บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลัง

ลักษณะพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อเรียกทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือทาพิโอกา (Tapioca) ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า ยูกา (Yuca) ภาษาโปรตุเกสในประเทศบราซิล เรียกว่า แมนดิโอกา (Mandioca) แถบประเทศในทวีปแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า แมนิออก (Manioc) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า แมนนิฮอท เอสคูเล็นตา แครนทซ์ (*Manihot esculenta* Crantz)

การจัดลำดับทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง มีดังนี้

วงศ์ (Family) Euphorbiaceae (ซึ่งรวมถึงยางพาราและละหุ่ง)

สกุล (Genus) *Manihot*

ชนิด (Species) *Esculenta*

ลำต้นมีลักษณะคล้ายข้อ เพราะจากก้านใบซึ่งแก่ร่วงหล่นไป สีของลำต้นบริเวณใกล้ยอดจะมีสีเขียว ส่วนที่ต่ำลงมาจะมีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์เช่น สีเงิน สีเหลือง สีน้ำตาล 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 ของมันสำปะหลังมีกรดไฮโรไซยานิก (HCN) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ประกอบอยู่ด้วย ใบและเปลือกมีสารนี้มากกว่าเนื้อสด และพันธุ์ต่าง ๆ ก็มีปริมาณสารนี้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเวลาจะใช้เป็นอาหาร ควรใช้พันธุ์ห้านาทีเพราะมีกรดไฮโดรไซยานิกต่ำกว่า และก่อนจะบริโภคควรจะนำมันสำปะหลังมาปอกเปลือก หมัก เคี่ยว ย่าง ปิ้ง ต้ม ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะลดลงจนถึงปริมาณซึ่ง

ร่างกายมนุษย์สามารถเปลี่ยนกรดไฮโดรไซยานิกนี้เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นอันตรายได้ หัวมันสำปะหลังสดส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ 60 - 80 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 20 - 40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ที่ดี (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2558)

แหล่งปลูก

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีใน ดินร่วน ดินร่วนปนทราย และมีการระบายน้ำดี มีความเป็นกรดด่างระหว่าง 4.5 - 8.0 มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตช่วง 25 - 37 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี สภาพพื้นที่ปลูกราบสม่ำเสมอ ไม่เป็นที่ลุ่มหรือน้ำท่วมขัง มีความลาดเอียงไม่เกิน 5 % และใกล้แหล่งรับซื้อผลผลิตโรงงานแป้งหรือลานมัน

ฤดูกาลปลูก

เกษตรกรสามารถเลือกช่วงเวลาเริ่มต้นของการปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งได้ 2 ช่วง ดังนี้

ปลูกปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน - มกราคม

ปลูกต้นฤดูฝน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน

การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน ความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจะต่ำกว่าการปลูกในช่วงฤดูฝน เนื่องจากการปลูกในฤดูฝนมันสำปะหลังจะติดแล้งในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้นการปลูกในช่วงฤดูฝนจึงควรปลูกในพื้นดินเป็นทรายจัดดินร่วนปนทราย ไม่ควรปลูกในพื้นที่ดินค่อนข้างเหนียว ซึ่งเมื่อกระทบแล้ง มันสำปะหลังจะตายมาก

การเตรียมดิน

เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังควรเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุยและทำลายวัชพืชให้พืชให้หมดสิ้น เนื่องจากการเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุย มีผลทำให้มันสำปะหลังที่ปลูกสัมผัสกับดินมากที่สุด เมื่องอกเป็นต้นอ่อนแล้วสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีวัชพืชขึ้นน้อย การไถด้วยผาน 3 ครั้งแรกและตามด้วยผาน 7 เป็นวิธีการที่เหมาะสม ไถพรวนภายหลังฝนตกแล้ว 2-3 วัน เพื่อจัดเก็บความชื้นไว้ในดิน เมื่อจะทำปลูก

มันสำปะหลังโดยวิธีขึงเชือกจึงไถแปรดินด้วยจานพรวนหรือผาน 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

การปลูกมันสำปะหลังสามารถกระทำได้โดยการใช้ระยะปลูกให้เหมาะสมกับชนิดของพันธุ์ที่ใช้และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระยะมาตรฐานที่แนะนำกับมันสำปะหลังทุกพันธุ์และทุกสภาพดินคือ 1.0 x 1.0 เมตร อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มหรือลดระยะปลูกได้ ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงควรใช้ระยะ 1.0 x 1.20 หรือ 1.20 x 1.20 เมตร เพื่อป้องกันการเฝือใบเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าลงหัว ในทางตรงข้ามถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายจัด ควรใช้ระยะปลูกถี่ขึ้น 1.0 x 0.8 เมตร หรือ 0.8 x 0.8 หรือ 0.6 x 0.6 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้มันสำปะหลังคลุมพื้นที่ได้เร็ว ลดปัญหาวัชพืช เป็นที่น่าสังเกตว่าการปลูกถี่ทำให้จำนวนต้นต่อไร่สูงขึ้น จำนวนหัวต่อไร่ก็เพิ่มมากขึ้นแต่หัวมันสำปะหลังมีขนาดเล็กลง ในเรื่องของการจัดระยะปลูกจะมีคำกล่าวว่า “ดินเลวปลูกถี่ ดินดีปลูกห่าง” เกษตรกรจึงควรจัดระยะปลูกให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง

การกำจัดวัชพืช

วัชพืชหรือ “รุ่น” เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงตลอดฤดู การกำจัดวัชพืชในมันสำปะหลังเป็นสิ่งจำเป็น จึงทำให้ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการปลูกและดูแลรักษาเกิดจากการป้องกันกำจัดวัชพืช โดยเฉพาะในระยะ 1-4 เดือนแรกของการปลูก ต้องหมั่นตรวจแปลงปลูกทุก 15 วัน เพื่อแก้ปัญหาวัชพืชโดยใช้หลักป้องกันไว้ก่อน การปล่อยให้วัชพืชแข็งแรงเจริญเติบโต จนกระทั่งออกดอกจะกำจัดทำลายยากและยืดเยื้อ ใช้ต้นทุนสูง ทำให้มันสำปะหลังแคระแกร็นผลผลิตต่ำ มีรายงานว่าหากปล่อยให้

วัชพืชขึ้นแข่งกับมันสำปะหลังกับมันสำปะหลังโดยที่ไม่มีการกำจัดเลย จะทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 20-50 % ในการปลูกมันสำปะหลังมีการใช้สารกำจัดวัชพืชมาก โดยเฉพาะพาราควอท (กรัมม๊อกโซน) และไกลโฟเสท การกำจัดวัชพืชควรทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือช่วงที่มันสำปะหลังมีอายุประมาณ 30 วัน และประมาณ 60 วัน และควรมีการกำจัดวัชพืชเพิ่มเติม หากยังมีวัชพืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนี้อาจมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช โดยการกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ภายหลังจากการใช้จอบ ให้ใช้สารเคมีพาราควอทฉีดพ่นในอัตรา 90 ซีซี. ต่อน้ำ 1 ถังฉีด (17 ลิตร) โดยผสมสารจับใบโดยการฉีดให้ระวังอย่าให้ถูกต้นมันสำปะหลัง เพราะสารพาราควอทจะทำให้ต้นเสียหายจนถึงตายได้ จึงควรฉีดต่ำ ๆ เริ่มฉีดเมื่อมันสำปะหลังมีอายุประมาณ 2 เดือน และฉีดพ่นสารเคมีไกลโฟเสท ชนิด 48 % 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) สภาพทางจุลชีวของดิน ซึ่งจะควบคุมการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ตลอดจนการตรึงไนโตรเจน และ (4) ระดับธาตุอาหารพืช ซึ่งได้แก่ ปริมาณและความสมดุลของธาตุอาหารที่จำเป็น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการปฏิบัติกับดินอย่างถูกต้องต่อเนื่อง ไม่ปล่อยให้ดินทรุดโทรมจนเกินแก้ไข ทั้งนี้เป็นเพราะดินไร่นั้นเป็นดินที่มีลักษณะ “เสื่อมโทรมง่าย แก้ไขยาก ศักยภาพต่ำ” แนวทางที่จะรักษาสภาพของดินนั้นไว้ก็คือ

1. ต้องเพิ่มเติมธาตุอาหารลงไปในดิน เพื่อทดแทนปริมาณที่พืชนำไปใช้
2. ต้องรักษาสภาพของดินให้มีสมบัติทางกายภาพที่ดีไว้ โดยการรักษาระดับอินทรียวัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่ดีเหมาะสม
3. ต้องมีการอนุรักษ์ดินไว้ ไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลาย

ปัญหาการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมักจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมันสำปะหลังซึ่งปลูกในดินร่วนทราย ขาดสิ่งปกคลุมดินในระยะแรกของการเจริญเติบโต ประกอบกับสภาพของพื้นที่

ปลูกเป็นคลื่นลอนไม่ราบเรียบ จึงทำให้การสูญเสียผิวดินชั้นบนเนื่องจากการไหลบ่าของน้ำฝนซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำทุกๆ ฤดูปลูก การสูญเสียผิวหน้าดินจึงทำให้อินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารพืชลดน้อยลงไปตามลำดับ โดยเฉพะอย่างยิ่งในระบบการปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน (Continuous cropping) การเสื่อมของดินจะเห็นได้อย่างชัดเจน จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงควรปฏิบัติบำรุงรักษาทรัพยากรดิน ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

1. การปรับปรุงและจัดการดิน

1.1 การไถพรวนดิน (Tillage Practices) การไถพรวนดินนั้นไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลในทางอ้อม เช่น ทำให้ดินมีความโปร่งมากขึ้น มีการถ่ายเทอากาศดี ลดการระเหยของน้ำจากผิวหน้าดิน ช่วยกำจัดวัชพืช ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลสนับสนุนให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น ผลของการไถพรวนทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน ความหนาแน่นของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณน้ำหรือความชื้นของดิน การไถพรวนดินติดต่อกันเป็นระยะนาน ๆ เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง และทำให้การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน (Soil aggregation) เลวลงด้วย โดยเฉพาะการไถพรวนในขณะที่ดินแห้งเกินไป จะทำให้การรวมตัวเป็นก้อนของเม็ดดินถูกทำลาย ถ้าไถพรวนเมื่อดินเปียกชื้นเกินไป ก็จะทำให้ดินแน่นจับตัวเป็นก้อนโตและเมื่อแห้งจะแข็งมาก จากปัญหาที่กล่าวแล้ว บางครั้งบางสภาพการลดจำนวนความถี่ในการไถพรวนให้น้อยลง (Minimum tillage) หรือการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการไถพรวนนั้นจะเป็นวิธีการที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดี

1.2 การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop Rotation) การนำพืชตระกูลถั่ว ไม่ว่าจะเป็นถั่วเขียว ถั่วเหลือง หรือถั่วลิสง มาปลูกร่วมกับมันสำปะหลังในพื้นที่เดียวกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ธาตุอาหารของพืชอันจะทำให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารหรือเพื่อการบำรุงดิน หรือแม้แต่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องโรคแมลงก็ตาม ยังไม่มีการปฏิบัติกันอย่างจริงจัง ทั้ง ๆ ที่โดยความเป็นจริงแล้วการปลูกพืชแต่ละชนิดหมุนเวียนเปลี่ยนกัน จะแก้ปัญหาเรื่องราคาผลผลิตตกต่ำได้ เกษตรกรยังคงยืนหยัดปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันปีแล้วปีเล่า อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเกี่ยวกับการปลูกพืชหมุนเวียนระยะยาว โดยใช้พืชตระกูลถั่วคือ ถั่วลิสงกับถั่วเขียว เป็นพืชหมุนเวียนกับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดยโสธร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระบบปลูกพืชละปีสลับกันไป โดยใช้ถั่วมะแฮะเป็นพืชคั่นในระหว่างฤดูปลูก ผลการทดลองในช่วง 7 ปี (2519-2526) พบว่า การใช้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนดังกล่าว เป็นไปได้ในแง่การเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร

1.3 การหมุนเวียนอินทรียวัตถุ (Recycling of organic materials) การหมุนเวียนอินทรียวัตถุที่ได้มาจากดินหมายถึง การใส่ซากพืชต่างๆ ที่อยู่ในรูปของปุ๋ยหมักและการไถกลบเศษซากพืชที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวโดยตรง นอกจากจะเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารส่วนหนึ่งที่พืชนำจากดินมาใช้กลับไปสู่ดินแล้ว ยังถือได้ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางเคมีฟิสิกส์ที่มีผลในระยะยาวอีกด้วย โดยเฉพาะสมบัติการดูดตรึงธาตุอาหารและความชื้น การไถกลบเศษ ซากพืชที่เหลือในไร่ลงดินโดยตรงนั้นดูจะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดเวลาและแรงงานมากที่สุด และเป็นการปฏิบัติที่มีการกระจายการหมุนเวียนกลับคืนอย่างถูกต้อง เพราะได้มาจากที่ไหนก็กลับคืนไปยังที่นั้น สามารถเพิ่มเติมปุ๋ยคอกลงไปโดยตรงได้ โดยไม่ต้องกลัวว่าอินทรียวัตถุเหล่านั้นจะไม่ย่อยสลาย เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน มีความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับกิจกรรมทางจุลินทรีย์ดินที่จะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วอยู่แล้ว โดยปกติผลของการไถกลบอินทรียวัตถุลงไปในดินที่มีต่อคุณภาพของดินนั้น มักเห็นผลในระยะยาว

การไถกลบเศษซากพืชร่วมกับการใช้ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดิน Red Yello Latsol หรือดินร่วนทรายชุดยโสธร ในช่วงปี 2520-2526 พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตรา 8 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ต่อปี โดยมีการไถกลบซากต้นมันสำปะหลังและใบลงดินด้วย สามารถรักษาระดับผลผลิต ไว้ได้ในระดับสูงสุด การใช้ปุ๋ย N P K ร่วมกับปุ๋ยหมัก ในอัตรา 2 ตันต่อไร่ต่อปี ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ย N P K อย่างเดียวแต่อย่างใด ส่วนการไถกลบเศษซากต้นมันสำปะหลังอย่างเดียวติดต่อกัน 7 ปีนั้นสามารถรักษาระดับผลผลิตไว้ได้ในระดับที่สูงกว่าการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใช้ปุ๋ยถึงเกือบร้อยละ 50 สรุปได้ว่าการไถกลบต้นใบ มันสำปะหลังกลับคืนลงดิน มีประโยชน์ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ กทม. 2 ในแปลงทดลองปุ๋ยระยะยาวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองและขอนแก่น

ตารางที่ 2.1 ผลของการใช้ปุ๋ย N P K ปุ๋ยหมัก และการไถกลบเศษซากต้นมันสำปะหลังที่มีต่อผลผลิตของมันสำปะหลังในระยะ 7 ปี

วิธีการ	น้ำหนักหัวมันสด		น้ำหนักหัวมันสดเฉลี่ย 7 ปี (ก.ก)	ดัชนี (%)
	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 ต่อไร่ต่อปี โดยใช้ปุ๋ยหมักเทศบาล (กทม. 2)
ที่มา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.4 การอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and Water Conservations) การอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการดินเพื่อลดการสูญเสียหน้าดินมีหลายวิธี เช่น ปลูกถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และปอเทือง เพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดให้กับมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง 3 ฤดูปลูก ปรากฏว่า ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด สมบัติทางกายภาพของดินชั้นบนรวมถึงการซึมของน้ำ การเก็บรักษาความความชุ่มชื้นดีขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ถั่วพุ่มมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชและมวลชีวภาพ (Biomass) สูงกว่าถั่วมะแฮะและปอเทืองที่ปลูกในดินชุดยโสธร

2. การใช้ปุ๋ยเคมี

ในการปรับปรุงและบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การผลิต โดยการใช้ปุ๋ยเคมีนั้น แม้จะไม่ใช่เรื่องที่เป็นไปไม่ได้ แต่เป็นเรื่องที่ยากพอสมควร เนื่องจากสภาพดินไร่ของประเทศไทยขาดความอุดมสมบูรณ์ ธาตุอาหารถูกพืชนำไปใช้เพื่อการผลิตปีแล้วปีเล่า ขณะที่การเพิ่มเติม

ธาตุอาหารลงไปทดแทนแทบไม่มีเลย หรือมีเพียงเล็กน้อยในบางพืชและบางท้องที่เท่านั้น การรักษาระดับผลผลิตหรือการเพิ่มผลผลิตโดยวิธีอื่น ๆ นั้น ได้ผลล่าช้าไม่ทันเหตุการณ์ เพราะเป็นการแก้ไขในทางอ้อม การใช้ปุ๋ยเพื่อทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไปและเพิ่มเติมตามความต้องการของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตตามต้องการ จึงเป็นวิธีตรงวิธีเดียวในการแก้ปัญหาเรื่องการขาดความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่การใช้ปุ๋ยจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพเป็นสำคัญ โดยต้องเข้าใจถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

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

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

ไนโตรเจน (N) แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน คือการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วอินทรียวัตถุจะมีธาตุไนโตรเจนประมาณ 5 % หลังจากการสลลายตัวโดยจุลินทรีย์ดินต่าง ๆ ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของพืชเกือบทุกชนิด ซึ่งสำหรับมันสำปะหลังแล้ว ไนโตรเจนมีความสำคัญต่างๆ คือ

(1) ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตโดยทั่วไป

(2) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง

(3) ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบ (Leaf area)

(4) ช่วยเร่งการเจริญเติบโตในระยะแรก

(5) ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้นเมื่อมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุนี้ ไนโตรเจนจากส่วนของใบล่าง ๆ จะถูกดึงดูดเคลื่อนย้ายไปลี้ยงส่วนยอดหรือส่วนอื่นของต้น

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบสนองอ่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต หัวมันเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง โดยทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 8 ถึง 16 กิโลกรัมต่อไร่ของเนื้อธาตุไนโตรเจน แต่ผลผลลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและการตกกระจายอย่างสม่ำเสมอของฝน อย่างไรก็ดี เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 % ในดินชุดสัตหีบ

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

การศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินหลายชุด ปรากฏผลตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ดีการใส่ปุ๋ยอัตรา 8 - 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่เพียงพอสำหรับยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายทั่วไป

โพแทสเซียม (K) เป็นที่ทราบว่าโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นมันสำปะหลังไปยังราก จึงปรากฏว่าประมาณ 60% ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดใช้จากดินสะสมอยู่ในหัว 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

ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมัน ขณะเดียวกันลดปริมาณไฮโดรไซยานิคในหัวมันสูงกว่าในดินที่มีระดับโพแทสเซียมเพียงพอ มันสำปะหลังที่ขาดแคลนโพแทสเซียม จะทำให้การเจริญเติบโต

ลดลงและใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ และมีใบเล็กแคบ ลำต้นแคระแกร็นด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักหัวมันสดเมื่อใส่ปุ๋ย N P K อัตราอย่างละ 8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี อย่างต่อเนื่องในดินชุดยโสธร

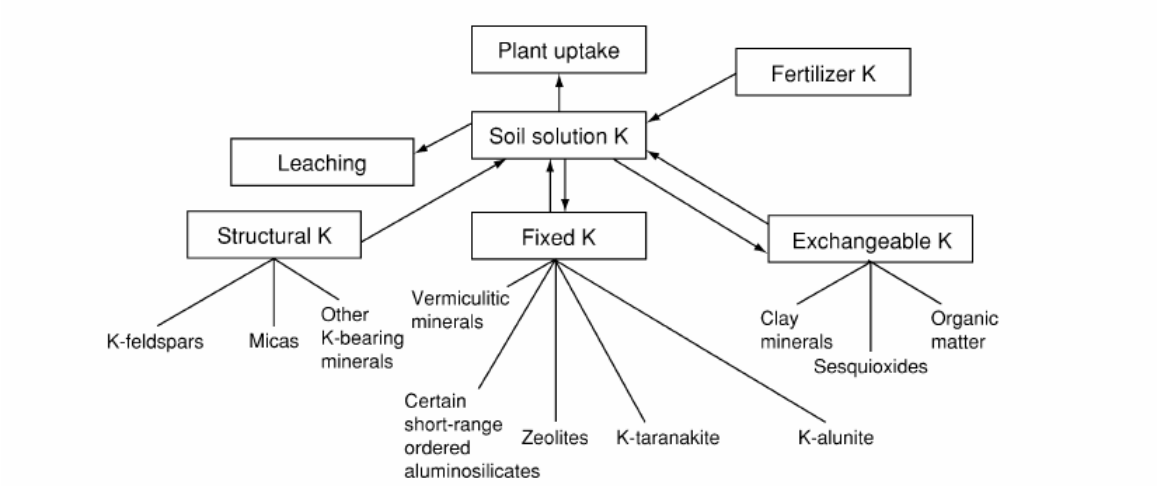
วิธีการ	น้ำหนักหัวสด(ตัน/ไร่)				ดัชนีผลผลิต
	ปีที่ 1 (2519)	ปีที่ 5 (2523)	ปีที่ 9 (2527)	ค่าเฉลี่ย 9 ปี	
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.51	2.36d	1.06d	1.75	100
N	4.26	2.35d	1.25d	1.95	111
NP	4.93	2.72ab	1.14d	1.95	111
NK	4.92	2.42cd	2.02bc	2.97	170
NPK	4.74	3.06a	3.30ab	3.42	196
NPK+กทม. 2 (ตัน/ไร่/ปี)	4.64	3.77a	3.93a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

ที่มา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

โพแทสเซียมในดินและการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างแป้งและน้ำตาล รวมถึงการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืช ซึ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการหายใจและการคายน้ำของพืช ธาตุโพแทสเซียมเมื่อเข้าไปอยู่ในพืชแล้วนั้นจะไม่ได้เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอินทรียวัตถุเหมือนอย่างกับพวกธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่การที่โพแทสเซียมจะอยู่ในรูปของไอออน (Ionic form) ภายในพืช ด้วยเหตุนี้ธาตุโพแทสเซียมจึงสูญหายไปจากพืชโดยการชะล้างได้ง่าย โพแทสเซียมช่วยทำให้ผนังเซลล์ของพืชหนาขึ้นและลำต้นแข็งแรงขึ้น ดังนั้น ถ้าพืชได้รับโพแทสเซียมไม่เพียงพอในบางครั้งพืชอาจจะล้มได้

นอกจากนี้โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มน้ำตาลในพืชพวกอ้อย พวกพืชหัว (Root crops) ดังนั้น จึงมีความต้องการธาตุโพแทสเซียมที่สูง ถ้าพืชได้รับธาตุโพแทสเซียมที่ไม่เพียงพอก็จะแสดงอาการขาดออกมา ซึ่งปกติแล้วพืชส่วนใหญ่จะแสดงลักษณะขอบใบไหม้ออกมา



ภาพที่ 2.1 โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของส่วนต่าง ๆ ในดิน และส่วนความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินต่อพืช

ที่มา: Sparks and Huang (1985)

ชนิดและปริมาณของโพแทสเซียมในดิน

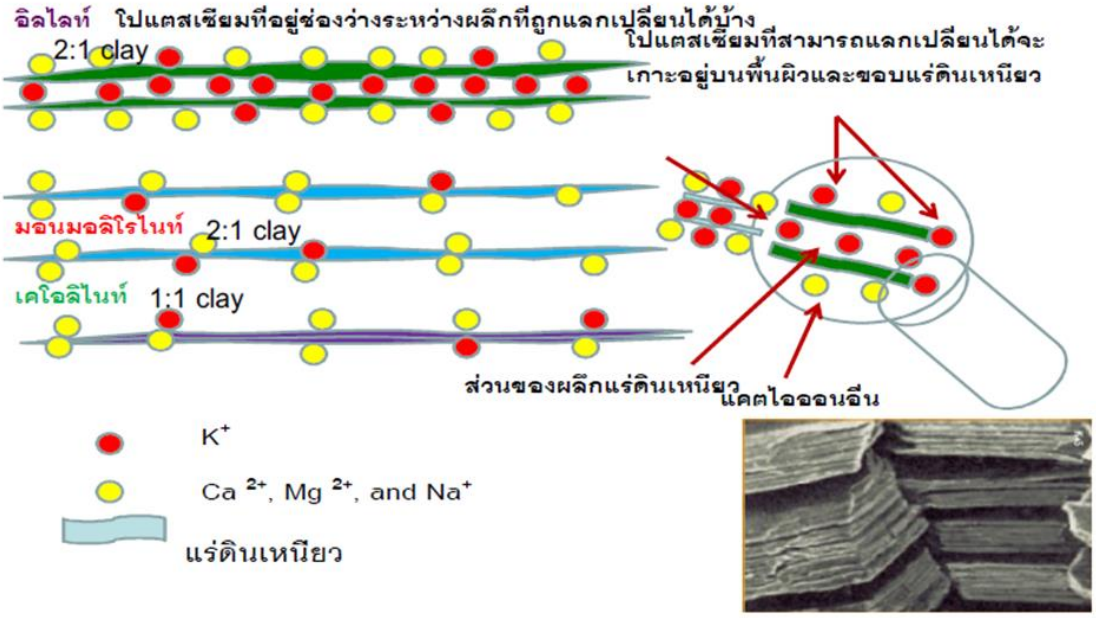
แบ่งตามความเป็นประโยชน์แล้วแบ่งออกได้ 3 ชนิด

1. โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันที (Relative unavailable form) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปแร่ Felspars และ Micas เป็นต้น และมีอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก คือ ประมาณ 90-98% ของโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินทั้งหมด แร่เหล่านี้จะสลายตัวได้อย่างช้าๆ และจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น

$2KAlSi_3O_8 + H_2CO_3 + H_2O$ ----------> $H_4Al_2Si_2O_9 + K_2CO_3 + 4SiO_2$

Microcline feldspar Hydrated silicate Soluble carbonate

2. โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างช้า (Slowly available forms) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของโพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed) อยู่ระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เช่น Vermiculite, Montmorillonite และ llite เป็นต้น โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปนี้เรียกว่า Nonexchangeable potassium และพืชไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกเสียจากโพแทสเซียมที่ถูกตรึงนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาเสียก่อน เกี่ยวกับการที่มันจะถูกปลดปล่อยออกมาได้ช้าเร็วแค่ไหนนั้นจะขึ้นอยู่กับความสมดุลที่มีกับโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่อาจแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) และที่อยู่ในรูปของไอออนในสารละลาย (Soil- solution K) (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยเกาะอยู่บนพื้นผิวของแร่ดินเหนียวชนิดต่างๆ โดยโพแทสเซียมที่เกาะอยู่บนพื้นผิวของแร่มอลิโคไนต์ (2:1 clay) สามารถถูกแลกเปลี่ยนได้

3. โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (Readyily available forms) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ใน K+ ใน Soil solution และโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ซึ่งอยู่ในรูปของ Excahngeable K โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของ K+ ในสารละลายในดินนั้น พืชจะไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่า แต่ขณะเดียวกันก็จะถูกชะล้างให้สูญหายไปได้ง่ายกว่าโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของ Exchangeable K แต่โพแทสเซียมทั้งสองรูปนี้จะอยู่ในสภาพที่สมดุลซึ่งกันและกันตลอดเวลา กล่าวคือ

เมื่อพืชดูดเอาโพแทสเซียมในสารละลายดินไปใช้ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียสมดุล โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของ Exchangeable K ก็จะถูกปลดปล่อยให้ออกมาอยู่ในรูปของ K^+ ใน Soil solution เพื่อรักษาสภาพที่สมดุลไว้ แต่ถ้ามีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน สมการก็จะเปลี่ยนไปในทิศทางตรงกันข้าม

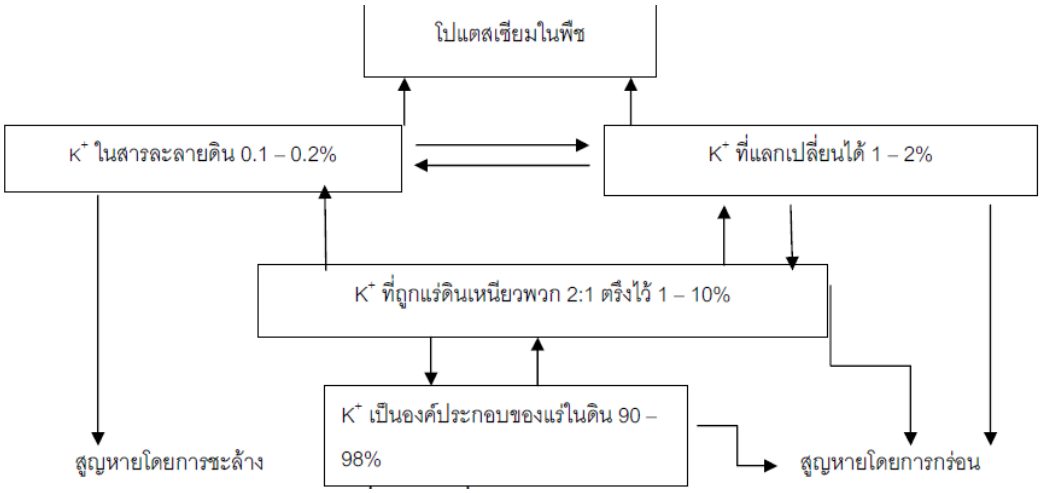
การขาดโพแทสเซียมในพืช

การขาดโพแทสเซียมจะไม่แสดงอาการให้เห็นด้วยตาเปล่าทันที ในตอนแรกการขาด K^+ จะมีเพียงพอ แต่อัตราการเจริญเติบโตลดลง (Hidden huger) หลังจากนั้นจึงจะมีอาการใบเหลือง (Chlorosis) และแสดงอาการตายของเนื้อเยื่อ (Necrosis) ซึ่งอาการเหล่านี้จะเกิดขึ้นกับใบแก่ก่อน ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากความจริงที่ว่าใบแก่จะเป็นตัวคอยดูดซับธาตุอาหารให้แก่ใบอ่อน ผลงานของ Pissarek (1973) ซึ่งทำกับ Rape ที่ทำกับข้าวฟ่างจะแสดงให้เห็นว่าอาการขาด K+ ในใบแก่อันดับที่ 2 และ 3 และไม่ใช่ใบที่แก่ที่สุดสำหรับพืชทั่วไปแล้วอาการใบเหลืองซีด และอาการตายของเนื้อเยื่อนี้จะเริ่มเกิดขึ้นที่ขอบ (Margin) และปลายใบ (Tip) ยกตัวอย่างเช่น ข้าวโพด ธัญพืช ไม้ผล แต่อย่างไรก็ตามพืชบางชนิด เช่น Clover จะมีการกระจายของจุดที่เกิดจากการตายของเนื้อเยื่อไม่สม่ำเสมอบนพื้น ใบพืชที่ขาด K จะมีความเต่งน้อย และถ้าหากพืชอยู่ในสภาพขาดน้ำ (Waterstress condition) ก็จะเหี่ยวได้ง่าย ดังนั้นพืชที่ขาด K จึงมีความต้านทานต่อความแห้งแล้งน้อยและพืชเหล่านี้จะได้รับอันตรายจากอากาศเย็น (Frost) โรคราและดินเค็มได้ง่าย Pissarek (1973) ได้แสดงให้เห็นว่าการ Rape (Brassica napus) ได้รับ K ไม่เพียงพอจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของ Cambium ในลำต้นของ Rape ลดลง ดังนั้น การสร้างเนื้อเยื่อ Xylem และ Phloem ก็จะถูกจำกัด ส่วนการสร้างเนื้อเยื่อ Cortex จะได้รับผลกระทบกระเทือนเพียงเล็กน้อย การขาด K จะมีผลทำให้ขบวนการเกิด Lignin (Ligninfication) ในVascular bundle ลดลง ด้วยเหตุนี้เองพืชที่ขาด K จึงล้มง่าย (Prune to lodging) การขาด K จะมีผลทำให้เกิดการสลายของคลอโรพลาส (Chloroplast) และไมโตรคอนเดียร์ (Mitrochondria) (Pissarek, 1973)

การเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยโพแทสในดิน

โพแทสเซียมในดินแบ่งตามความเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดังนี้คือ 1) รูปที่พืชดูดใช้ได้ง่าย คือ โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน และโพแทสเซียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ 2) รูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างช้าๆ (Slowly available K) คือ โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed K) อยู่ในส่วนของแร่ดินเหนียวพวก 2:1 หรือเป็นรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (Non exchangeable K) และ 3) รูปที่ไม่เป็นประโยชน์แก่พืช

(Unavailable K) คือ โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ต่าง ๆ ในดิน สำหรับธาตุนี้ในดินอาจสูญหายไปได้ 3 ทางคือ พืชดูดไปใช้ถูกชะล้างและติดไปกับมวลดินที่กร่อนการที่พืชสามารถเจริญเติบโตในดินได้โดยไม่ขาดแคลนโพแทสเซียม แสดงว่านอกจากรากพืชจะดูดธาตุนี้ในรูปที่เป็นประโยชน์จากสารละลายดิน และที่แลกเปลี่ยนได้มาใช้แล้ว ดินยังสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมที่ถูกตรึง และเป็นองค์ประกอบของแร่ออกมาให้พืชใช้ได้อย่างต่อเนื่อง และเพียงพอด้วย แต่ถ้าความต้องการโพแทสเซียมของพืช มีสูงกว่าความสามารถที่ดินจะสนองให้ได้ ก็จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เหมาะสม (Havlin *et al*., 2005)



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยโพแทสในดิน

สำหรับปุ๋ยโพแทสชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำง่าย เมื่อใส่ในดินที่มีความชื้นเพียงพอ ปุ๋ยจะแตกตัวให้โพแทสเซียมไอออนกับแอนไอออนที่เป็นองค์ประกอบดังนี้

$KCl \longrightarrow K^+ + Cl^-$

$K_2SO_4 \longrightarrow K^+ + SO_4^{2-}$

$KNO_3 \longrightarrow K^+ + NO^{3-}$

$KH_2PO_4 \longrightarrow K^+ + H_2PO_4^-$

ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสแต่ละชนิดลงไปในดิน นอกจากจะให้โพแทสเซียมแล้ว ยังให้ธาตุอาหารอื่นรูปที่เป็นประโยชน์ แตกต่างกันตามชนิดของปุ๋ยด้วย เช่น โพแทสเซียมซัลเฟตให้โพแทสเซียมกับกำมะถัน

ส่วนโพแทสเซียมไนเทรตให้โพแทสเซียมกับไนโตรเจนโพแทสเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้นในสารละลายดินอย่างมากเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสนั้น ย่อมกระทบต่อสมดุลของธาตุนี้ที่มีอยู่เดิมในดิน กล่าวคือ โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดินปริมาณมาก จะเคลื่อนย้ายมาดูดซับที่ผิวของคอลลอยด์ดิน ทำให้ปริมาณของส่วนที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้โพแทสเซียมไอออนจากปุ๋ยบางส่วนยังถูกแร่ดินเหนียวตรึงไว้อีกด้วย อย่างไรก็ตามภายหลังการใส่ปุ๋ยโพแทส ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชย่อมสูงขึ้น แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมากหรือน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยโพแทสที่ใส่และความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมของดินนั้น

การผุผังสลายตัวทางชีวภาพของกลุ่มแร่ซิลิเกต

การผุผังสลายตัวของซิลิเกตเกิดจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม silicate becteria ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกันและกลไกที่เข้าทำลายโครงสร้างของแร่ต่างกัน กลไกหลักๆ ที่จุลินทรีย์ใช้ในการทำลายโครงสร้างของแร่คือ pH, ionic strength และ organic compound เช่น citrate, dihydroxy benzoate, tropolone ซึ่ง organic compounds นี้จุลินทรีย์ผลิตขึ้นเพื่อสร้างคุณสมบัติ iron chelate จากการศึกษาบริเวณแหล่งน้ำที่มี organic compounds มาก เช่น น้ำบาดาล เป็นบริเวณที่เกิด reducing มากจาก iron reducing และ กระบวนการ mathanogenesis เป็นกระบวนการพื้นฐานของกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยการเกิด iron reducing นี้ ferrous iron จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ pH ลดลงจาก 7.8 เป็น 6.5 ปริมาณของ silicate เพิ่มขึ้นจาก 0.3 มิลลิโมล/ลิตร เป็นมากกว่า 1 มิลลิโมล/ลิตร การละลายของแร่จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วมากใน quartz และ feldspar บริเวณที่แร่เกิดการผุผังสึกกร่อนนี้จะพบโคโลนีมากมายของจุลินทรีย์เจริญอยู่ซึ่งเป็นบริเวณกว้างมากที่สุด และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่กระทำควบคู่กันไป พบว่า แร่ microcline และ albite จะผุพังสลายตัวอันเนื่องมาจากกิจกรรมที่เกิดจากความอิสระของ proton โดยจะมีการเปลี่ยนแปลง pH แต่เกิดขึ้นในแร่ microcline เท่านั้น คือ เมื่อค่า pH เท่ากับ 3.0 อัตราการละลายจะเพิ่มขึ้น และอัตราการละลายจะลดลง เมื่อ ionic strength เพิ่มขึ้น (โดยใช้ LiCl เป็น anionic strength buffer) โดยเพิ่มขึ้นเป็น 50 – 75% (Goldschmidt, 1998)

จากการศึกษาของนักวิจัยต่าง ๆ ได้อธิบายถึงกลไกการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกลุ่มแร่ซิลิเกตไป ซึ่งในการหลุดออกของโพแทสเซียมก็เป็นกลไกที่คล้ายกันนั่นเอง

โดย Mueller (1996) กล่าวว่าจุลินทรีย์ทำลายแร่ได้จากสารละลายเคมีที่ประกอบด้วย pH, อินทรีย์คาร์บอน และธาตุอาหาร จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการทำลายแร่ซิลิเกตของ *Pseudomonas fluorescens* เกิดในช่วง pH ลดลงระหว่าง 5.5 – 7.0 และ ionic strength ก็ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน จากการสังเกตในภาคสนาม พบว่า จำนวนจุลินทรีย์พวกดำรงชีวิตอิสระ (free living)

เพิ่มขึ้นที่บริเวณผิวหน้าของแร่ซิลิเกต และการละลายออกมาของธาตุอาหารขึ้นอยู่กับ P/Fe จะเห็นได้ว่าการผุผังสลายตัวของแร่เกิดขึ้นโดยตรงจากกระบวนการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์และใช้ฟอสฟอรัสเป็นส่วนสำคัญ และจะเกิดในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนของน้ำใต้ดิน (ground water) จากการใช้ SEM (scanning electron microscopy) สังเกตเห็นว่าแร่ plagioclase และ Ontario microcline แตกต่างกัน โดยผิวหน้าของแร่ที่มีการเจริญของจุลินทรีย์อยู่จะถูกทำลายเนื่องจากจุลินทรีย์บนผิวหน้าของแร่มีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มีอยู่เพียงเล็กน้อยและปริมาณเหล็กในตัวของแร่เอง เมื่อเปรียบเทียบ ชีวมวลพบว่า ชีวมวลของจุลินทรีย์พวกรีดิวซ์เหล็ก (dominated by iron reducing becteria: DIRB) มีมากกว่าจุลินทรีย์พวก methanogenesis และพวก fermenters (Jennifer, Nodate) เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Styriakova และ Styriak (2000) พบว่า *Bacillus sp.* ซึ่งคัดเลือกจากแบคทีเรียจำนวนมากที่สามารถเข้าทำลายโครงสร้างของแร่ Kaolins สำหรับ strain ที่ใช้ คือ *Bacillus cereus* เพราะ *Bacillus cereus* ไม่ก่อให้เกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับ genus *Aspergillus* ที่ก่อให้เกิดโรคทั้งในมนุษย์และสัตว์ ผลที่ได้พบว่า Fe หลุดออกมา 43% อย่างไม่มีรูปร่างในแบบของ Oxyhydroxides และอีก 15% อยู่ในรูปของ Fe bound ในแร่ mica หลังจากที่ปล่อยให้เกิด bioleaching 1 เดือน ในตัวอย่าง KS1 และ KS2 ซึ่งเป็นตัวอย่างแร่ Kaolins ที่ได้จาก Homa Prievrana ใน Slovakia และ KS3 ซึ่งปล่อยให้เกิด bioleaching นานขึ้น เป็นเวลา 3 เดือน

ส่วนการทดลองของ Van Cleave, *et .al*. (nodate) พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ *Desulfovibrio desulfuricans* ซึ่งเป็น sulfate-reducing bacteria สามารถทำลายโครงสร้างของแร่ maskelynite ทำให้เกิดหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ไมโครเมตร เมื่อเทียบกับ control

Bratley, *et. al.* (Nodate) หลังจากทดลองหลังจากการทดลองใส่เชื้อ *Streptromyces sp.* และ *Arthoro bactor* sp. ให้เจริญบนผิวหน้าของอาหาร minimal medium โดยใส่ hornblende เป็นเวลาหลายวัน พบว่าจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดทำให้เกิดสภาพกรดใน biofilms และเมื่อสภาวะ pH คงที่ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดสามารถดัด Fe ออกมาจาก hornblende ได้โดยปริมาณของ Fe จะเพิ่มขึ้นมากกว่าสัปดาห์แรกถึง 5 - 10 เท่า

เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการปลดปล่อนธาตุโพแทสเซียมในดิน

Alekcahegopol and Zak (1996) พบว่า *Bacillus circulans* ซึ่งเป็นพวก silicate bacteria ชนิดหนึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายแร่ pegmatolite ให้โพแทสเซียมออกมาในรูป K_2O ได้ 72% และย่อยแร่ K_3O ได้ 31.3% จากประสิทธิภาพดังกล่าวจึงทำให้ประเทศจีนผลิตเชื้อนี้ในรูปของหัวเชื้อ

ชีวภาพ ทดลองใช้กับพืชปลูกหลายชนิด พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับพืชต่าง ๆ ดังนี้ ข้าวสาลี ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 11 - 16% ข้าวโพด เพิ่มขึ้น 10 - 13% ข้าว 10 - 15% ถั่วลิสง 22 - 26% ผักและผลไม้ 23 – 38% นอกจากจะให้โพแทสเซียมแล้วยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ด้วย (Berge, *et. al,* 1991) โดยพบว่า เกิด acetylene-reducing activity (3100 nmol ethylene/day/plant) ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์นี้เจริญอยู่ในบริเวณรากข้าว

แบคทีเรียในสกุลของ *Bacillus* นอกจาก *Bacillus circulans* แล้วยังมีชนิดอื่นๆ อีกที่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจากแร่พวกซิลิเกต ตัวอย่างเช่น Bacillus siliceous เมื่อใส่ลงไปในดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว ทำให้ผลผลิตของข้าวสาลีและข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Martin, 1961) *Bacillus mecilanosus* ก็สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ด้วยเช่นเดียวกัน และยังสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาได้อีกด้วย จากการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพโดยการคลุกเชื้อร่วมกันระหว่าง *Azotobacter chrococum, Bijerinkia fluminensis* สำหรับการตรึงไนโตรเจน และ *Bacillus mecilaginosus* เปรียบเทียบกับ control ปลูกใน demo – podzolic soil ใส่มูลวัว – ควาย 25g/pot และปุ๋ย N P K พบว่า การคลุกเชื้อทำให้น้ำหนักสด (6.61 g/1 plant) และน้ำหนักแห้ง (0.432 g/l plant) ของผักสลัด “Berlin” มากกว่า ทรีทเมนต์อื่นๆ (น้ำหนักสด 6.661>0.4120>1.761>2.021 g/ 1 plant น้ำหนักแห้ง 0.432>0.370>0.204>0.201 g/1 plant ตามลำดับ)

นอกจากนี้ สกุล *Bacillus* แล้วยังมีอื่นๆ อีก เช่น *A. tumescens* ที่คลุกเชื้อลงในดิน mile silt ผสมกับดินทราย แล้วปลูกข้าวบาร์เลย์ (60 วัน) และถั่วเหลือง (70 วัน) นำดินปลูกมาวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา พบว่า NH_4 - acetate และ K เพิ่มขึ้น Si หลุดออกมามากขึ้น ใน sand silt ในส่วนเหนือดินของพืช พบว่า ปริมาณ คลอโรฟิลล์ N, P, K และคาร์โบไฮเดรต เพิ่มมากขึ้น (Shady, *et al*, 1984)

Martin (1961) พบว่า *Aspergillus niger* และ *Clostridium pasteurianum* สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจากแร่ซิลิเกตได้เนื่องจากสามารถผลิต organic acid ออกมาได้ ซึ่งการหลุดออกของโพแทสเซียมเกิดจากกรด กรดที่สำคัญ คือ carbonic, nitric, sulfuric และ organic acid อื่นๆ อีกมากมาย โดย carbonic acid เกิดขึ้นได้จากการผลิต CO_2 ของเชื้อจุลินทรีย์พวก heterotrophic หรือหลุดออกของโพแทสเซียมใน clay mineral โดยจุลินทรีย์เคลื่อนย้าย cation มาจาก solution เพื่อให้เกิดสมดุลกันระหว่าง soluble และ insoluble forms ดังสมการข้างล่างนี้

K in protoplasm ⟵ soluble-K ⇌ mineral-K

Cation นี้จะเป็นอิสระเมื่อเซลล์ของจุลินทรีย์เน่าเปื่อยหรือตายลง

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

กรรณิการ์ สัจจาพันธ์ (2547) ได้อธิบายคุณสมบัติของดินเพิ่มเต็มว่า ประกอบไปด้วยสิ่งมีชีวิตในดิน (Soil Organism) ดินมีลักษณะเป็นวัสดุพรุนที่มีทั้งอากาศ น้ำ และสารอาหารต่างๆเป็นแหล่งธรรมชาติที่เอื้ออานวยต่อการดารงชีวิตและเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตมากมายนับตั้งแต่พืชชั้นสูงขนาดใหญ่ และเล็ก ที่หยั่งรากลึกลงไปในดิน สัตว์ชนิดต่าง ๆ ตลอดจนจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเล็กจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น จำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มหาศาล ในดินเพียงไม่กี่ลูกบาศก์นิ้วอาจมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในนั้นนับเป็นหลายพันธุ์ล้านเซลล์ การดำรงอยู่ของชีวิตจำนวนมหาศาลก่อให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ มากมายที่มีผลกระทบต่อสมบัติของดิน ประสิทธิภาพของผิวดินในการให้ผลผลิตทางการเกษตรตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม

มุกดา สุขสวัสดิ์ (2543) ได้อธิบายไว้ว่า ธาตุอาหารพืชในดินในกระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืชวัฏจักรการดำรงชีพในกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสง และการทำงานของเอนไซม์ เป็นต้น พืชจะได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จากอากาศ น้ำ และดิน พืชแต่ละชนิดมีความต้องการแร่ธาตุอาหารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ช่วงอายุพืชความสามารถของรากพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

ยงยุทธ โอสถสภา (2547) สรุปว่า ดินที่มีผลิตภาพสูง (High Productivity หรือ Productive Soils) ต้องมีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพดี จึงจะเป็นดินที่สามารถให้ธาตุอาหารต่าง ๆ แก่พืชอย่างเพียงพอ ประกอบกับดินมีโครงสร้างดีจึงสามารถอุ้มน้ำได้มากและมีการถ่ายเทอากาศดี รวมทั้งไม่มีชั้นดินดานหรือสารพิษจะเป็นอุปสรรคในการเจริญเติบโตของพืช

มุกดา สุขสวัสดิ์ (2543) ได้ให้คาจากัดความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility) หมายถึง ดินที่มีแร่ธาตุอาหารพืชต่าง ๆ อยู่ในปริมาณและสัดส่วนเหมาะสมและสมดุลส่วน

ยงยุทธ โอสถสภา (2547) ให้ความหมายคือ ความสามารถของดินในการสนองธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จาเป็นต่อพืชดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีธาตุอาหารครบทุกธาตุสามารถสนองธาตุอาหารเหล่านั้นในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอ สาเหตุที่ทาให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดมีธาตุอาหารน้อย สมบัติทางเคมีบางประการของดินไม่เหมาะสมดินเป็นกรด ดินเป็นด่างเกินไป ดินเป็นกรดจัดจะมีฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โมลิบดินั่ม (Mo) ที่เป็นประโยชน์ต่ำดินมีอินทรียวัตถุต่ำ เช่น ไนโตรเจน (N) และกามะถัน (S) ขาดการอนุรักษ์ที่ถูกต้องแร่ธาตุติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวถูกน้ำชะล้างออกไปจากดินติดไปกับอนุภาคดินที่ถูกน้ำพัดพาไปในกระบวนการตกตะกอนของดินธาตุบางธาตุ เช่น ไนโตรเจน (N) อาจสูญเสียไปในรูปแก๊สนอกจากดินจะประกอบด้วยธาตุอาหารพืช

ต่าง ๆ หลายชนิด ยังมีดินอีกจานวนมากที่ยังขาดแร่ธาตุและความสมบูรณ์ต้องทำการปรับปรุงดิน และเพิ่มปริมาณแร่ธาตุแนวทางหนึ่งที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน คือ ปุ๋ย ประเภทของปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย

มุกดา สุขสวัสดิ์ (2543) ได้อธิบายว่า ปุ๋ย หมายถึง วัสดุ หรือ สารที่ใส่ลงไปในดินเพื่อเพิ่มระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือเพิ่มปริมาณของธาตุอาหารที่พืชต้องการ และได้รับไม่เพียงพอในการเจริญเติบโต และเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต

ยงยุทธ โอสถสภา (2547) ได้ให้คำจำกัดความของปุ๋ย หมายถึงสาร อนินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือได้จากการสังเคราะห์ เมื่อใส่สารเหล่านั้นลงในดินจะเพิ่มธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช โดยหน้าที่ของธาตุอาหารที่อยู่ในดินและมีประโยชน์ต่อพืชมาก

ศิริพร กาทอง และเฉลิม เรืองวิริยะชัย (2557) ได้หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 4 ตัวอย่าง และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตใช้เองโดยใช้พืชในท้องถิ่นของเกษตรกร จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยย่อยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยกรดแล้วนำไปหาปริมาณไนโตรเจนด้วยเทคนิคเจลดาห์ หาปริมาณฟอสฟอรัส ตรวจวัดด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และหาปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกษตรกรผลิตเอง พบว่า อยู่ในช่วง 692.30 – 6,320.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุด

วินัย ชมบุตร จารุวรรณ เอียงมณีและธำรงฤทธิ์ พานิช (2551) การวิจัยทดสอบอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและประหยัดสำหรับปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง คือ ตำรับที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมีแบบเกษตรกร (T1) ตำรับที่ 2 ใช้ปุ๋ยเคมีแบบประหยัดหรือตามคำแนะนำกรมพัฒนาที่ดิน (T2) ตำรับที่ 3 ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (T3) และตำรับที่ 4 ใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T4) โดยศึกษาระหว่างฤดูปลูก 2548 ถึงฤดูปลูก 2550 จากการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T4) ให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังสูงสุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T3) อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีแบบประหยัดให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปีเพาะปลูก 2551/52 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนผลตอบแทน และประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตมันสำปะหลัง ระหว่างการใช้เทคโนโลยีไถระเบิดดินดานและไม่ใช้เทคโนโลยีไถระเบิดดินดานผลการศึกษา

พบว่า การผลิตมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีไถระเบิดดินดานมีระดับประสิทธิภาพทางเทคนิค และกำไรต่อไร่ สูงกว่าการผลิตมันสำปะหลังโดยไม่ใช้เทคโนโลยีไถระเบิดดินดานคิดเป็นร้อยละ5.52 และ14.40 ตามลำดับ

ปิยะมาศ โสมภีร์และ สมพร ชุนห์ลือชานนท์ (2552) จากการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ที่มีการสำรวจว่ามีแร่เฟลด์สปาร์ 4 พื้นที่ ดังนี้ อ่างเก็บน้ำต้นลาน อำเภอจอมทอง ห้วยจุมปา อำเภอฮอด ห้วยโป่งมะโหง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ทำการเกษตรอื่นๆ นำมาแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายแร่เฟลด์สปาร์ เพื่อปลดปล่อยโพแทสเซียม โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ silicate bacteria medium ที่มี Bromthymol blue ผสมอยู่เพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้การผลิตกรดอินทรีย์ของจุลินทรีย์ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดอินทรีย์ที่ทำให้อาหารเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง มีดังนี้คือ บริเวณอ่างเก็บน้ำต้นลาน อำเภอจอมทอง ได้ 7 ตัวอย่าง (isolates) ห้วยจุมปา อำเภอฮอด ได้ 2 ตัวอย่าง, ห้วยโป่งมะโหง อำเภอแม่แจ่ม ได้ 2 ตัวอย่าง และพื้นที่ทำการเกษตรบริษัทจุลไหมไทย จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ 11 ตัวอย่าง (isolates) รวมทั้งหมด 22 ตัวอย่าง และเมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้ทั้งหมดมาเลี้ยงในอาหารเหลวที่ใส่แร่เฟลด์สปาร์แทนสารเคมีโพแทสเซียม (KH_2PO_4) แล้วตรวจสอบหาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายออกมาด้วย flame photometer ตรวจสอบการปลดปล่อยโพแทสเซียมทุก 6, 12, 18, 24, 48, 72, 96, 120, 144 และ168 ชั่วโมง พบว่า เชื้อที่ 14 ที่คัดแยกได้จากห้วยจุมปา อำเภอฮอดสามารถย่อยสลายโพแทสเซียมออกมาได้มากที่สุด (เฉลี่ย 3.15% K_2O) รองลงมาคือ เชื้อที่ 16 ที่คัดแยกได้จาก ห้วยโป่งมะโหง อำเภอแม่แจ่ม (เฉลี่ย 3.07% K_2O) โดยสามารถย่อยสลายโพแทสเซียมได้มากกว่าเชื้อที่ได้มาจาก Institute of Microbiology Hebei Academy of Science สาธารณรัฐประชาชนจีน

ภาพที่ 2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย