

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ทฤษฎี สมมติฐาน

2.1.1 ดินบนพื้นที่สูง มีลักษณะและสมบัติของดินที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่ควบคุมการกำเนิดของดิน 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 สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง ดินบนพื้นที่สูงจะมีลักษณะของดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น บางแห่งอาจเป็นดินลึก แต่ส่วนใหญ่มักเป็นดินตื้น และมีเศษก้อนหินหรือดินหินโผล่กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่างๆ เช่นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าดิบชื้น มีพื้นที่หลายแห่งทำไร่เลื่อนลอย โดยไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ (อุทิศ, 2557) ดินบนพื้นที่สูงจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 พบอยู่บนสภาพที่เป็นภูเขาสูงหรือเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ส่วนใหญ่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินที่พบตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว สีดินตั้งแต่สีน้ำตาลจนแดง ปฏิกริยาตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงด่างแก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินผืนแปรตั้งแต่ต่ำจนสูง นอกจากนี้ยังพบเศษหิน โผล่กระจัดกระจายทั่วไป ทำให้เกิดปัญหาและข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงเพื่อการเกษตร คือ การเสื่อมสภาพของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลง โครงสร้างของดิน และการพังทลายของดิน ซึ่งหากไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมจะมีการชะล้างพังทลายของดินสูงระหว่าง 8-50 ตัน/ไร่ ต่อปี

ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยปราศจากการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ถูกต้อง บนพื้นที่ลาดชันมีสาเหตุหลักจากการเกิดการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินและการชะกร่อนสูญเสียดิน (มัตติกา, 2547)

ผลกระทบที่เกิดกับพื้นที่เพาะปลูกโดยตรง

1) การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยตรง เนื่องจากพื้นที่เป็นที่ลาดชัน การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินที่มีอัตราการไหลสูง และอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินต่ำ ทำให้ปุ๋ยและธาตุอาหารที่อยู่บริเวณผิวดินถูกชะไหลลงไปตามความลาดเท โดยน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินจะพัดพาพัดพาให้ผิวดินเกิดการชะกร่อนและพังทลายเกิดเป็นร่องน้ำ ผิวดินถูกพัดพาไปได้ง่าย

2) สูญเสียอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อินทรีย์วัตถุที่ผิวดินบริเวณส่วนบนของความลาดชันอาจถูกพัดพาสู่ส่วนล่างหรือสูญเสียไปกับกระแสน้ำ ทำให้ผิวดินแน่น อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินต่ำยิ่งเพิ่มอัตราการไหลบ่าบนผิวดินให้รุนแรงขึ้น การกักเก็บน้ำฝนในดินมีน้อย

ผลกระทบที่เกิดกับระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม

- 1) เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ เนื่องจากหน้าดินถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ
- 2) การชะกร่อนพังทลายอาจก่อให้เกิดแผ่นดินถล่ม
- 3) เกิดมลพิษสะสมในดินและแหล่งน้ำ เนื่องจากการเกษตรในปัจจุบันนิยมใช้ปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช ซึ่งสารเหล่านี้อาจถูกสะสมในดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำ

2.1.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดินบนพื้นที่สูง มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากปัญหาการชะล้างพังทลายของผิวดินและการขาดปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช หากสามารถจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม ซึ่งมีทั้งพืชไร่พืชตระกูลถั่วปลูกหมุนเวียนในระบบ และสามารถให้เศษเหลือ

ของซากพืชกลับลงสู่ดินในปริมาณที่มากพอ ก็จะช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของ ดินไว้ได้ (สนั่น, 2552)

วิลาสลักษณ์ และคณะ (2549) รายงานผลการวิจัยระบบการปลูกพืชวงศ์ถั่วหมุนเวียนร่วมกับข้าวไร่ โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร จากการเปรียบเทียบกับพืชวงศ์ถั่วชนิดต่างๆ (ถั่วพรี ถั่วขอ ถั่วดำ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วลันเตา) พบว่าถั่วลันเตาเป็นพืชเดี่ยวที่ปลูกพร้อมกันในพื้นที่แปลงเดียวกันกับข้าวไร่ได้ นอกจากนี้ยังศึกษาการคลุมดินของถั่วลันเตา พบว่าการใช้ถั่วลันเตา ปริมาณ 80 กรัม/ไร่ สามารถคลุมดินและลดปริมาณวัชพืชในแปลงข้าวไร่ได้ การปลูกถั่วลันเตาร่วมกับข้าวไร่นับเป็นระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม นอกจากนี้การนำถั่วลันเตามาใช้ร่วมกับระบบการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ดอนเพื่อลดปริมาณวัชพืช ลดปัญหาการเผาเศษพืช ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชและปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้ถั่วลันเตาปลูกเมื่อข้าวโพดอายุได้ 20 วัน ดำเนินงาน 1 ปี พบว่าถั่วลันเตาสามารถขึ้นร่วมกับข้าวโพดได้และสามารถแย่งพื้นที่กับวัชพืชในช่วงการเจริญเติบโตของข้าวโพดทำให้ปริมาณวัชพืชมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การคลุมดินของถั่วลันเตายังช่วยรักษาความชื้นในดิน (นคร, มปป.)

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

การปรับพื้นที่ปลูกสภาพดินไร่เป็นนาขั้นบันไดในพื้นที่ลาดชัน เป็นหนึ่งในระบบการปลูกข้าวที่ใช้เป็นทางเลือกเพื่อสร้างความยั่งยืนบนพื้นที่ภูเขาสูงของภาคเหนือตอนบน เพราะนอกจากช่วยลดความเสี่ยงด้านการให้ผลผลิตข้าวจากการแปรปรวนของภูมิอากาศแล้ว ยังคงให้ ผลผลิตสูงขึ้นร้อยละ 74 115 และ 149 จากการผลิตในฤดูนาปี พ.ศ. 2551 2552 และ 2553 ตามลำดับ ขณะที่การปลูกข้าวไร่ ระบบเดิมมีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลงทุกปี หากมีการปรับปรุงบำรุงดินในนาขั้นบันไดโดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย งานวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการปลูกปอเทืองก่อนทำนาขั้นบันได ช่วยให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ปอเทืองจึงเป็นพืชทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับการทำนาบนพื้นที่สูง เพราะนอกจากปอเทืองเป็นพืชอายุสั้นและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงแล้ว เกษตรกรยังสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เองได้ ในปี พ.ศ. 2551-2553 ผลจากการใช้ปอเทืองเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (อภิวัฒน์, 2552) นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวแบบนาขั้นบันไดให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากสมบัติของดินมีปริมาณแร่ดินเหนียวอยู่น้อย ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ดินเป็นกรด และธาตุอาหารพืชบางชนิดมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว การปลูกพืชหมุนเวียนช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณโพแทสเซียมในดิน โดยระบบการปลูกข้าว-ถั่ว-ปอเทืองให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด 13 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ควรมีการปลูกอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิม และมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยการไถกลบหรือนำวัสดุเหลือใช้ในแปลงให้เกิดประโยชน์เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวนาขั้นบันไดให้ยั่งยืน (สุทธกานต์ และคณะ, 2557)

พืชตระกูลถั่วจะช่วยบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น ช่วยสร้างดินในรูปของการเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่ได้จากใบและลำต้นแห้งที่ร่วงหล่นสู่ดิน ทำหน้าที่ในการคลุมดินรักษาความชื้นในดิน ป้องกันดินและผิวดินไม่ให้ได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากน้ำฝนและแสงแดด พืชตระกูลถั่วมีคุณสมบัติที่เด่นหลายประการปลูกง่ายโตเร็ว ลำต้นมีใบจำนวนมาก สับกลบแล้วเน่าเปื่อยสลายตัวเร็ว ที่สำคัญที่สุดมีรากที่สามารถ

ตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในปมของราก เมื่อพืชตระกูลสลายตัวจะปลดปล่อยไนโตรเจนที่สะสมไว้ลงสู่ดิน ทำให้ดินได้รับธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้เกดินเป็นประโยชน์กับพืชหลักชนิดอื่นที่ปลูกร่วมหรือปลูกตามหลัง หากมีปริมาณเศษซากพืชมากพอจะช่วยให้พืชที่ปลูก ในพื้นที่ดังกล่าวมีการเจริญเติบโตงอกงามและให้ผลผลิตสูงขึ้น พืชตระกูลถั่วนอกจากจะช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำแล้วประโยชน์ที่สำคัญคือใช้เป็นพืชอาหารของมนุษย์ที่ให้โปรตีนสูง การใช้พืชตระกูลถั่วปลูกร่วมกับพืชหลักจะเป็นประโยชน์ทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่มากขึ้น เพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและลดปัญหาวัชพืช การปลูกข้าวโพดร่วมกับพืชตระกูลถั่วในพื้นที่อาศัยน้ำฝนทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ชนิดพืชและพันธุ์พืช วิธีการจัดระบบการปลูกพืชและความต้องการของเกษตรกร

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

วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินปากช่อง คือ การไถกลบถั่วพุ่มคลุมดินด้วยถั่วพรี และใช้น้ำหมักชีวภาพให้ผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 5,209.18 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เฉลี่ย 3 ปี 2,765.53 บาท รองลงมาคือ การไถกลบปอเทืองคลุมดินด้วยถั่วพรี และใช้น้ำหมักชีวภาพ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังโดยเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 5,194.96 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เฉลี่ย 3 ปี 2,721.48 บาท (กมลภา, 2552)

2.1.3 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

การจัดการธาตุอาหารพืชเป็นกระบวนการจัดการเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ให้อยู่ในระดับที่สมดุล และสามารถสร้างความสมบูรณ์แก่ต้นพืชในสภาพปกติ จนสามารถให้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ พืชมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารแบ่งได้ 3 ระดับ คือ ภาวะขาดแคลน เพียงพอ และเป็นพิษ ในสภาพที่มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำมากจนทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ พืชจะมีการเจริญเติบโตลดลงและให้ผลผลิตต่ำ แต่ปริมาณธาตุอาหารในดินที่มากเกินไปจนอยู่ในภาวะเป็นพิษก็เป็นผลลบในการลดปริมาณผลผลิตเช่นเดียวกัน ปริมาณธาตุอาหารในดินต้องอยู่ในภาวะสมดุลจึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มผลผลิต (ยงยุทธ, 2546) ทั้งนี้การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน สามารถประเมินโดยการวิเคราะห์ดิน ในส่วนความอุดมสมบูรณ์ของพืชนั้น สามารถนำขึ้นส่วนของพืช เช่น ใบมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบ เพื่อประเมินว่ามีความเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีหรือไม่ ซึ่งการจัดการ

ธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดินและใบพืชเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ เพราะการทราบปริมาณธาตุอาหาร ที่มีอยู่แล้วในดินและใบพืช ทำให้สามารถเพิ่มหรือลดปริมาณธาตุอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการของ พืชชนิดนั้น ๆ ช่วยให้เกษตรกรผู้พืชสามารถลดต้นทุนที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยที่สูงเกินความจำเป็น ภาณุวัฒน์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการจัดการธาตุอาหารมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ปลูกในดินร่วนปนทราย กำหนด อัตราปุ๋ยจากการประเมินความต้องการธาตุอาหารด้วยวิธีการวิเคราะห์พืชร่วมกับวิเคราะห์ดินเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร พบว่า การใส่ปุ๋ย 1.25 เท่าของอัตราประเมิน สามารถลดปริมาณการใช้ ปุ๋ยเคมีได้ 27 เปอร์เซ็นต์ ลดต้นทุนปุ๋ยได้ 972 บาทต่อไร่ หรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์หรือ 190 กิโลกรัมต่อไร่ มี กำไรเพิ่มขึ้น 4,497 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ วัฏญ์เพ็ญ และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลกระทบของการขาดธาตุ N P K Ca และ Mg ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุ อาหารสะสมในใบพริกหวาน โดยใช้เปลือกมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก พบว่าพริกหวานเริ่มแสดงอาการขาด ธาตุให้เห็นที่ใบหลังจากได้รับการทดสอบ 14 วัน โดยต้นพริกหวานแสดงอาการใบเหลืองในกรรมวิธีที่ขาด ไนโตรเจนส่งผลให้ต้นมีความสูงต่ำสุด ส่วนน้ำหนักแห้งใบในกรรมวิธีขาดไนโตรเจนและโพแทสเซียม น้อย กว่ากรรมวิธีอื่น การขาดไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมทำให้ได้ผลผลิตน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจนทำให้โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง

2.1.4 โลหะหนัก

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มี ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน เนื่องจากมีกิจกรรมหลายประเภทที่เป็นแหล่งกำเนิด และนำโลหะหนักมาใช้กันมาก เช่น ในด้าน อุตสาหกรรมด้าน เกษตรกรรม ส่วนใหญ่โลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน เช่น สารหนู (As), โคบอลต์ (Co), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu),ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb), และสังกะสี (Zn) (กรมวิชาการเกษตรและ สหกรณ์, 2548) โลหะหนักสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิต โดยผ่านไปตามห่วงโซ่ อาหารแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม เมื่อมนุษย์ได้รับจะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดอันตรายอาจพิการ หรือเสียชีวิตได้ ด้วยเหตุนี้ จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีที่ถูกต้องในการจัดการโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินมี ด้วยกันหลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) การเผาไหม้ (incineration) การ ระเหย (volatilization) การดูดซับโดยใช้ความร้อน (thermal adsorption) และการใช้ วิธีทางชีวภาพ (biological techniques) แต่วิธีดังกล่าวค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน อีกทั้ง ยังมีค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้มี การศึกษาการบำบัดโลหะหนักโดยใช้พืชซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การดูดซับ และการสะสมของตะกั่วใน พืช 26 สายพันธุ์ มีพืชสายพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถสะสม สารตะกั่วไว้ได้โดยไม่ได้อันตรายและพืชที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการบำบัดโลหะหนัก ได้แก่ พืชจำพวกข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ ทานตะวัน หญ้า และอื่นๆ (ดวงกมล และคณะ, 2556) นอกจากนี้ ยังพบว่า หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโต ได้ในสภาพดินที่มีโลหะหนัก จึงมีการนำหญ้าแฝกมาปลูกเพื่อใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบาง ประเภท และดูดซับโลหะหนักจากดิน ได้แก่ การปลูกหญ้าแฝกรอบขอบบ่อบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้หญ้าแฝก ช่วยดูดซับโลหะหนักบางชนิด การปลูกหญ้าแฝก เพื่อดูดซับโลหะหนักจากดิน การปลูกหญ้าแฝกแล้วให้น้ำ ทิ้งไหลผ่านในอัตราการไหลที่เหมาะสม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

Zarcinas *et al.* (2004) ศึกษาปริมาณของโลหะหนักในดินของประเทศไทย พบปริมาณสารหนู เฉลี่ย 7.5 mg/kg โดยพบอยู่ในช่วง 0.08-124 mg/kg ซึ่งร้อยละ 95 ของตัวอย่างดิน มีสารหนูต่ำกว่า 29 mg/kg นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารหนูในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็กและอลูมิเนียม แสดงว่าสาร หนูในดินส่วนหนึ่งมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่มีเหล็กและอลูมิเนียมอยู่ด้วย ยุพาและอรรวรรณ (2560) รายงาน ว่า มีการปนเปื้อนของอาสินิกในดินที่ใช้ทำการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทยอย่างแพร่หลาย

มากกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน จากรายงานการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 39 ศูนย์ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ในระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 จำนวน 710 ตัวอย่าง พบว่า ร้อยละ 71 ของตัวอย่างดิน มีปริมาณสารอาซิโนสูงเกินค่ามาตรฐาน (3.9 mg/kg) ในดินที่มีการปลูกพืชเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบนพื้นที่สูง โดยบางพื้นที่ตรวจพบความเข้มข้นของอาซิโนในดินสูงสุด 783 mg/kg (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) จุดประสงค์หลักของการบำบัดในพื้นที่ส่วนใหญ่ มักเป็นการเพิ่มความคงสภาพของสารมลพิษ หรืออาจเป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งปนเปื้อนโดยใช้พืชบำบัด (phytoremediation) ข้อดีของการบำบัดในพื้นที่คือ กระบวนการบำบัดที่ไม่ยุ่งยาก และมีต้นทุนในการบำบัดที่ค่อนข้างต่ำแต่การบำบัดด้วยวิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียอยู่เนื่องจากเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของสิ่งปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่มีการละลายต่ำและไม่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จึงไม่ได้เป็นการกำจัดสารมลพิษที่แท้จริงและอาจมีการปลดปล่อยสู่สภาพแวดล้อมอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมที่ถูกบำบัดถูกเปลี่ยนแปลงไป ส่วนการบำบัดภายนอกพื้นที่มักเป็นการสกัดหรือแยกสารมลพิษออกจากตัวตะกอนหรือวัสดุด้วยวิธีทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพ โดยมีข้อดีคือ สามารถกำจัดโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายออกเกือบทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือ เรื่องต้นทุนในการบำบัดที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปนเปื้อนที่มีพื้นที่กว้างขวาง

ชูชาติ และคณะ (2559) ได้ศึกษาและทดสอบเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักในดินบนพื้นที่สูงประกอบด้วย (1) การคัดเลือกชนิดพืชที่มีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนักอาซิโน ดำเนินการในแปลงปลูกพืชที่ตรวจพบปริมาณอาซิโนสูงเกินค่ามาตรฐาน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดอาซิโนออกจากดินสูงสุด 2.66 กรัม/ไร่ รองลงมาคือ ทานตะวัน 2.12 กรัม/ไร่ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่ทำให้ความเข้มข้นของอาซิโนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกพืชดูดซับ (2) การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียเปรียบเทียบกับ 3 ไอโซเลท ต่อความสามารถในการลดความเป็นพิษของอาซิโนในดิน โดยทดสอบร่วมกับวิธีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูน เพื่อปรับค่า pH ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ผลการทดสอบพบว่า การใช้แบคทีเรีย ไอโซเลท Ars 29 ร่วมกับการใส่ปูนทำให้ปริมาณอาซิโนลดลงสูงสุด 12.69 % (3) การศึกษาและทดสอบวิธีการใช้พืชดูดซับสาร (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อลดอาซิโนในดิน พบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันแต่การใช้แบคทีเรีย ไอโซเลท Ars 29 คลุกดินก่อนปลูกผักกาดขาวปลี ช่วยลดการดูดอาซิโนเข้าไปในส่วนลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (4) การศึกษาและทดสอบวิธีการกำจัดพืชดูดซับอาซิโนด้วยการนำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดูดซับอาซิโนในดินแล้วมาทำให้แห้ง จากนั้นบดอัด และปั้นเป็นรูปเม็ดซีเมนต์โดยผสมพืชและผงซีเมนต์สัดส่วน 1:3 ผลการทดลองสรุปได้ว่าวิธีการนี้สามารถกักเก็บอาซิโนในพืชดูดซับได้

ธัญพรและพิสิษฐ์ (2557) ศึกษาการดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดยหญ้ากีนีสีม่วง พบว่าหญ้างีนีสีม่วงสามารถมีชีวิตได้ตลอด 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 การใช้วัสดุปรับปรุงดินโดยส่วนใหญ่จะเน้นไปในเรื่องของความสามารถของโลหะหนักในการเคลื่อนที่ โดยการทำให้เกิดการดูดซับ (sorption) การตกตะกอน (precipitation) หรือการเปลี่ยนสภาพเป็นรูปของแข็ง (solid-phase transformation) กับวัสดุปรับปรุงดินตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Borda and Sparks, 2008) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้โลหะหนักเหล่านี้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้มีหลายชนิด เช่น วัสดุฟอสเฟต ปูนขาว อินทรียวตฤ และแร่ซีโอไลต์ ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูงนัก โดยการใช้วัสดุดังกล่าวเหล่านี้เพื่อปรับปรุงสภาพดินปนเปื้อนในปัจจุบันถือเป็นวิธีทางเลือกที่เป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ (วรชาติ, 2555)

ค่ามาตรฐานของโลหะหนักในดิน ในพืชและในอาหารของจากแหล่งที่มาต่างๆ

ตารางที่ 1 มาตรฐานของโลหะหนักในดิน

โลหะหนัก	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย และเกษตรกรรม ^{1/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะ หนักในดิน ^{2/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะ หนักในดิน ^{3/}
	(มก./กก.)		
1. สารหนู	3.9	-	30
2. แคดเมียม	37	3	0.15
3. พรอท	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. พรอท	0.5
4. ตะกั่ว	1
5. นิกเกิล	-
6. โครเมียม	-
7. ทองแดง	20
8. สังกะสี	100
9. โคบอลต์	-

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

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

2.2 ผลงานวิจัยของโครงการ

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 การทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วมกับระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงโดยกระบวนการมีส่วนร่วมกับชุมชน ในพื้นที่เสื่อมโทรม ดังนี้ (1) พื้นที่ลาดชันดินเสื่อมโทรม มีการตัดทางและเผาก่อนปลูก (ข้าวไร่) โดยทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวไร่จัดทำคูรับน้ำขอบเขา ปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลันเตา โดยถั่วลันเตายังสามารถย่อยคลุมดินมีการแตกกิ่งแขนงเลื้อยไปได้ไกลกว่า 10 เมตร ช่วยรักษาความชื้นในดิน ช่วยเพิ่มซากอินทรีย์วัตถุให้ดิน ปลูกพืชตระกูลถั่วสลับกับปลูกข้าวไร่ พืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นถั่วนี้วนางแดงและถั่วดำ หลังจากการทดสอบ 1 ปี พบว่าดินมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในแปลงที่ปลูกข้าวไร่เพียงอย่างเดียว ส่วนในแปลงที่ปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลันเตา แปลงปลูกถั่วนี้วนางแดงและถั่วดำ พบว่าดินมีการเปลี่ยนแปลงโดยค่า pH อินทรีย์วัตถุในดิน CEC และ K เพิ่มขึ้น และพบว่าดินที่ปลูกถั่วดำ มีอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 3.97% (2) พื้นที่ลาดชัน มีการเผา ใช้สารเคมีและปลูกข้าวโพดติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) จัดทำคูรับน้ำขอบเขา ปลูกข้าวโพดโดยไม่เผาเศษพืชขวางแนวลาดชัน ปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วลันเตา พบว่าถั่วมีการเจริญเติบโตดี โดยไม่มีผลกระทบต่อน้ำข้าวโพดอีกทั้งต้นถั่วลันเตามีการแตกกิ่งแขนงเลื้อยคลุมดินช่วยรักษาความชื้นในดินและช่วยลดวัชพืชในแปลงปลูกข้าวโพด ปลูกพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วนี้วนางแดง ถั่วดำ เหลื่อมข้าวโพด ในช่วงหลังปลูกข้าวโพด ประมาณ 80 วัน หรือในระยะเวลาที่ฝักยังไม่แก่เต็มที่ ซึ่งถั่วจะช่วยในการคลุมดินและรักษาความชื้นในดิน ลดจำนวนวัชพืช ผลวิเคราะห์ดินหลังจากการทดสอบ 1 ปี พบว่าดินมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณ P K Ca และ Mg มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดมีการดูดใช้ธาตุอาหารในแต่ละรอบการปลูกค่อนข้างสูง (3) พื้นที่ดินทรายและมีหินปน (มันสำปะหลัง) โดยปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับมันสำปะหลัง ถั่วทั้ง 4 ชนิด มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ในระยะแรก พบว่าถั่วดำเจริญเติบโตดีที่สุด และตัดคลุมดินหลังปลูก 45 วัน ในระยะต่อมาถั่วพรางมีการเจริญเติบโตดีที่สุดและเริ่มติดฝักแล้ว รองลงมาถั่วลิสงและถั่วเขียว ผลวิเคราะห์ดินหลังจากปลูกมันสำปะหลัง 1 ปี เกษตรกรไม่ได้เก็บผลผลิตมันสำปะหลัง เนื่องจากหัวมันมีขนาดเล็กและราคาต่ำ จึงได้เก็บตัวอย่างดินในแต่ละกรรมวิธีเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดิน พบว่า pH มีการเปลี่ยนแปลงทุกกรรมวิธี ยกเว้นที่ปลูกถั่วดำร่วมกับมันสำปะหลัง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ CEC K Ca และ Mg ในดินลดลงอาจเนื่องจากการดูดใช้ของมันสำปะหลัง (4) พื้นที่ที่ปลูกพืชผักและใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่อง (หอมญี่ปุ่น) โดยการจัดการธาตุอาหารและปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน ผลผลิตหอมญี่ปุ่นเพิ่มขึ้น 6.7-25%

การทดสอบวิธีการลดการปนเปื้อนโลหะหนักอาซีนิกในดินที่ปลูกกะหล่ำปลี ร่วมกับเกษตรกร โดยใช้แบคทีเรียไอโซเลท Ars 29 และ FeSO_4 เป็นสารตรึงโลหะหนักในดิน ผลการทดสอบดังนี้ 1) แปลงนายสุรโชค พบว่า ในดินปลูกมะเขือเทศ พบอาซีนิกในรูปอาซีนิกทั้งหมด รองลงมาในรูปอาซีนิกในรูปที่เสถียรจับกันอย่างแข็งแรง ส่วนอาซีนิกที่ละลายน้ำได้ดี และอาซีนิกที่จับตัวกันอย่างหลวมๆพบปริมาณเพียงเล็กน้อย ในส่วนของพืชพบอาซีนิกในส่วนของรากมากที่สุด 3.19 mg/kg และลำต้นเพียง 0.1 mg/kg ส่วนในผลผลิตมะเขือเทศไม่พบปริมาณอาซีนิก 2) แปลงนายก้าน พบว่า ในดินปลูกกะหล่ำปลี พบอาซีนิกในรูปอาซีนิกทั้งหมด รองลงมาในรูปอาซีนิกในรูปที่เสถียรจับกันอย่างแข็งแรงมากที่สุด ส่วนอาซีนิกที่ละลายน้ำได้ดี และอาซีนิกที่ละลายน้ำได้จับตัวกันอย่างหลวมๆพบปริมาณเพียงเล็กน้อย ในส่วนของพืช หลังใช้เชื้อแบคทีเรีย ไอโซเลท Ars.29 ร่วมกับการใช้ปูน และสารตรึงโลหะหนัก พบว่า อาซีนิกในรูปอาซีนิกทั้งหมดในส่วนของรากและหัวกะหล่ำปลี ลดลง มีค่า 0.60 mg/kg และ 0.32 mg/kg ตามลำดับ

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ดำเนินงานทดสอบเทคโนโลยีในการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินต่อเนื่อง ดังนี้ ในส่วนของข้าวไร่การไม่เผาแล้วปลูกข้าวไร่ร่วมกับถั่วลันเตาและจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 733 กก./ไร่ และดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ไม่เผาเตรียมพื้นที่และปลูกข้าวโพดเหลืองด้วยถั่วดำ ให้ผลผลิตข้าวโพดสูงสุด 810 กก./ไร่ ดินมีค่า pH อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ยกเว้นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง โดยการปลูกถั่วระหว่างร่องมันสำปะหลัง พบว่าแปลงที่มีการปลูกถั่ว (ถั่วลิสง ถั่วพราง และถั่วดำ) ในระหว่างแถวมันสำปะหลังให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าแปลงที่ปลูกมันสำปะหลังอย่างเดียว และเกษตรกรสนใจปลูกถั่วลิสงเนื่องจากช่วยบำรุงดินและเป็นรายได้เสริมให้เกษตรกร พื้นที่ที่ปลูกหอมญี่ปุ่นติดต่อกันแบบเข้มข้น พบว่า การปลูกถั่วดำบำรุงดินร่วมกับการจัดการธาตุอาหารพืช ให้ผลผลิตหอมญี่ปุ่น เพิ่มขึ้น 15% จาก 3.2 กก./ตร.ม. เป็น 3.7 กก./ตร.ม.

การศึกษาและทดสอบชนิดพืชผักที่มีความเสี่ยงในการดูดซับอาซีนิกและแคดเมียมในดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักบนพื้นที่สูงจากการเก็บตัวอย่างพืชผัก จำนวน 21 ชนิด (ผักใบ ผักผล ผักกินหัว) พบว่าการปนเปื้อนอาซีนิกในพืช ไม่เกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในพืช ส่วนใหญ่จะพบการสะสมในส่วนของรากทั้งในผักใบ ผักผลและผักกินหัว มีเพียงรากต้นมะเขือเทศโหม้สและรากกวางตุ้งเท่านั้นที่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนการปนเปื้อนแคดเมียมในพืชไม่เกินค่ามาตรฐาน พบการสะสมในรากและลำต้นของผักผล และพืชที่มีแนวโน้มในการดูดซับอาซีนิกและแคดเมียม ได้แก่ ผักกาดหวาน ผักกวางตุ้ง และ เบบี้ฮ่องเต้

2.3 กรอบแนวความคิด

พื้นที่ทำการเกษตรร้อยละ 96.48 ของพื้นที่สูงใน 12 จังหวัดของภาคเหนือ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเทมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายหน้าดิน โดยเฉพาะพื้นที่ในระบบการทำเกษตรแบบตัดและเผาที่เปิดหน้าดินโล่งรับแรงปะทะกับเม็ดฝนโดยตรง และไม่มีระบบชะลอการไหลของน้ำฝนที่ไหลบ่าไปตามความลาดชัน หน้าดินที่ถูกชะล้างไปทุกปีทำให้พื้นที่เกษตรเหลือแต่ดินชั้นล่างที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเป็นดินปนหิน

การศึกษาการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรม ประกอบด้วย การฟื้นฟูดินในพื้นที่มีความลาดชัน ดินเสื่อมโทรม มีการตัดทางและเผาก่อนปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวไร่ โดยลดรอบการหมุนเวียนพื้นที่การปลูกข้าวไร่ของเกษตรกร ดินในพื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ข้าวไร่เป็นนาขั้นบันไดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินในพื้นที่ที่มีลักษณะดินทรายและมีหินปน และดินในพื้นที่ที่มีความลาดชัน มีการเผาใช้สารเคมีและปลูกข้าวโพดติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เพื่อให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นเกษตรกร

สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืนต่อไป ในขณะเดียวกันควรส่งเสริมให้เกษตรกรบนพื้นที่สูง มีการทำเกษตรแบบประณีต โดยใช้พื้นที่น้อย ให้ผลตอบแทนสูง โดยเฉพาะการให้ความรู้ความเข้าใจในการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ และปรับวิธีการจัดการธาตุอาหารพืชตามความต้องการของพืช อาทิเช่น การลดปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้มากเกินไปจนความจำเป็นลงเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ยังขาด และการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ

สำหรับดินปลูกพืชที่มีการสะสมโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานดินจำเป็นต้องมีมาตรการในการลดการปนเปื้อน รวมถึงทราบชนิดพืชที่มีความเสี่ยงในการดูดซับอสังกะสีและแคดเมียมที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักบนพื้นที่สูง เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์พื้นที่ปลูกพืชให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผลผลิตมีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

