# บทที่ 2

## การตรวจเอกสาร

**ดิน** หมายถึง เทหวัตถุธรรมชาติ (natural body) ที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

**ความสำคัญของดิน** (สนั่น, 2552)

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อมนุษย์ สัตว์และพืช เพราะเป็นแหล่งผลิตของปัจจัย 4 คือ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค สิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องอาศัยดินในการยังชีพและการเจริญเติบโต

ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนกระทั่งให้ดอกออกผล ความสามารถในการให้ผลผลิตแก่พืชของดินแต่ละที่จะไม่เท่ากัน ดินในบางแห่งอาจมีความอุดมสมบูรณ์และความสามารถในการให้ผลผลิตแก่พืชได้ดี แต่ดินบางแห่งไม่มีประโยชน์ต่อพืชเลย ต้องได้รับการปรับปรุงจึงจะทำให้พืชงอกงาม โดยทั่วไปแล้วดินมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืชดังต่อไปนี้ 1) ดินเป็นที่ยึดเกาะของรากพืชให้ลำต้นตั้งตรง 2) ดินเป็นแหล่งเก็บน้ำเพื่อการเจริญเติบโตของพืช 3) ดินเป็นแหล่งเก็บอากาศให้รากพืชใช้หายใจ 4) ดินเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

**ดินบนพื้นที่สูง**

ดินที่พบบริเวณพื้นที่สูงมีลักษณะและสมบัติของดินที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่ควบคุมการกำเนิดของดิน หากพิจารณาลักษณะและสมบัติของดินโดยไม่คำนึงถึงความลาดชันของพื้นที่ จะพบว่าถูกจัดรวมอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 26 27 29 30 31 34 35 36 39 45 47 48 50 51 53 55 และ 56 โดยกลุ่มชุดดินดังกล่าวมีปัญหาหรือข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ คือ สภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง ดินบนพื้นที่สูงจะมีลักษณะของดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น บางแห่งอาจเป็นดินลึก แต่ส่วนใหญ่มักเป็นดินตื้น และมีเศษก้อนหินหรือดินหินโผล่ กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่างๆ เช่นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าดิบชื้น มีพื้นที่หลายแห่งทำไร่เลื่อยลอย โดยไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ (อุทิศ, 2557) ดินบนพื้นที่สูงจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 พบอยู่บนสภาพที่เป็นภูเขาสูงหรือเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ส่วนใหญ่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินที่พบตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว สีดินตั้งแต่สีน้ำตาลจนแดง ปฏิกิริยาตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงด่างแก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินผันแปรตั้งแต่ต่ำจนสูง นอกจากนี้ยังพบเศษหิน โผล่กระจัดกระจายทั่วไป ทำให้เกิดปัญหาและข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงเพื่อการเกษตร คือการเสื่อมสภาพของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลง โครงสร้างของดิน และการพังทลายของดิน ซึ่งหากไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมจะมีการชะล้างพังทลายของดินสูงระหว่าง 8-50 ตัน/ไร่ ต่อปี

ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยปราศจากการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ถูกต้อง บนพื้นที่ลาดชันมีสาเหตุหลักจากการเกิดการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินและจากการชะกร่อนสูญเสียดิน (มัตติกา, 2547)

ผลกระทบที่เกิดกับพื้นที่เพาะปลูกโดยตรง

1) การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยตรง เนื่องจากพื้นที่เป็นที่ลาดชัน การไหลบ่าของน้ำบนผิวหน้าดินที่มีอัตราการไหลสูง และอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินต่ำ ทำให้ปุ๋ยและธาตุอาหารที่อยู่บริเวณผิวดินถูกชะไหลลงมาตามความลาดเท โดยน้ำที่ไหลบ่าบนผิวหน้าดินจะพัดพากัดเซาะให้ผิวดินเกิดการชะกร่อนและพังทลายเกิดเป็นร่องน้ำ ผิวดินถูกพัดพาไปได้ง่าย

2) สูญเสียอินทรียวัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อินทรียวัตถุที่ผิวดินบริเวณส่วนบนของความลาดชันอาจถูกพัดพาสู่ส่วนล่างหรือสูญเสียไปกับกระแสน้ำ ทำให้ผิวดินแน่น อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินต่ำยิ่งเพิ่มอัตราการไหลบ่าบนผิวหน้าดินให้รุนแรงขึ้น การกักเก็บน้ำฝนในดินมีน้อย

ผลกระทบที่เกิดกับระบบนิเวศน์สิ่งแวดล้อม

1) เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ เนื่องจากหน้าดินถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ

2) การชะกร่อนพังทลายอาจก่อให้เกิดแผ่นดินถล่ม

3) เกิดมลพิษสะสมในดินและแหล่งน้ำ เนื่องจากการเกษตรในปัจจุบันนิยมใช้ปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช ซึ่งสารเหล่านี้อาจถูกสะสมในดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำ

**การใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงอนุรักษ์บนพื้นที่ลาดชัน**

การใช้ที่ดินเพาะปลูกเชิงอนุรักษ์จำเป็นต้องอาศัยหลักการจัดการให้เกิดการชะพังทลายหรือแตกกระจายของเม็ดดินให้น้อยที่สุด โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อเพิ่มปริมาณของเม็ดดินที่เสถียรและเพิ่มอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินให้มากที่สุด รวมถึงการลดความรุนแรงหรือพลังงานของเม็ดฝนที่กระทบผิวดิน โดยการใช้วัสดุคลุมดิน หรือลดอัตราการไหลบ่าบนหน้าดิน (มัตติกา, 2547) วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ที่แนะนำให้ปฏิบัติในพื้นที่ลาดชันบนภูเขา ดังนี้

1) วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์โดยใช้วิธีเชิงกล หลักการ การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกล คือ การทำให้ความยาวของความลาดเทลดลง การลดความลาดเทของพื้นที่ การสร้างสิ่งกีดขวางกั้นการไหลของน้ำที่ไหลบ่าบนดิน การสร้างที่กักเก็บน้ำบนผิวดิน เพื่อทำให้ดินมีความสามารถในการซึมน้ำเพิ่มขึ้น ได้แก่ การทำขั้นบันได (Bench terraces) และการทำคูรับน้ำของเขา (Hillside ditches) โดยวิธีการทำขั้นบันไดต้องใช้แรงงานและการดูแลค่อนข้างสูง นิยมใช้กับไม้ผลราคาแพงและต้องการการดูแลเป็นอย่างดี ไม่ควรใช้กับพืชไร่ที่มีราคาต่ำ ส่วนวิธีการทำคูรับน้ำของเขา เป็นการทำร่องคูขนาดเล็กๆขวางความลาดเทเป็นระยะๆเพื่อรองรับน้ำและชะลอความเร็วของน้ำแล้วเบี่ยงเบนทิศทางน้ำไหลบ่าให้ออกสู่ทางระบายน้ำด้านข้างของแปลงเพาะปลูก

2) วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์โดยใช้ระบบพืชและวัสดุคลุมดิน วิธีการนี้จะช่วยปกป้องหน้าดิน ลดความรุนแรงของน้ำไหลบ่าบนผิวดินและการตกกระทบของเม็ดดินโดยฝน ตลอดจนการเพิ่มปริมาณเม็ดดินที่เสถียรจากการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในระบบพืชนั้นๆ ได้แก่

- การปลูกพืชคลุมดินและการเพิ่มปุ๋ยพืชสดในดิน โดยการปลูกพืชคลุมดินสลับกับพืชหลัก โดยที่ซากของพืชหรือระบบรากของพืชคลุมดินจะปรับปรุงโครงสร้างของดินชั้นล่างให้ดีขึ้น มีการกักเก็บน้ำ และระบายอากาศได้เหมาะสมขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชหลักที่ปลูกภายหลัง

- การคลุมดินด้วยเศษพืชหรือวัสดุต่างๆ (Mulching) เป็นการป้องกันหน้าดินไม่ให้เสื่อมโทรมหรือถูกทำลายจากแรงกระแทกของเม็ดฝน ช่วยลดปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวหน้าดินและลดการสูญเสียหน้าดิน นอกจากนี้การคุลมดินช่วยรักษาอุณหภูมิของดินให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของรากพืช รักษาความชื้นในดิน รักษาปริมาณธาตุอาหารในดินไม่ให้สูญเสียโดยการชะล้าง

- การปลูกพืชโดยใช้แถบอนุรักษ์ในแนวระดับ (Contour Alley Cropping) เป็นวิธีการดีที่สุดในการอนุรักษ์ดินและน้ำ การใช้แถบอนุกรักษ์ขวางความลาดเท สามารถควบคุมการพังทลายของดินได้ดี ลดการสูญเสียน้ำไหลบ่าบนหน้าดินและการสูญเสียดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยแถบอนุรักษ์จะเป็นแถบหญ้าและพืชตระกูลถั่ว ซึ่งจะช่วยชะลอการไหลบ่าของหน้าดิน ลดการสุญเสียธาตุอาหารพืช ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

**ความอุดมสมบูรณ์ของดิน** (soil fertility) คือ ความสามารถของดินในการให้ธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง (fertile soil) คือดินที่ให้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชครบทุกธาตุ แต่ละธาตุเพียงพอและสมดุลกับความต้องการของพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ลักษณะทั่วไปคือ มีโครงสร้างของดินดีเนื้อดินไม่หยาบหรือละเอียดเกินไป หน้าดินลึก ร่วนซุย อุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศดี เหมาะต่อการชอนไชของรากพืช เป็นต้น สมบัติดังกล่าวสามารถปรับปรุงได้ โดยการเพิ่มหรือรักษาอินทรียวัตถุไม่ให้สูญเสียไปจากดิน รักษากายภาพของดินด้วยการคลุมดิน การให้น้ำที่เหมาะสมและต้องมีสมบัติด้านความอุดมสมบูรณ์ที่ดี มีธาตุอาหารพืชครบทุกธาตุ สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชเป็นประโยชน์ให้แก่พืชในสัดส่วนที่เหมาะสม (มุกดา, 2544)

**หลักการบำรุงดิน** เพื่อให้มีผลิตภาพสูงอย่างยั่งยืน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) มี 2 วิธีคือ 1) การบำรุงดินแบบผสมผสาน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เพื่อบำรุงดินในด้านฟิสิกส์ เคมีและชีวภาพ ตลอดจนการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ และในส่วนของธาตุอาหารที่ขาดก็เสริมด้วยปุ๋ยเคมีตามความจำเป็นโดยการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นตัวบ่งชี้ถึงชนิดและอัตราของปุ๋ยเคมีที่ใช้ 2) การบำรุงดินแบบเกษตรอินทรีย์ เน้นการบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ ตลอดจนการคืนเศษซากพืชกลับลงสู่ดิน ใช้ระบบพืชหมุนเวียน โดยมีพืชตระกูลถั่วซึ่งเป็นพืชบำรุงดินในระบบอย่างเหมาะสม รวมทั้งการใช้วัสดุอินทรีย์ที่อนุญาตให้ใช้สำหรับบำรุงดิน

**(1) การปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน**

ปอเทือง (Crotalaria juncea) ลักษณะลำต้นตั้งตรงแตกกิ่งก้านสาขามาก ดอกมีสีเหลืองออกดอก เมื่ออายุประมาณ 45-50 วัน ขึ้นได้ดีในพื้นที่ดอนที่มีการระบายน้ำดีไม่ชอบน้ำท่วมขัง ทนแล้งได้ดีปลูกโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อไร่ ไถกลบเมื่ออายุ 50 วันจะให้น้ำหนักสดและน้ำแห้งเฉลี่ยอยู่ช่วง 2,000-3,000 และ 500-840 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.40 ,0.22, 2.40, 1.53 , 2.04 และ 0.96 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดิน โดยปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหรือปลูกแซมกับพืชหลัก เช่น ปลูกปอเทืองไถกลบ แล้วปลูกมันสำปะหลังตาม ปลูกปอเทืองแซมในแถวข้าวโพด เป็นต้น

ถั่วพร้า (Canavalia ensiformis) ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มสูง ประมาณ 60 เซนติเมตร ระบบรากลึก เจริญเติบได้ดีในดินดอนที่มีการระบายน้ำดีทนความแห้งแล้งได้ดีนิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด ในระบบการปลูกพืช หมุนเวียนหรือพืชแซมในแถวพืชเศรษฐกิจ โดยวิธีการหว่านอัตราเมล็ด 10 กิโลกรัม/ไร่ ไถกลบระยะออกดอก อายุประมาณ 50 วัน จะให้น้ำหนักก่อนไถกลบประมาณ 2,000-3,000 กิโลกรัม/ไร่ และน้ำหนักแห้งประมาณ 500-800 กิโลกรัม/ไร่ ให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 10-20 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.35 , 0.54, 2.14, 1.19, 1.59, 0.77 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ถั่วพุ่ม (Vigna sp.) ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 40 เซนติเมตร บางชนิดลำต้นอาจจะเลื้อย บนดินบ้างเล็กน้อย เช่นถั่วพุ่มลาย เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อน ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและ อากาศดีปลูกโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ด 8 กิโลกรัม/ไร่ ไถกลบระยะออกดอก อายุประมาณ 40 วัน จะให้ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยประมาณ 1,500 – 2,400 และ 300-672 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ มีปริมาณ ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 268, 0.39, 2.46, 0.87, 1.59 และ 0.48 เปอร์เซ็นตามลำดับ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด โดยปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหรือปลูกแซมกับ พืชหลัก ในระบบการปลูกพืช เช่น ไถกลบถั่วพุ่มและปลูกมันสำปะหลังตาม หรือปลูกถั่วพุ่มแซมในแถวมัน สำปะหลัง เป็นต้น

ถั่วมะแฮะ (Cajanus cajan) ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มสามารถเจริญเติบโตข้ามปีได้ 2-3 ปีสูงประมาณ 1-5 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนที่มีการระบายน้ำดีไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง และไม่ทนเค็ม มีระบบราก แก้วและรากแขนงจำนวนมาก รากจะหยั่งลึกสามารถดูดฟอสฟอรัสได้ดีจึงทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างสู่ผิวดิน ในด้านการใช้ประโยชน์โดยการปลูกถั่วมะแฮะไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดอายุประมาณ 60 วัน แล้วปลูกพืชไร่ตาม ให้น้ำหนักสดและแห้ง ประมาณ 2,000-2,500 และ400-700 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์เฉลี่ย 2.34,0.25,1.10,1.45,1.92 และ 0.54 เปอร์เซ็นตามลำดับ หรือใช้ในระบบปลูกพืชแซมแบบแถมเพื่อป้องกัน และลดการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน เช่น การปลูกกระถินผสมถั่วมะแฮะเป็นแถบไม้พุ่ม บำรุงดิน สามารถลดการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่มีความลาดชันและทำให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ปลูกในระหว่างแถบพืชอนุรักษ์เพิ่มขึ้น

ถั่วลอด (Cowpea; Vignaunguiculata) เป็นพืชอาหารวงศ์ถั่ว เป็นถั่วพุ่มเลื้อยชนิดหนึ่ง มีลักษณะพิเศษทางสรีรวิทยาการเจริญเติบโตที่เอื้อต่อระบบการปลูกพืชในการปลูกร่วมกับพืชหลัก แต่ไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย มีความหลากหลายทางพันธุกรรม มีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามท้องถิ่น ฐานพันธุกรรมของถั่วลอดกว้างมาก มีความหลากหลายในลักษณะของ Phenotype และ Genotype เช่น สีเมล็ดมีความแตกต่างกัน ถั่วลอดเป็นพืชที่ปรับตัวได้ดีในท้องถิ่นในสภาพไร่ อาศัยน้ำฝน ไม่ต้องการน้ำมาก มีปมที่ราก ชุมชนบนที่สูงบางแห่งพึ่งพิงและใช้ประโยชน์ถั่วลอดได้ดี มูลค่าทางเศรษฐกิจพบว่าสนองต่อเศรษฐกิจท้องถิ่น จำหน่ายในชุมชน

ทั้งในรูปฝักอ่อน ฝักแก่ และเมล็ด ราคาจาหน่ายฝักสด มัดละ 10 บาท เมล็ด กิโลกรัมละ 30-40 บาท เมล็ดใช้ประกอบอาหารเช่นเดียวกับถั่วดำ

ถั่วขาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ Bruguiera cylindrical วงศ์ Rhizophoraceae สามารถปลูกได้ในระดับความสูง 600 – 1200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ประโยชน์ของถั่วขาวจากคุณสมบัติพิเศษ ในถั่วขาวมีสารสำคัญที่ชื่อว่า ฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) มีฤทธิ์ทำให้เอนไซม์อะไมเลสเป็นกลาง ดังนั้น แป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่เราบริโภคเข้าไป จึงไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ หากได้รับถั่วขาวเข้าไป นั่นคือร่างกายจะได้รับพลังงาน (แคลอรี่) จากแป้งลดลงในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งมีผลทำให้การสะสมของไขมันที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลเป็น ไขมันลดลงด้วย เมื่อร่างกายได้รับพลังงานน้อยลง ไม่เพียงพอกับความต้องการในแต่ละวัน ร่างกายจึงต้องเผาผลาญไขมันเก่าที่สะสมออกมาใช้มากขึ้น จึงทำให้น้ำหนักลดลงโดยไม่ต้องใช้วิธีอดอาหาร พันธุ์ที่มีการส่งเสริมปลูกในปัจจุบัน คือ พันธุ์ปางดะ 1 และปางดะ 2

**(2) การจัดการอินทรียวัตถุในดิน** ต้องทำในทุกกรณีไม่ว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะต่ำหรือสูง เพราะอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ หากปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายไปจากการใช้ที่ดินในการปลูกพืชแต่ละปีสูงกว่าปริมาณเศษซากพืชที่กลับคืนลงไปทดแทน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ลงไปควรมากกว่าอัตราสลายตัว เพื่อให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สมบัติของดินดีขึ้น เช่น โครงสร้างดินดีขึ้น ดินดูดซับอาหารและอุ้มน้ำได้มากขึ้น ป้องกันการกร่อนดินและการอัดตัวแน่นของดิน ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะแก่การอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในดิน (ยงยุทธ, 2557)

อินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมี ซึ่งมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช การทำเกษตรอย่างต่อเนื่อง หากไม่มีการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้ดินจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมและผลผลิตของดินลดลง วิธีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินที่ปฏิบัติกันทั่วไปได้แก่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีผลพลอยได้จากกิจกรรมทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเพิ่มพูนอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน ควรให้ความสำคัญกับคุณภาพของวัสดุอินทรีย์โดยพิจาณาจากค่า C:N ratio ของวัสดุเป็นประการแรก ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดธาตุไนโตรเจนระหว่างการปลูกพืช (พัชรี, 2549)

**(3) การจัดการธาตุอาหารพืช**

หลักการจัดการธาตุอาหารพืช คือ การให้ธาตุอาหารแก่พืชในปริมาณและช่วงระยะเวลาที่พืชต้องการ ธาตุอาหารแต่ละชนิดที่อยู่ในดินจะมีการเคลื่อนย้ายได้แตกต่างกันไป ซึ่งจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์สำหรับพืช (Dobermann and Fairhu, 1999) และดินจะสูญเสียธาตุอาหารจากการดูดใช้ของพืชที่ปลูกในทุกๆ ปี เกิดการสูญเสียไปจากดิน เช่น การกร่อนดิน การชะล้าง การระเหย เป็นต้น และเกิดจากการสูญเสียไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวออกไป ทำให้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินค่อยๆ หมดไป ส่งผลต่อผลผลิตพืช ดังนั้น การเพิ่มธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอและการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างรวดเร็ว และการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินส่งผลให้ผลผลิตพืชสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การจัดการธาตุอาหารพืชเป็นกระบวนการจัดการเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ไว้ให้อยู่ในระดับที่สมดุล และสามารถสร้างความสมบูรณ์แก่ต้นพืชในสภาพปกติ จนสามารถให้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ พืชมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารแบ่งได้ 3 ระดับ คือ ภาวะขาดแคลน เพียงพอ และเป็นพิษ ในสภาพที่มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำมากจนทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ พืชจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและให้ผลผลิตต่ำ แต่ปริมาณธาตุอาหารในดินที่มากเกินไปจนอยู่ในภาวะเป็นพิษก็เป็นผลลบในการลดปริมาณผลผลิตเช่นเดียวกัน ปริมาณธาตุอาหารในดินต้องอยู่ในภาวะสมดุลจึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มผลผลิต (ยงยุทธ, 2546) ทั้งนี้การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน สามารถประเมินโดยการวิเคราะห์ดิน ในส่วนความอุดมสมบูรณ์ของพืชนั้น สามารถนำชิ้นส่วนของพืช เช่นใบมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบ เพื่อประเมินว่ามีความเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีหรือไม่

**โลหะหนัก**

โลหะหนัก คือธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ซึ่งได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล โครเมียม เหล็ก สังกะสี และปรอท (ศุภมาศ, 2545) โลหะหนักในแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางเคมีที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ความเป็นพิษของโลหะหนักในแต่ละตัวมีความแตกต่างกันออกไป โลหะหนักบางชนิดถ้ามีในปริมาณที่น้อยอาจจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ เช่น แมงกานีส และสังกะสีเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของพืชแต่พืชต้องการไปใช้ในการเจริญเติบโตในปริมาณที่น้อย แต่หากมีปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลอันตรายต่อพืช

**ตารางที่ 1** มาตรฐานของโลหะหนักในดิน

| โลหะหนัก | มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม[1/] | ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะหนักในดิน [2/] | ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะหนักในดิน [3/] |
|---|---|---|---|
| | (มก./กก.) | | |
| 1. สารหนู | 3.9 | - | 30 |
| 2. แคดเมียม | 37 | 3 | 0.15 |
| 3. ปรอท | 23 | 1 | 0.1 |
| 4. ตะกั่ว | 400 | 100 | 55 |
| 5. นิกเกิล | 1,600 | 50 | 45 |
| 6. โครเมียม | 300 | 100 | 80 |
| 7. ทองแดง | - | 100 | 45 |
| 8. สังกะสี | - | 300 | 70 |
| 9. โคบอลต์ | - | 100 | 20 |

ที่มา: [1/] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

[2/] มาตรฐานของโลหะหนักในดิน กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

[3/] เอกสารวิชาการ “ระดับเกณฑ์พื้นฐาน” ของการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร, 2545

**ตารางที่ 2** มาตรฐานและระดับเกณฑ์โลหะหนักในพืชและอาหารของ Codex (2010)

| Heavy metal | Product | Level mg/kg | Notes/Remarks for Codex Alimentarius |
|---|---|---|---|
| ARSENIC | - | - | |
| CADMIUM | Brassica vegetables, Bulb vegetables, Fruiting vegetables, cucurbits | 0.05 | |
| | Fruiting vegetables, other than cucurbits | 0.05 | Excluding tomatoes and edible fungi. |
| | Leafy vegetables | 0.2 | |
| | Legume vegetables | 0.1 | |
| | Root and tuber vegetables, Stalk and stem vegetables | 0.1 | Excluding potato and celeriac |
| Lead | Brassica vegetables | 0.3 | Excluding kale |
| | Bulb vegetables, Fruiting vegetables, Cucurbits, Fruiting vegetables, other than Cucurbits | 0.1 | |
| | Leafy vegetables | 0.3 | Including Brassica leafy vegetables but excluding spinach |
| | Legume vegetables | 0.2 | |
| MERCURY | - | - | |

**ตารางที่ 3** มาตรฐานอาหารที่มีสารอาหารปนเปื้อน

| โลหะหนัก | ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีในอาหาร (มก./กก.) |
|---|---|
| 1. สารหนู | 2 |
| 2. แคดเมียม | - |
| 3. ปรอท | 0.5 |
| 4. ตะกั่ว | 1 |
| 5. นิกเกิล | - |
| 6. โครเมียม | - |
| 7. ทองแดง | 20 |
| 8. สังกะสี | 100 |
| 9. โคบอลต์ | - |

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

**ตารางที่ 4 มาตรฐานและระดับเกณฑ์โลหะหนักในพืชและอาหารของจีน**

| Heavy metal | Product | Level (mg/kg) |
|---|---|---|
| ARSENIC | ผักสดและผลไม้ | 0.5 |
| CADMIUM | ผักสดและธัญพืช | 0.05 |
| | ผักใบ เห็ด | 0.2 |
| | กิ่งรากของผักสด | 0.1 |
| Lead | ผักสด ผลไม้ | 0.1 |
| MERCURY | ผักสด ผลไม้ | 0.1 |
| CHROMIUM | ผักสด ผลไม้ | 0.5 |

ที่มา : ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม

**สถานการณ์การปนเปื้อนโลหะหนักในดิน**

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มี ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน เนื่องจากมีกิจกรรมหลายประเภทที่เป็นแหล่งกำเนิด และนำโลหะหนักมาใช้กันมาก เช่น ในด้านอุตสาหกรรมด้านเกษตรกรรม ส่วนใหญ่โลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน เช่น สารหนู (As), โคบอลต์ (Co), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr),ทองแดง (Cu), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb), และสังกะสี (Zn) (กรมวิชาการเกษตรและ สหกรณ์, 2548) โลหะหนักสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิต โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหารแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม เมื่อมนุษย์ได้รับจะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดอันตรายอาจพิการหรือเสียชีวิตได้ ด้วยเหตุนี้ จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีที่ถูกต้องในการจัดการโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) การเผาไหม้ (incineration) การระเหย (volatilization) การดูดซับโดยใช้ความร้อน (thermal adsorption) และการใช้ วิธีทางชีวภาพ (biological techniques) แต่วิธีดังกล่าวค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน อีกทั้ง ยังมีค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้มีการศึกษาการบำบัดโลหะหนักโดยใช้พืชซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การดูดซับและการสะสมของตะกั่วใน พืช 26 สายพันธุ์ มีพืชสายพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถสะสม สารตะกั่วไว้ได้โดยไม่ได้รับอันตรายและพืชที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการบำบัดโลหะหนัก ได้แก่ พืชจำพวกข้าวโอ๊ต ข้าวบาเล่ย์ ทานตะวัน หญ้า และอื่นๆ (ดวงกมล และคณะ, 2556) นอกจากนี้ ยังพบว่า หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพดินที่มีโลหะหนัก จึงมีการนำหญ้าแฝกมาปลูกเพื่อใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และดูดซับโลหะหนักจากดิน ได้แก่ การปลูกหญ้าแฝกรอบขอบบ่อบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้หญ้าแฝกช่วยดูดซับโลหะหนักบางชนิด การปลูกหญ้าแฝก เพื่อดูดซับโลหะหนักจากดิน การปลูกหญ้าแฝกแล้วให้น้ำทิ้งไหลผ่านในอัตราการไหลที่เหมาะสม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

<u>ปัจจัยที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายของโลหะหนัก มีดังนี้</u>

1. เนื้อดิน ลักษณะเนื้อดินที่มีความแตกต่างกันจะส่งผลถึงความสามารถในการเคลื่อนย้ายโลหะหนักในดิน ซึ่งโลหะที่อยู่ในดินเหนียวจะมีความสามารถเคลื่อนย้ายได้น้อย เนื่องจากสามารถยึดเกาะอยู่ในส่วนที่เป็น clay fraction ได้ดี โลหะหนักส่วนใหญ่จึงอยู่ในรูปของสารละลายดินทรายมากกว่าดินเหนียว (สุภาพร, 2545)

2. อินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุเป็นสารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน เป็นตัวควบคุมการละลายของธาตุโลหะ ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของธาตุโลหะ เนื่องจากอินทรียวัตถุสามารถจับยึดโลหะหนักไว้ได้ (สุภาพร, 2545)

3. สภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน ความเป็นกรด-ด่างในดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหรือสารพิษในดินเมื่อดินอยู่ในสภาพที่เป็นกรดไฮโดเจนไอออน (H+) ในดินจะมีการแข่งขันกับโลหะทำให้ดินมีความสามารถดูดซับแคตไอออนต่ำลง รวมถึงยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนที่ของโลหะหนัก (วรชาติ, 2555)

4. สภาพศักดิ์รีดอกซ์ สภาพศักดิ์รีดอกซ์ที่ผันแปรในดินเป็นผลมาจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ในดิน หากดินมีการระบายอากาศได้ดี จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนก็จะมีการเจริญเติบโตที่ดี แต่หากมีการระบายอากาศที่ไม่ดีทำให้การกระจายออกซิเจนบนผิวดินลงสู่ดินลดน้อยลงจุลินทรีย์ขาดออกซิเจนในการหายใจทำให้กลุ่มจุลินทรีย์อื่นที่สามารถใช้สารอื่นแทนออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนมากขึ้นและส่งผลให้ศักดิ์รีดอกซ์ของดินลดน้อยลง (สุภาพร, 2545)

5. ชนิด (species) ของโลหะหนัก โลหะหนักในแต่ละธาตุมีความสามารถเคลื่อนย้ายได้ยากง่ายต่างกัน โดยโลหะหนักที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย อย่างเช่น แคดเมียม สังกะสี และนิกเกิล เคลื่อนย้ายได้ปานกลาง คือ ทองแดง ส่วนที่เคลื่อนย้ายได้น้อยหรือไม่เคลื่อนย้ายเลย คือ ตะกั่ว ปรอท และโครเมียม (ศิริพร, 2549)

ดินบนพื้นที่สูงมักจะพบการสะสมของโลหะหนักอาซินิค (Arsenic: As) โดยเฉพาะดินที่มีการปลูกพืชเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูง จากรายงานการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 38 ศูนย์ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ในระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 จำนวน 710 ตัวอย่าง พบว่า ร้อยละ 71 ของตัวอย่างดิน มีปริมาณสารอาซินิคสูงกว่าค่ามาตรฐาน (3.9 mg/kg) โดยบางพื้นที่ตรวจพบความเข้มข้นของอาซินิคในดินสูงสุด 783 mg/kg โดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปังค่าห้วยน้ำรินแม่ลาน้อย ปางอุ๋ง ทุ่งเรา ทุ่งเริง และม่อนเงาะ ตรวจพบอาซินิคในดินเกินมาตรฐานทุกตัวอย่างดิน (112 ตัวอย่าง) (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2558)

การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนสารมลพิษ เช่น โลหะหนัก ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ลักษณะหรือสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ปนเปื้อน สมบัติหรือลักษณะของดินที่ปนเปื้อน เช่น พีเอช หรือสภาพรีดอกซ์ และชนิดหรือปริมาณของสารมลพิษในดินหรือตะกอน แนวทางหลักสำหรับการบำบัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การบำบัดภายในพื้นที่ (in situ) และการบำบัดภายนอกพื้นที่ (ex situ) (Peng et al., 2009) จุดประสงค์หลักของการบำบัดในพื้นที่ส่วนใหญ่มักเป็นการเพิ่มความคงสภาพของสารมลพิษ หรืออาจเป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งปนเปื้อนโดยการใช้พืชบำบัด (phytoremediation) ข้อดีของการบำบัดในพื้นที่คือ กระบวนการบำบัดที่ไม่ยุ่งยาก และมีต้นทุนในการบำบัดที่ค่อนข้างต่ำแต่การบำบัดด้วยวิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียอยู่เนื่องจากเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของสิ่งปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่มีการละลายต่ำและไม่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จึงไม่ได้เป็นการกำจัดสารมลพิษที่แท้จริงและอาจมีการปลดปล่อยสู่สภาพแวดล้อมอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมที่ถูกบำบัดถูกเปลี่ยนแปลงไป ส่วนการบำบัดภายนอก

พื้นที่มักเป็นการสกัดหรือแยกสารมลพิษออกจากตัวตะกอนหรือวัสดุด้วยวิธีทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพ โดยมีข้อดีคือ สามารถกำจัดโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายออกเกือบทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือ เรื่องต้นทุนในการบำบัดที่มีค่าใช้จ่ายที่สูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปนเปื้อนที่มีพื้นที่กว้างขวาง

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้อินทรียวัตถุ ความอุดมสมบูรณ์ของดินบนพื้นที่สูงมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากปัญหาการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดินและจากการขาดปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช หากสามารถจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม ซึ่งมีทั้งพืชไร่ พืชตระกูลถั่วปลูกหมุนเวียนในระบบ และสามารถให้เศษเหลือของซากพืชกลับลงสู่ดินในปริมาณที่มากพอ ก็จะช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้ (สนั่น, 2552)

จักรดุลย์และวิรัชชัย (2557) ศึกษาการปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง จำนวน 22 แปลง ที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าแปลงที่ศึกษาส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินในระดับรุนแรงมากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสูง (1,527 มม./ปี) และมีความลาดชันสูง (มากกว่า 40%)

วิลาสลักษณ์ และคณะ (2549) รายงานผลการวิจัยระบบการปลูกพืชวงศ์ถั่วหมุนเวียนร่วมกับข้าวไร่โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร จากการเปรียบเทียบกับพืชวงศ์ถั่วชนิดต่างๆ (ถั่วพร้า ถั่วขอ ถั่วดำ ถั่วนิ้วนางแดง ถั่วท้องแตก ถั่วเหลือง ถั่วลอด) พบว่าถั่วลอดเป็นพืชเดียวที่ปลูกพร้อมกันในพื้นที่แปลงเดียวกันกับข้าวไร่ได้ นอกจากนี้ยังศึกษาการคลุมดินของถั่วลอด พบว่าการใช้ถั่วลอด ปริมาณ 80 กรัม/ไร่ สามารถคลุมดินและลดปริมาณวัชพืชในแปลงข้าวไร่ได้ การปลูกถั่วลอดร่วมกับข้าวไร่นับเป็นระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

การนำถั่วสอดมาใช้ร่วมกับระบบการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ดอนเพื่อลดปริมาณวัชพืช ลดปัญหาการเผาเศษพืช ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชและปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้ถั่วสอดปลูกเหลื่อมข้าวโพดเมื่อข้าวโพดอายุได้ 20 วัน ดำเนินงาน 1 ปี พบว่าถั่วสอดสามารถขึ้นร่วมกับข้าวโพดได้และสามารถแย่งพื้นที่กับวัชพืชในช่วงการเจริญเติบโตของข้าวโพดทำให้ปริมาณวัชพืชมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การคลุมดินของถั่วสอดยังช่วยรักษาความชื้นในดิน (นคร, มปป.)

การปรับพื้นที่ปลูกสภาพดินไร่เป็นนาขั้นบันไดในพื้นที่ลาดชัน เป็นหนึ่งในระบบการปลูกข้าวที่ใช้เป็นทางเลือกเพื่อสร้างความยั่งยืนบนพื้นที่ภูเขาสูงของภาคเหนือตอนบน เพราะนอกจากช่วยลดความเสี่ยงด้านการให้ผลผลิตข้าวจากการแปรปรวนของภูมิอากาศแล้ว ยังคงให้ ผลผลิตสูงขึ้นร้อยละ 74 115 และ149 จากการผลิตในฤดูนาปี พ.ศ. 2551 2552 และ2553 ตามลำดับ ขณะที่การปลูกข้าวไร่ ระบบเดิมมีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลงทุกปี หากมีการปรับปรุงบำรุงดินในนาขั้นบันไดโดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย ผลงานวิจัยยังแสดงให้ เห็นว่าการปลูกปอเทืองก่อนทำนาขั้นบันได ช่วยให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ปอเทือง จึงเป็นพืชทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับการทำนาบนพื้นที่สูง เพราะนอกจากปอเทือง เป็นพืชอายุสั้นและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงแล้ว เกษตรกรยังสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เองได้ ในปี พ.ศ. 2551-2553 ผลจากการใช้ปอเทืองเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นเทียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ นอกจากนั้นการใช้ พันธุ์ข้าวของทาง

ราชการที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตดีบนพื้นที่สูง สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวให้เพิ่มขึ้นได้อีกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 การใช้เวลาปลูกถั่วลอดร่วมระบบในการปลูกข้าวไร่ นอกจากสามารถควบคุมปริมาณวัชพืชได้ดีแล้วยังมีแนวโน้มให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวสูงขึ้น เช่นเดียวกับการปลูกถั่วแปะยีก่อนการปลูกข้าวไร่ (อภิวัฒน์, 2552)

ปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเป็นสาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวแบบนาขั้นบันไดให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากสมบัติของดินมีปริมาณแร่ดินเหนียวอยู่น้อย ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ดินเป็นกรด และธาตุอาหารพืชบางชนิดมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว การปลูกพืชหมุนเวียนช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณโพแทสเซียมในดิน โดยระบบการปลูกข้าว-ถั่วแปะยีให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด 13 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ควรมีการปลูกอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิม และมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยการไถกลบ หรือนำวัสดุเหลือใช้ในแปลงให้เกิดประโยชน์เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวนาขั้นบันไดให้ยั่งยืน (สุทธกานต์ และคณะ, 2557)

พืชตระกูลถั่วจะช่วยบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น ช่วยสร้างดินในรูปของการเพิ่มอินทรียวัตถุที่ได้จากใบและลำต้นแห้งที่ร่วงหล่นสู่ดิน ทำหน้าที่ในการคลุมดินรักษาความชื้นในดิน ป้องกันดินและผิวดินไม่ให้ได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากน้ำฝนและแสงแดด พืชตระกูลถั่วมีคุณสมบัติที่เด่นหลายประการปลูกง่ายโตเร็ว ลำต้นมีใบจำนวนมาก สับกลบแล้วเน่าเปื่อยสลายตัวเร็ว ที่สำคัญที่สุดมีรากที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในปมของราก เมื่อพืชตระกูลสลายตัวจะปลดปล่อยไนโตรเจนที่สะสมไว้ลงสู่ดิน ทำให้ดินได้รับธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เป็นประโยชน์กับพืชหลักชนิดอื่นที่ปลูกร่วมหรือปลูกตามหลัง หากมีปริมาณเศษซากพืชมากพอจะช่วยให้พืชที่ปลูก ในพื้นที่ดังกล่าวมีการเจริญเติบโตงอกงามและให้ผลผลิตสูงขึ้น พืชตระกูลถั่วนอกจากจะช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว ประโยชน์ที่สำคัญคือใช้เป็นพืชอาหารของมนุษย์ที่ให้โปรตีนสูง การใช้พืชตระกูลถั่วปลูกร่วมกับพืชหลักจะเป็นประโยชน์ทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่มากขึ้น เพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและลดปัญหาวัชพืช การปลูกข้าวโพดร่วมกับพืชตระกูลถั่วในพื้นที่อาศัยน้ำฝนทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ชนิดพืชและพันธุ์พืช วิธีการจัดระบบการปลูกพืชและความต้องการของเกษตรกร

การศึกษาการใช้ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และปอเทือง เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ในชุดดินมาบบอน พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังตอบสนองต่อปอเทืองและถั่วพร้า ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 5,499 และ 4,527 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด 1,487 และ 1,157 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับแต่เปอร์เซ็นต์แป้งวิธีการที่ใช้ถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงสุดคือ 30.07 เปอร์เซ็นต์ (นงปวีณ์, 2549)

สรัตนา และคณะ (2558) ศึกษาการป้องกันการสูญหายของธาตุอาหารในพื้นที่ลาดชันได้ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองเขาสวนกวาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร อ.เมือง จ.ขอนแก่น พบว่า การปลูกหญ้าแฝกตามแนว Contour ปลูกหญ้าแฝกตามแนว Contour+ปลูกถั่วพร้าคลุมดิน และปลูกถั่วพร้าคลุมดินอย่างเดียว ช่วยลดปริมาณน้ำสูญหายและปริมาณดินสูญหายได้มากที่สุด การปลูกหญ้าแฝกตามแนว Contour ทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตมากที่สุด 2,949-3,029 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังเฉลี่ย 14.63-21.60 %

อาทิตย์ และคณะ (2540) ทดสอบการใช้ปุ๋ยพืชสดต่างๆ ร่วมกับการใช้ใบหญ้าแฝกคลุมดิน มีผลทำให้ผลผลิตของผักกาดเขียวปลีเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ใบหญ้าแฝกคลุมดินทำให้ได้ผลผลิตผักกาดเขียวปลีสูงสุดเป็น 4,614 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ใบหญ้าแฝกคลุมดินมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตผักกาดเขียวปลีเพิ่มขึ้น พืชตระกูลถั่วที่ให้ไนโตรเจน เฉลี่ยจากสูงถึงต่ำ ได้แก่ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วเขียว ถั่วฮามาต้า มีค่า 2.30, 1.13, 0.70, 0.20, 0.12 % ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเฉลี่ยจากสูงถึงต่ำได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วฮามาต้า มีค่า 0.35, 0.21, 0.17, 0.08, 0.002 % ตามลำดับ โพแทสเซียม เรียงลำดับจากสูงถึงต่ำได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วฮามาต้า มีค่า 3.15, 2.04, 1.4, 0.71, 0.11 % ตามลำดับ การใช้พืชปุ๋ยสดจากพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ และการใช้ใบหญ้าแฝกคลุมดินมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในอัตราปานกลางถึงต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ปัจจัยทั้งหมดส่งผลให้ศักยภาพของทางด้านความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้น

กาญจนี และคณะ (2558) รูปแบบการจัดการซึ่งมีการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และพบว่าการให้ปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลังมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มันสำปะหลังดูดนำไปใช้และคงไว้ซึ่งความสามารถในการให้ผลผลิตของดินต่อไป อีกทั้งยังพบว่ารูปแบบการจัดการที่มีการใส่ปุ๋ยคอกจะส่งผลให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีกว่ารูปแบบการจัดการที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก โดยการใช้ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่องจะทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงแต่เพิ่มการเกิดเม็ดดินความพรุนและการถ่ายเทอากาศ โดยสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเหล่านี้จะช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ดินมีผลิตภาพดีอย่างยั่งยืน

การใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินปากช่อง พบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือ การไถกลบถั่วพุ่มคลุมดินด้วยถั่วพร้า และใช้น้ำหมักชีวภาพให้ผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 5,209.18 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เฉลี่ย 3 ปี 2,765.53 บาท รองลงมาคือ การไถกลบปอเทือง คลุมดินด้วยถั่วพร้า และใช้น้ำหมักชีวภาพ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังโดยเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 5,194.96 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เฉลี่ย 3 ปี 2,721.48 บาท (กมลาภา, 2552)

ชูชาติ และคณะ (2559) ได้ศึกษาและทดสอบเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักในดินบนพื้นที่สูง ประกอบด้วย (1) การคัดเลือกชนิดพืชที่มีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนักอาซินิค ดำเนินการในแปลงปลูกพืชที่ตรวจพบปริมาณอาซินิคสูงเกินค่ามาตรฐาน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดอาซินิคออกจากดินสูงสุด 2.66 กรัม/ไร่ รองลงมาคือ ทานตะวัน 2.12 กรัม/ไร่ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่ทำให้ความเข้มข้นของอาซินิคลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกพืชดูดซับ (2) การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียเปรียบเทียบ 3 ไอโซเลท ต่อความสามารถในการลดความเป็นพิษของอาซินิคในดิน โดยทดสอบร่วมกับวิธีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูน เพื่อปรับค่า pH ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ผลการทดสอบพบว่า การใช้แบคทีเรียไอโซเลท Ars 29 ร่วมกับการใส่ปูนทำให้ปริมาณอาซินิคลดลงสูงสุด 12.69 % (3) การศึกษาและทดสอบ

วิธีการใช้พืชดูดซับสาร (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อลดอาซินิคในดิน พบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันแต่การใช้แบคทีเรีย ไอโซเลท Ars 29 คลุกดินก่อนปลูกผักกาดขาวปลี ช่วยลดการดูดอาซินิคเข้าไปในส่วนลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 4) การศึกษาและทดสอบวิธีกำจัดพืชดูดซับอาซินิคด้วยการนำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดูดซับอาซินิคในดินแล้วมาทำให้แห้ง จากนั้นบดอัด และปั้นเป็นรูปเม็ดซีเมนต์โดยผสมพืชและผงซีเมนต์สัดส่วน 1:3 ผลการทดลองสรุปได้ว่าวิธีการนี้สามารถกักเก็บอาซินิคในพืชดูดซับได้

ธันยพรและพิสิฏฐ์ (2557) ศึกษาการดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดยหญ้ากินนีสีม่วง พบว่าหญ้ากินนีสีม่วงสามารถมีชีวิตได้ตลอด 90 วันที่ความเข้มข้นของสารหนูต่ำกว่า 50 mg/kg มีการสะสมสารหนูในส่วนรากสูงกว่าในต้นและใบ มีค่า 13.883-66.877 mg/kg และในส่วนลำต้นและใบ เท่ากับ 5.367-15.858 mg/kg และนำไปทดลองปลูกในดินท้ายเหมืองซึ่งมีสารหนูในดินเท่ากับ 153.02 mg/kg พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีการสะสมในส่วนราก เท่ากับ 10.574-28.780 mg/kg และในส่วนลำต้น เท่ากับ 1.282-6.214 mg/kg

การใช้วัสดุฟอสเฟตเพื่อบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนัก การใช้วัสดุปรับปรุงดินโดยส่วนใหญ่จะเน้นไปในเรื่องของการลดความสามารถของโลหะหนักในการเคลื่อนที่ โดยการทำให้เกิดการดูดซับ (sorption) การตกตะกอน (precipitation) หรือการเปลี่ยนสภาพเป็นรูปของแข็ง (solid-phase transformation) กับวัสดุปรับปรุงดินตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Borda and Sparks, 2008) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้โลหะหนักเหล่านี้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้มีหลายชนิด เช่น วัสดุฟอสเฟต ปูนขาว อินทรียวัตถุ และแร่ซีโอไลต์ ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูงนัก โดยการใช้วัสดุดังกล่าวเหล่านี้เพื่อปรับปรุงสภาพดินปนเปื้อนในปัจจุบันถือเป็นวิธีทางเลือกที่เป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ (วรชาติ, 2555)

**กรอบแนวความคิด**

มูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชผัก ไม้ผล และพืชไร่บนพื้นที่สูง เพื่อสร้างอาชีพให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงในระบบการปลูกพืชแบบปลอดภัยและระบบอินทรีย์ ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกพืชต่างๆ อย่างเข้มข้น มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินอย่างถูกวิธีและต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ รวมถึงผลผลิตและคุณภาพของพืชลดลง ซึ่งงปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงขึ้นแต่ก็ไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ในการจะฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินและการจัดการธาตุอาหารพืชเป็นวิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว โดยจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ดิน เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากนั้นวางแผนวิธีการจัดการธาตุอาหารตามความต้องการของชนิดพืช อาทิเช่น การลดปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้มากเกินความจำเป็นลงเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ยังขาด และการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ นอกจากนี้ยังพบว่าดินที่ปลูกพืชของเกษตรกรบนพื้นที่สูง มีการสะสมโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานดินในหลายพื้นที่จำเป็นต้องมีมาตรการในการลดการปนเปื้อน รวมถึงทราบชนิดพืชที่มีความเสี่ยงในการดูดซับอาซินิคและแคดเมียมที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักบนพื้นที่สูง เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์พื้นที่ปลูกพืชให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผลผลิตมีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค