	ชนิดของสารมลพิษทางชีวภาพ	อ้างอิง
<i>Photobacterium phosphoreum</i> T3	Oily sludge	Wuxing Liu <i>et al.</i> , 2008
<i>Pseudomonas</i> sp. และ <i>Mycobacterium</i> sp.	PAH	A. Mrozik <i>et al.</i> , 2002
<i>Rhodospseudomonas palustris</i>	2-amino benzoate, phloroglucinol, catechol, pyridine and pyrazolin	Donmez,G.C. and A. Ozturk
<i>Sphingomonas</i> sp.	Phe Q	Jonathan Holt <i>et al.</i> , 2005
<i>Burkholderia</i> sp.	Naphthalene	Todd R. Sandrin <i>et al.</i> , 2000
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Naphthalene	V. San Miguel <i>et al.</i> , 2008
<i>Rhodococcus ruber</i> , <i>Mycobacterium neoaurum</i>	2,6,10,14-tetramethyl- pentadecane	Le Thi Nhi-Cong <i>et al.</i> , 2008
<i>Staphylococcus xylosus</i>	2,4-dichlorophenol, 4-Cl- m-cresol	M. Ziagova <i>et al.</i> , 2008
<i>Pseudoalcaligenes</i>	Blended crude oil	Yii Siang Hii <i>et al.</i> , 2008

ลักษณะของการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ (Aspect of bioremediation)

ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพของแบคทีเรียดังกล่าว แบคทีเรียที่เรียกว่ากระบวนการบำบัดเกิดได้ 2 รูปแบบคือ แบคทีเรียที่ใช้สารมลพิษนั้นเป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน หรือแหล่งพลังงาน ไปเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ (growth of microorganisms) และในกรณีที่สอง เนื่องจากสารมลพิษนั้นเป็นพิษต่อเซลล์ของมัน จึงจำเป็นต้องมีการลดความเป็นพิษลง และสารพิษที่ถูกลดความเป็นพิษลงแล้วนั้นจะถูกใช้เพื่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตอื่นหรือจุลินทรีย์อื่นได้ เรียกว่า Cometabolism หรือการใช้เมตาบอลิซึมร่วมกัน

ในกรณีของการใช้สารพิษเพื่อการเจริญ จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้เอนไซม์ ดังแสดงในภาพที่ 2.6 เป็นการย่อยสลายประกอบ biphenyl โดยเอนไซม์ dioxygenase จนได้เป็นสารตัวกลางที่จุลินทรีย์ และสุดท้ายได้ aliphatic acid ซึ่งเมื่อเข้าสู่ beta-oxidation จะได้ acetyl coA และนำไปย่อยสลายต่อใน Krebs cycle เพื่อการเจริญ ส่วน Cometabolism คือ การที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารปนเปื้อนได้เป็นสารตัวกลางที่จุลินทรีย์ไม่ใช้เพื่อการเจริญได้ แต่สารตัวกลางนั้นสามารถใช้เพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้



ภาพที่ 2.6 ปฏิกริการย่อยสลายสารมลพิษเพื่อใช้ในการเจริญและแบบการใช้เมตาบอลิซึมร่วมกัน จากภาพ (ก) คือ การย่อยเพื่อการเจริญ (Growth) (ข) คือ การใช้เมตาบอลิซึมร่วมกัน (Cometabolism) ระบบเอนไซม์ที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารมลพิษ

ตารางที่ 2.10 ระบบเอนไซม์ที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารมลพิษ

	กลุ่มเอนไซม์	ตัวอย่างแบคทีเรีย
Oxidoreductases	B-class cytochrome P450	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Bacillus</i>
	Monooxygenases	<i>Megaterium</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.
	Aromatic-ring hydroxylase	<i>Pseudomonas fluorescenes</i> , <i>Streptomyces Purpurascens</i> , <i>Flavobacterium</i> sp.
	Ring	<i>Pseudomonas</i> sp.
	hydroxylatingdioxygenase alpha subunit	
	Binuclear-iron monooxygenases	<i>Methylosinus trichosporium</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> , <i>Xanthomonas mendocina</i> , <i>Pseudomonas mendocina</i>
	Ortho-ring hydroxylatingdioxygenase	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.
	Meta-ring hydroxylatingdioxygenase	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Burkholderia</i> sp., <i>Artobacter globiformis</i>
	Alcohol dehydrogenase	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Eubacterium</i> sp., <i>Streptomyces</i> sp.
Transferases	Glutathiontransferases	<i>Flavobacterium</i> sp., <i>Methylobacillus</i> sp., <i>Sphingomonas paucimobilis</i>
Hydrolases	Amidohydrolase	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Klebsiella aerogenes</i>
	Alpha-beta hydrolases	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Agrobacterium</i> <i>Radiobacter</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i>
Lyases and Isomerases	Enolase	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Alcaligenes eutrophus</i> , <i>Rhodopseudomonas palustris</i> , <i>Xanthobacter flavus</i>
Ligases	Acyl-adenylate/thioester-forming enzyme	<i>Pseudomonas</i> sp.

ที่มา (อลิสซา วังใน, 2550)

ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานหรือใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในระบบการเกษตร ปุ๋ยชีวภาพเม็ดนับเป็นเทคโนโลยีที่ถูกต้อง และเหมาะสมคือ มีการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ด้วยการสร้างคุณค่าการตลาดของปุ๋ยให้สูงขึ้น โดยวิธีผลิตปุ๋ยอัดเม็ด ซึ่งมีการผสมผสานระหว่างปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมีทำให้การใช้ปุ๋ยกับพืชมีประสิทธิภาพ เพิ่มขึ้นและเกษตรกรสามารถผลิตใช้เองได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและมีขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยากจนเกินไป โดยคุณลักษณะและคุณสมบัติของปุ๋ยนี้เป็นการเอื้อประโยชน์ให้มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี อย่างมีประสิทธิภาพ

1. คุณลักษณะดีเด่นของปุ๋ยอัดเม็ด

- 1) ปลอดภัยต่อตัวผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม
- 2) มีธาตุอาหารมากกว่ามูลสด 5 เท่าตัวและการอัดเม็ดสามารถลดปริมาณการใช้มูลไก่กลงได้ 5 เท่าตัว
- 3) การอัดเม็ดเมื่อผสมกับเกลบและขี้เลื่อยในอัตรา 3 ต่อ 1 -3 ต่อ 2 จะช่วยลดกลิ่นและการสูญเสียไนโตรเจนในปุ๋ย ช่วยรักษาคุณค่าปุ๋ยและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย
- 4) การอัดเม็ดมูลสัตว์สามารถผสมปุ๋ยเคมีจะ ช่วยลดภาระการใช้ปุ๋ยชีวภาพปริมาณมากและชะลอการปลดปล่อยปุ๋ยเคมี มิให้เกิดการสูญเสีย จึงช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่ง
- 5) ช่วยให้สามารถเก็บปุ๋ยชีวภาพได้นานขึ้น เพราะเมื่อตากแห้งเหลือความชื้นประมาณ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีเชื้อราเกิดขึ้น ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็น
- 6) เกษตรกรสามารถทำได้เองโดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย เพราะมีจำหน่ายทั่วไป เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพมากขึ้น
- 7) การนำเอาวัสดุเหลือใช้มาอัดเม็ดแล้วใช้ ประโยชน์เป็นปุ๋ย เป็นการกำจัดปัญหามลภาวะและเป็นวิธีการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมและคุ้มค่าปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตเป็นเม็ด ทำให้คุณค่าการตลาดเพิ่มขึ้น

2. วิธีการอัดเม็ด

- 1) ใช้อุปกรณ์ เครื่องบดหมู ไซมอเตอร์หรือ เครื่องยนต์แรงม้าสูง เป็นต้น
- 2) ควรปล่อยให้เครื่องเดินฟรี 1-2 นาทีก่อนป้อนวัตถุดิบ
- 3) ลักษณะของสวนผสมที่ดีเมื่ออัดเม็ดแล้ว จะต้องถูกรีดออกมาเป็นเส้นขนมจีน มีลักษณะเนื้อ ละเอียด เมื่อนำไปเกลี่ยตากแดดจะขาดเป็นท่อน
- 4) การตากหรืออบแห้งควรมีความชื้น ประมาณ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อไม่ให้เชื้อราเกิดขึ้น แล้วเก็บในภาชนะที่แห้งและปิดให้สนิทและเก็บได้นานโดยไม่มีการสูญเสียคุณค่าของปุ๋ย (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการใดๆ ก็ตาม มักจะมีวัตถุประสงค์หลักก็คือ การทำกำไรในเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic profitability) กล่าวคือ เป็นการวิเคราะห์ตลาด เทคนิค และการเงิน ซึ่งอาจรวมถึงผลกระทบต่อสังคมด้วย ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ที่สังคมจะได้รับด้วย ซึ่งจะต้องประเมินว่าโครงการมีส่วนเกื้อกูลสนับสนุนต่อเศรษฐกิจของประเทศด้วย อาทิ เช่น การเพิ่มการจ้างงาน การเพิ่มมูลค่าทรัพยากรภายในประเทศ มูลค่าในการส่งออก การประหยัดพลังงาน การเจริญความเจริญไปสู่ชนบท การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย แนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินคือ การวิเคราะห์ประโยชน์และต้นทุน (cost – benefit analysis)

1. แนวคิดและการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน

วิธีการศึกษาที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์โครงการเพื่อประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐกิจคือการวิเคราะห์ผลประโยชน์ – ต้นทุน แนวคิดการวิเคราะห์ผลประโยชน์ – ต้นทุนนั้น ได้พัฒนามาจากความจริงที่ว่าในโครงการนี้มักจะมีของคู่กันเสมอ เช่นนี้มีการเกิดคู่กับความตาย มีกลางวันคู่กับกลางคืน มีได้มีเสีย มีดีมีชั่ว มีผลได้หรือผลประโยชน์ก็ย่อมต้องมีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุน

การจัดทำโครงการต่างๆ นั้นมุ่งที่จะให้เกิดผลประโยชน์ที่ตกแก่ประชาชน และนำมาซึ่งความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นหรือที่รู้จักกันเป็นการพัฒนานั่นเอง อย่างไรก็ตามการดำเนินการโครงการย่อมต้องมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย ทั้งที่เป็นเงินทอง บุคลากร และทรัพยากรต่างๆ ที่นำมาใช้

หลักโดยทั่วไป ถ้าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการมากกว่าต้นทุน ย่อมหมายถึงว่าโครงการนั้นๆ ดีมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ แต่ประเด็นสำคัญอยู่ที่ว่าการทำการวิเคราะห์นั้นไม่ง่ายอย่างที่คิดเพราะว่า

1) ค่าของเงินตามเวลาไม่เท่ากัน

2) มีความยุ่งยาก และซับซ้อนในการหาค่าหรือวัดผลประโยชน์และต้นทุน ที่จะทำให้สามารถเปรียบเทียบกันได้หน่วยเดียวกัน นั่นคือจำต้องคิดออกมาเป็นมูลค่าที่เป็นตัวเงิน ซึ่งจะได้กล่าวถึงในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

1.1) การคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน

ค่าของเงินในช่วงเวลาที่ต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากเงินที่เรามีอยู่ในปัจจุบันนี้นอกจากเราจะสามารถนำไปใช้จ่ายแล้ว เรายังสามารถนำไปใช้ในการลงทุน หรือฝากธนาคารที่จะได้รับดอกผลเป็นผลตอบแทนกลับมา เช่น เงิน 100 บาท ในวันนี้จะมีค่าไม่เท่ากับ 100 บาท ในปีหน้า เพราะถ้าเรานำเอาเงินเพียง 90.91 บาท ไปฝากธนาคารในวันนี้ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 10 ต่อปี เมื่อครบ 1 ปีในปีหน้า เราจะมีเงินต้นรวมดอกเบี้ยเป็นเงินรวม 100 บาท นั่นคือ เงิน 100 บาทในปีหน้าจะมีมูลค่าปัจจุบันในวันนี้เท่ากับ 90.91 บาท ถ้าอัตราดอกเบี้ย (หรือที่เรียกว่า “อัตราคิดลด” ในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ – ต้นทุน) เท่ากับร้อยละ 10 ต่อปี รายละเอียดคำอธิบายและวิธีการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันจากอัตราคิดลดที่แตกต่างกัน

เนื่องจากลักษณะโครงการส่วนใหญ่จะมีช่วงระยะเวลา เช่น 5 ปี 10 ปี 20 ปี หรือระยะยาวถึง 50 ปี แล้วแต่โครงการ ดังนั้นจึงมีต้นทุนและผลตอบแทนเกิดขึ้นในช่วงปีต่างๆ ตลอดอายุของ

โครงการ และเนื่องจากค่าของเงินตามเวลาไม่เท่ากันดังได้กล่าวแล้ว การวิเคราะห์โครงการ โดยใช้การวิเคราะห์ผลประโยชน์ – ต้นทุน จึงจำเป็นต้องมีการคำนวณเพื่อแปลงค่าของเงินให้มาเป็นค่าในเวลาเดียวกัน ซึ่งนิยามที่จะแปลงค่ามาเป็นมูลค่า ณ เวลาในปัจจุบันนี้ การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันจึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงการ

ในการวิเคราะห์โครงการนั้น อาจมีการตั้งคำถามได้ว่าทำไมต้องคำนวณหามูลค่าปัจจุบันให้ยุ่งยาก ซึ่งเอาตัวเลขต้นทุน และผลตอบแทนมาบวกลบกันโดยตรงได้หรือไม่

จากการวิเคราะห์ตามกรณีตัวอย่างนี้จะพบว่าเมื่อใช้ความรู้ในการวิเคราะห์โครงการ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย หรือผลต่างระหว่างผลประโยชน์กับต้นทุน (ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ – ต้นทุน เรียกว่า “มูลค่าปัจจุบันสุทธิ” ที่จะบอกความคุ้มค่าหรือคุ้มทุน) มีค่าติดลบ ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุปว่าไม่ควรทำตามโครงการที่คิดขึ้นนี้เพราะไม่คุ้มทุน แต่ถ้าไม่นำการวิเคราะห์โครงการและคำนวณหามูลค่าปัจจุบันไปใช้จะได้คำตอบว่าได้รับกำไรจากการปลูกต้นสน ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาดได้

ตัวอย่างที่ 1 โครงการปลูกต้นสนในพื้นที่ชายฝั่งเพื่อตัดขายเป็นเสาเข็มในพื้นที่ 1 ไร่ โดยที่โครงการนี้ อายุ 5 ปี และมีรายได้ รายจ่าย การลงทุนดังแสดงในตารางที่ 10 กำหนดอัตราคิดลดที่ระดับร้อยละ 12 ต่อปี

ตารางที่ 2.12 ตัวอย่างการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันในกรณีโครงการปลูกต้นสน (หน่วย: บาท)

ปีที่	0 (ปัจจุบัน)	1	2	3	4	5	รวม
(1) ต้นทุน	2,000	500	200	200	200	1,000	
(2) ผลตอบแทน	-	100	100	100	100	5,000	
(3) ค่าคิดลดที่อัตรา12เปอร์เซ็นต์	1.0000	0.8929	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674	
มูลค่าปัจจุบัน							
- ต้นทุน[(1) x(3)]	2,000	446.43	159.44	142.36	127.10	567.43	3,442.75
ผลตอบแทน [(2)x(3)]	-	89.29	79.72	71.18	63.55	2,837.13	3,140.87
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	= -	3,442.75+3,140.87					
สุทธิ	= -	301.88					
ถ้าไม่ใช้มูลค่าปัจจุบันมาคิด จะได้ผลการคำนวณว่ามีกำไร = 5,400 – 4,100 = 1,300 บาท							

หมายเหตุ : รายได้ในปีที่ 1 ถึง 4 ได้จากการเก็บพืชผักขาย และค่าคิดลดที่อัตรา 12 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี

1.2) การกำหนดค่าหรือตีมูลค่าผลประโยชน์ ผลตอบแทน และต้นทุน

ส่วนประกอบหรือองค์ประกอบของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ สามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้ คือ



1) ต้นทุนที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ และเงินลงทุนที่ได้มีการจ่ายออกไปเป็นตัวเงิน เช่น ค่าแรงงานจ้าง ค่าเครื่องจักร เครื่องทุนแรง และค่าก่อสร้างอาคาร เป็นต้น

2) ต้นทุนที่มองไม่เห็นหรือไม่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการที่ไม่ได้มีการจ่ายออกไปเป็นตัวเงินที่เรียกว่าค่าเสียโอกาส เช่น ค่าแรงงานในชุมชนที่มาช่วยงานของส่วนรวมโดยไม่ได้รับเงินตอบแทน และค่าใช้จ่ายที่ดินขายเล่นเพื่อการปลูกป่า ซึ่งมิได้มีการจ่ายออกไปเป็นตัวเงิน นอกจากนี้ยังมีต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากผลกระทบที่ก่อให้เกิดผลเสียแก่ส่วนรวมโดยที่ทางโครงการมิได้นำไปคิดเป็นค่าใช้จ่าย เพราะไม่ได้มีการจ่ายจริงเพื่อชดเชยแก่ผู้ได้รับความเดือดร้อน เช่น โครงการสร้างโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำของชุมชน ต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้น ได้แก่ มลพิษทางน้ำ ซึ่งทำให้คนในชุมชนเดือดร้อนจากสถานะน้ำเสีย เป็นต้น

3) ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ผลผลิต หรือสินค้า หรือบริการ ซึ่งเกิดขึ้น เนื่องจากผลของโครงการที่ได้รับมาเป็นตัวเงิน เช่น รายได้จากการขายผลิตผลสัตว์น้ำแปรรูป เป็นต้น

4) ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่มองไม่เห็นหรือไม่เป็นตัวเงิน ส่วนใหญ่จะเป็นผลประโยชน์ที่เกิดจากการทำหน้าที่ในทางระบบนิเวศของทรัพยากรธรรมชาติหรือบริการที่เกิดขึ้นในสถานะแวดล้อมของธรรมชาติ เช่น การที่ป่าขายเล่นเป็นแหล่งเพาะพัก แหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อนแหล่งอาหาร และแหล่งที่อยู่อาศัย บริการเหล่านี้ไม่ผ่านกระบวนการทางตลาดจึงมองเสมือนไม่มีค่า ไม่มีราคา เป็นต้น

ในประเด็นที่ 2 เกี่ยวกับความยุ่งยากในการวิเคราะห์โครงการ ก็คือความยุ่งยากซับซ้อนในการกำหนดค่าหรือตีมูลค่าผลประโยชน์ ผลตอบแทน และต้นทุนที่ไม่ใช่ตัวเงิน ซึ่งจำเป็นต้องคิดออกมาเป็นมูลค่าที่เป็นตัวเงิน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ในหน่วยเดียวกัน การกำหนดค่าหรือตีมูลค่าผลประโยชน์ผลตอบแทนและต้นทุน แม้ว่าจะไม่ใช่เป็นเรื่องง่ายแต่ก็ไม่ยากเกินความสามารถที่จะกำหนดค่าขึ้นได้ นักเศรษฐศาสตร์ได้พัฒนาวิธีการต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการตีมูลค่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของผลประโยชน์และต้นทุนที่ไม่ใช่ตัวเงิน หรือผ่านระบบตลาด

สิ่งสำคัญในการกำหนดค่าหรือตีมูลค่าประโยชน์ ผลตอบแทน และต้นทุน ก็คือจะต้องคิดและอาศัยประสบการณ์หรือค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ว่าโครงการที่กำลังพิจารณานั้นมีอะไรบ้างที่เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้างที่เป็นผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ และกำหนดออกมาเป็นข้อๆ โดยแยกรายการด้านต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย กับรายการด้านผลตอบแทนหรือ

ผลประโยชน์ ทั้งนี้ในแต่ละรายการของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนหรือผลประโยชน์นั้น จะต้องให้ข้อมูลในรายละเอียดว่ามีหน่วยวัดอะไร (เช่น น้ำหนัก หรือ ปริมาตร) จำนวนที่ต้องการใช้ หรือจำนวนที่เกิดขึ้น ข้อมูลด้านราคาที่ต้องคล้องกับหน่วยวัดน้ำหนัก หรือปริมาตร พร้อมทั้งต้องระบุ ว่าในแต่ละรายการของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์นั้นจำเป็นต้องใช้หรือ เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาไหนของโครงการ การจัดทำรายการของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน หรือผลประโยชน์อาจทำได้

2. การวิเคราะห์ทางการเงินกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ความแตกต่างที่สำคัญของการวิเคราะห์ทางการเงินกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ อยู่ตรงที่การนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการตัดสินใจ การวิเคราะห์ทางการเงินจะมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของเอกชนในโครงการลงทุนทางธุรกิจ การตัดสินใจจะยึดเอาผลกำไรทางธุรกิจที่เป็นตัวเงินเป็นหลัก เป็นมุมมองของรายบุคคลหรือบริษัทเอกชน การวิเคราะห์โครงการก็จะใช้ลักษณะของการวิเคราะห์ที่คำนึงถึงกระแสการไหลของตัวเงิน จะมุ่งพิจารณาต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน หรือผลประโยชน์ที่เป็นตัวเงินเท่านั้น

ขณะที่การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของภาครัฐ หรือ ชุมชน หรือสังคม โดยรวมในโครงการที่มีผลกระทบทั้งทางบวกและลบในวงกว้าง โครงการในลักษณะนี้จะรวมถึงโครงการบริการสังคม เช่น การศึกษา การสาธารณสุข เป็นต้น และยังรวมถึงโครงการเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นการตัดสินใจจึงมิได้มุ่งพิจารณาแต่เรื่องตัวเงินที่เกิดขึ้นแต่เพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มุ่งพิจารณาถึงการจัดสรรทรัพยากรในโครงการต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่สังคมส่วนรวม จึงต้องพิจารณาถึงต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่แท้จริงของสังคม จำเป็นต้องนำเอาต้นทุนและผลประโยชน์ทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงินมาใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทางการเงินมีความแตกต่างกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

1) อัตราคิดลด การวิเคราะห์ทางการเงินจะใช้อัตราดอกเบี้ยเงินฝากหรือ เงินกู้ของภาคเอกชนในระยะยาวเป็นอัตราคิดลดในการวิเคราะห์ ขณะที่การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ อัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุนระยะยาวของสังคม เช่น อัตราผลตอบแทนของเงินทุนในพันธบัตรรัฐบาลเป็นอัตราคิดลดในการวิเคราะห์ โดยปกติแล้วอัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะต่ำกว่าอัตราคิดลดในการวิเคราะห์ทางการเงิน โดยทั่วไปแล้วหน่วยงานของรัฐในประเทศไทยจะใช้อัตราคิดลดในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์อยู่ระหว่างร้อยละ 8 -12 ต่อปี ขณะที่การวิเคราะห์ทางการเงินจะมีอัตราคิดลดที่ประมาณร้อยละ 13 – 18 ต่อปี

2) ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ การวิเคราะห์ทางการเงินจะใช้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่เป็นเงินสดเท่านั้น ขณะที่การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ทั้งต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่เป็นเงินสดและที่ไม่เป็นตัวเงิน ความแตกต่างในแง่มุมต่างๆ ในเรื่องของการใช้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ได้แสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ทั้งต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่เป็นเงินสดและที่ไม่เป็นตัวเงิน

	เป็นตัว เงิน	ไม่ใช่ตัวเงิน	ดอกเบี้ย	ภาษี ค่าธรรมเนียม	เงิน อุดหนุน
ต้นทุน					
-วิเคราะห์ทางการเงิน	***	ไม่รวม	***	***	X
-วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	***	***	ไม่รวม	ไม่รวม	X
ผลตอบแทน					
-วิเคราะห์ทางการเงิน	***	ไม่รวม	***	***	***
-วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	***	***	ไม่รวม	***	ไม่รวม

3) ราคา ในการวิเคราะห์ทางการเงินจะใช้ราคาที่เกิดขึ้นจริงหรือราคาตลาดมาคำนวณมูลค่าของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ ขณะที่การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ราคาที่สะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริงของทรัพยากรและผลผลิต ราคาที่ใช้จะเท่ากันทั้งสองกรณี ถ้าตลาดเป็นแบบแข่งขันสมบูรณ์

3. เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุน

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนนั้นสามารถพิจารณาได้จากตัวชี้วัดต่างๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน หรือจุดคุ้มทุน ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งได้มีการนำมาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจอย่างกว้างขวาง

มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมทั้งหมด ลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมทั้งหมด ในการใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนนั้น เราจะตัดสินใจลงทุนถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าศูนย์ หรือมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมีค่ามากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ซึ่งแสดงว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน ในทางตรงกันข้ามเราจะตัดสินใจไม่ลงทุนในโครงการนั้นๆ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นลบ หรือมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ซึ่งแสดงว่าไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ตัวอย่างที่ 2 จากกรณีตัวอย่างที่ 1 ถ้าผลตอบแทนจากการปลูกต้นสนในปีที่ 5 มีค่าเป็น 10,000 บาท แทนที่จะเป็น 5,000 บาท อันเนื่องมาจากราคาต้นสนที่ใช้ทำเสาเข็มได้เพิ่มขึ้นเท่าตัว จะได้ว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมีค่าเป็น $5,977.74$ บาท $[(10,000 \times 0.5674) + 303.74]$ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน นั่นคือมี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ $2,534.99$ บาท $(5,977.74 - 3,442.75)$ ซึ่งมีความคุ้มค่าศูนย์ ดังนั้นควรมีการลงทุนในโครงการปลูกต้นสนเมื่อคาดว่าราคาเสาเข็มจะเพิ่มขึ้นเท่าตัว (บรรลพ พุฒิกร และคณะ, 2549)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

