แนวทางการจัดการดิน ในระบบการเกษตรยั่งยืน [1]

Abstract

Sustainable agriculture should involve the successful management of resources for agriculture to satisfy changing human needs while maintaining or enhancing the natural resource base and avoiding environmental degradation.

Thailand's agriculture can be characterized by a rainfed traditional production systems. More than 80 % of total cultivated land area has been under cropping risk due to drought hazards. Despite continuous cropping for generations, fertilizers and appropriate conservation measures have seldom been used by the farmers. Consequently, there has been a reduction of crop yields due to mineral stress, water stress and erosion hazard. These three major soil constraints and their importance in the agricultural development are outlined. Methods of improvement with emphasis placed on lowinput technology and sustainable crop production are reviewed.

To obtain a clear picture of potentials for increased production, land use and soils of Thailand are also described.

บทคัดย่อ

ระบบการเกษตรยั่งยืนในที่นี้หมายถึง *"การจัดการทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อการเกษตรอย่างมีระบบและสัมฤทธิ์ผล สามารถที่จะเอื้ออำนวยความต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารและการเกษตรของประชากรได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะรักษาหรือเพิ่มสมรรถนะในการผลิตของทรัพยากรธรรมชาติพื้นฐานด้วย ทั้งนี้ ไม่ควรเป็นระบบที่จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง"*

เนื่องจากการเกษตรของประเทศไทยเป็นการเกษตรแบบอาศัยน้ำฝนเสียส่วนใหญ่ คือ ประมาณ 80% ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงมีความเสี่ยงในการปลูกพืชอันเนื่องมาจากการขาดน้ำในช่วงฤดูปลูกมาก ทำให้เกษตรกรไม่ค่อยใช้ปัจจัยในการผลิตเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ มีการใช้ปุ๋ยกันน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารพืชที่ต้องสูญเสียไปจากระบบในฤดูหนึ่ง ๆ นอกจากนี้การใช้ และ/หรือการจัดการทรัพยากรการเกษตรในแง่ของการอนุรักษ์ ก็ค่อนข้างที่จะถูกมองข้ามไปอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ผลผลิตพืชลดน้อยถอยลงเป็นลำดับ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดน้ำ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และเกิดการชะล้างพังทะลายของดิน ปัญหาหลักที่เกี่ยวกับดินในระบบการเกษตรยั่งยืนทั้งสามประการดังกล่าวนี้ หากไม่ได้รับการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไข ก็เป็นที่แน่นอนเหลือเกินว่าความแร้นแค้นอันเนื่องมาจากข้าวยากหมากแพงจะต้องเกิดขึ้น เพราะผลผลิตทางการเกษตรไม่เพียงพอกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น

---

[1] ธวัชชัย ณ นคร นักวิชาการเกษตร 7 และหัวหน้ากลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900.

ในที่นี้จะกล่าวถึงแนวทางการจัดการดินในระบบการเกษตรยั่งยืนเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจำเป็นต้องเน้นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และชีวภาพ การใช้ปุ๋ยเพื่อชดเชยธาตุอาหารพืชที่สูญเสียไปจากระบบ และการใช้วิธีเขตกรรมที่เหมาะสมเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในระดับไร่นา และเพื่อที่จะทำให้มองเห็นภาพรวมการเกษตรของประเทศได้ดีขึ้น ก็จะกล่าวถึงดินและการใช้ที่ดินไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คำนำ

เริ่มต้นจากการหักร้างถางพงเปิดป่าทำการเพาะปลูก อินทรียวัตถุของดินภายใต้สภาพป่าที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในปริมาณสูง ซึ่งอาจสูงถึง 5-10 % นั้น ก็จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตสภาพเขตร้อนชื้น อัตราการสูญเสียอินทรียวัตถุไปจากดินค่อนข้างรวดเร็วกว่าปกติ เนื่องจากสภาพแวดล้อมด้านความชื้นและอุณหภูมิอำนวยต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ดิน การใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องทำให้อินทรียวัตถุของดินลดลง สาเหตุหนึ่งที่ทำให้อินทรียวัตถุของดินลดลงเนื่องจากการไถพรวนดิน เพื่อทำการเพาะปลูกจึงไม่ควรลืมที่จะเพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้กับดินโดยวิธีใดวิธีหนึ่งด้วย เพื่อรักษาไว้ซึ่งอินทรียวัตถุของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและศักยภาพในการผลิตของดินระยะยาว

ดินภายใต้สภาพป่าจะได้รับการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุจากซากกิ่งก้าน ใบ ลำต้น และรากพืชที่แห้งตายแล้วอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ดังนั้นพื้นที่ที่ทำการเกษตรที่ได้จากการเปิดป่าใหม่จึงมีความอุดมสมบูรณ์และมีอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพราะระบบป่าเป็นระบบที่มีการหมุนเวียนของธาตุอาหารพืชที่อุดมสมบูรณ์แบบที่สุดโดยที่ธาตุอาหารพืชจากดินยังคงอยู่ในพื้นที่ไม่สูญหายไปไหน และขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินไปในตัว กล่าวคือ ธาตุอาหารพืชจากดินที่พืชดูดนำไปใช้จะกลับคืนสู่ดินในรูปของซากชิ้นส่วนของพืชดังกล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินให้ธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ที่ได้ไปจากดินและอินทรียวัตถุ ส่วนชิ้นส่วนของพืชขนาดใหญ่หรือที่ยังไม่ถูกย่อยสลายก็จะเหลือตกค้างอยู่บนผิวดิน ซึ่งจะกระทำหน้าที่เป็นวัสดุคลุมดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้นและป้องกันการพังทลายของหน้าดินอย่างดีไปในตัว ขบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่มีที่สิ้นสุดตราบเท่าที่สภาพป่ายังคงอยู่อย่างสมบูรณ์ ระบบป่านี้ถือว่าเป็นระบบธรรมชาติที่มีถาวรภาพ และ/หรือมีความยั่งยืนที่สุด เพราะฉะนั้นหากเราสามารถจำลองหรือเลียนแบบระบบป่านี้มาใช้ในการผลิตพืชได้ ก็จะเป็นระบบการเกษตรที่มีความยั่งยืนได้เช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบขั้นพื้นฐาน 3 ประการในระบบดังกล่าวข้างต้นนี้ คือ การเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน การให้ธาตุอาหารพืชกลับคืนสู่ระบบ และการให้ดินมีสิ่งปกคลุมอยู่เสมอ

ความหมายของการเกษตรยั่งยืน

การเกษตรยั่งยืน (Sustainable Agriculture) เป็นหลักการ และ/หรือแนวคิด (Concept) ที่เกิดขึ้นจากภาพสะท้อนของอดีตและปัจจุบัน คือ การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ความร่อยหรอและเสื่อมโทรมของทรัพยากรในการผลิต มลภาวะที่ทวีความรุนแรงขึ้น ในขณะที่ความต้องการด้านอาหารและผลิตภัณฑ์การเกษตรยังคงมีอยู่และเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นระบบการผลิตทางการเกษตรในอนาคตจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องเพื่อความกินดีอยู่ดีของอนุชนรุ่นต่อ ๆไป โดยเน้นหลักการถาวรภาพในการผลิตเป็นสำคัญ ได้มีผู้พยายามตีความหมายของคำว่า "การเกษตรยั่งยืน" ไว้ในหลาย ๆ รูปแบบ แต่ความหมายที่ค่อนข้างจะครอบคลุมหลักการและแนวคิดนี้ได้มากที่สุด คือ ความหมายที่ให้ไว้ในปี ค.ศ. 1988 โดย Technical Advisory Committee (TAC, 1988) ใน Consulative Group on International

Agricultural Research (CGIAR) ซึ่งปัจจุบันประกอบด้วยผู้แทนจากสถาบันวิจัยเกษตรนานาชาติ 16 สถาบัน ที่ว่า *"การเกษตรยั่งยืน หมายถึง การจัดการทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อการเกษตรอย่างมีระบบและสัมฤทธิ์ผล สามารถที่จะเอื้ออำนวยความต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารและการเกษตรต่าง ๆ ของประชากรได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะรักษาสมรรถนะในการผลิตของทรัพยากรธรรมชาติพื้นฐานให้คงอยู่หรือเพิ่มทั้งนี้ไม่ควรเป็นระบบที่จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลงได้"*

จากคำจำกัดความดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการเกษตรยั่งยืนนั้นมีการเน้นในเรื่องการจัดการ การผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการ และในขณะเดียวกันก็เน้นการอนุรักษ์ทรัพยากรขั้นพื้นฐานในการผลิต คือ ดิน น้ำ และสภาพแวดล้อม ดังนั้นการเกษตรยั่งยืนจำเป็นที่จะต้องมีความหลากหลาย (Diversity) ในแง่ของเทคโนโลยีที่จะต้องนำมาผสมผสานกันเพื่อให้เกิดเป็นระบบซึ่งมีถาวรภาพในการผลิตขึ้น การเกษตรยั่งยืนจึงไม่ได้ห้ามในการใช้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตเพียงแต่แนะนำให้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เป็นการเพิ่มมลภาวะแก่สภาพแวดล้อม

ดินและการใช้ที่ดินในการเกษตร

พื้นที่การเกษตรของประเทศไทยประมาณ 80 % อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดังนั้นความเสี่ยงในการที่พืชจะขาดน้ำในช่วงฤดูปลูกหนึ่ง ๆ จึงมีสูง ถึงแม้ว่าปริมาณฝนในแต่ละปีจะมีเพียงพอคือประมาณ 1,100–1,500 มม.ก็ตาม แต่การกระจายของฝนในแต่ละปีมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง พืชที่ปลูกมักจะประสบภัยแล้งและได้รับความเสียหายเป็นประจำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การใช้ปัจจัยในการผลิตของเกษตรกรต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการใช้ปุ๋ยกันน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้และนำออกนอกพื้นที่ในรูปของผลผลิตในฤดูปลูกหนึ่ง ๆ นอกจากนี้การใช้ที่ดิน และ/หรือการจัดการทรัพยากรดินในแง่ของการอนุรักษ์ก็ค่อนข้างจะถูกมองข้ามไปอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ผลผลิตพืชลดน้อยถอยลงตามลำดับและค่อนข้างรวดเร็ว

ดินของประเทศไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรียวัตถุต่ำเพราะเป็นดินเขตร้อนซึ่งมีการชะล้างสูง ประกอบกับการใช้ที่ดินปลูกพืชอย่างต่อเนื่องโดยขาดการบำรุงรักษา ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ พื้นที่การเกษตรของประเทศไทยมีประมาณ 37.7 % ของพื้นที่ทั้งหมดหรือประมาณ 120.8 ล้านไร่ ในจำนวนนี้แบ่งเป็นพื้นที่นา พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่สำหรับไม้ยืนต้นประมาณ 74.2, 32.1 และ 13.9 ล้านไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้มีเหลือประมาณ 91.6 ล้านไร่ หรือประมาณ 28.6 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ

ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2519–2529 พื้นที่นาได้ขยายหรือเพิ่มขึ้นประมาณ 4 % (2.9 ล้านไร่) และมีผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 3.8 ล้านตัน โดยที่ผลผลิตต่อไร่ของข้าวมิได้เพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวจึงมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกเสียส่วนใหญ่ ขณะที่ผลผลิตข้าวเฉลี่ยค่อนข้างจะคงที่ คือประมาณ 320 กก./ไร่ ซึ่งต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศผู้ผลิตข้าวโดยทั่วไป และในช่วงระยะเวลาดังกล่าว (2519–2529) พบว่าพื้นที่ปลูกพืชไร่เพิ่มขึ้นถึง 50 % (10.7 ล้านไร่) และผลผลิตพืชไร่ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก โดยที่ผลผลิตต่อไร่ของพืชไร่ต่าง ๆ คงที่ ยกเว้นมันสำปะหลังและอ้อย ซึ่งผลผลิตลดลง ดังนั้นผลผลิตของพืชไร่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวจึงมีสาเหตุมาจากการเพิ่มพื้นที่ปลูกแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่ป่าไม้ระหว่างปี 2519–2529 ลดลงถึง 26.1 % หรือประมาณ 32.3 ล้านไร่ และในจำนวนนี้คือพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนไปใช้ในการเพาะปลูกเสียเกือบครึ่ง คือประมาณ 46.1 % ของพื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย ซึ่งยัง

ไม่รวมอีกส่วนหนึ่งที่ถูกหักร้างถางป่าเพื่อการทำไร่เลื่อนลอย (Shifting Cultivation) ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตพืชในอดีตจึงมาจากการเพิ่มพื้นที่ปลูกเสียส่วนใหญ่ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากการเพิ่มผลผลิตพืชในปัจจุบัน และ/หรืออนาคตนั้นเราไม่สามารถจะกระทำได้โดยเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกอีกแล้ว แต่ความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มผลผลิตพืชเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากรและการส่งออกยังคงมีอยู่ อีกหนทางเลือกที่ยังมีเหลืออยู่ก็คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

หลักการในการไถพรวนดิน

การไถพรวนดินก่อนปลูกพืชนั้นได้เริ่มเรียนรู้มาตั้งแต่สมัยโบราณกาลควบคู่กับการเกษตร ซึ่งอาจนับได้ว่าเป็นศิลปเก่าแก่ที่สุดอย่างหนึ่งของมนุษยชาติ วิวัฒนาการของการไถพรวนดินเริ่มจากการใช้กิ่งไม้หรือนิ้วมือขุดเจาะดินเพื่อฝังเมล็ดพืช จนมาถึงปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการไถพรวนดินได้พัฒนากลายมาเป็นเครื่องมือกลที่สลับซับซ้อน ในศตวรรษที่ 18 เกษตรกรชาวอังกฤษชื่อ Jethro Tull ได้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการไถพรวนดินว่า *"การไถพรวนเป็นการทำให้ความสามารถในการผลิตของดิน (Soil Productivity) สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะดินที่เป็นก้อนโต ๆ ได้ถูกแบ่งแยกออกเป็นก้อนเล็กก้อนน้อยทำให้พื้นผิวดินเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้รากพืชมีโอกาสสัมผัสกับดินได้มากขึ้น ส่งผลให้รากพืชดูดธาตุอาหารจากดินได้มากขึ้น"* หลักการในการไถพรวนดินโดยทั่วไปคือ

1. **เพื่อกำจัดวัชพืช** อันนี้เป็นวัตถุประสงค์หลักของการไถพรวน การไถก่อนปลูกพืชเพื่อกลบเมล็ดและต้นวัชพืชทำให้การแข่งขันของพืชหลักกับวัชพืชมีน้อย การไถกลบกำจัดวัชพืชหลังปลูก เช่น การไถกลบวัชพืชระหว่างแถวพืชหลักเป็นที่นิยมกันมากนอกเหนือไปจากการกำจัดวัชพืชโดยวิธีการอื่น ๆ

2. **เพื่อฝังหรือหยอดเมล็ดพืช** อันนี้เป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญอีกข้อหนึ่งที่ปฏิบัติกันอยู่ในทุกระบบการปลูกพืช แม้กระทั่งการปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดิน (No-tillage) ก็จำเป็นต้องไถเปิดร่องเพื่อฝังและกลบเมล็ดเช่นเดียวกัน

3. **เพื่อปรับพื้นที่** การไถปรับพื้นที่นี้มีความสำคัญทั้งในและนอกเขตชลประทาน ในเขตชลประทาน การไถพรวนเพื่อทำให้การให้น้ำแก่พืชง่าย สะดวก และเหมาะสมกับวิธีการให้น้ำแก่พืชแต่ละวิธี เช่น การให้น้ำแบบไหลไปตามร่อง (Furrow Irrigation) ก็จำเป็นต้องไถพรวนปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทที่เหมาะสม เพื่อให้อัตราการไหลของน้ำเข้าไปในร่องถูกต้องตามความต้องการ ในเขตเกษตรน้ำฝนก็เช่นเดียวกัน ซึ่งจะต้องปรับพื้นที่โดยการไถพรวนให้เหมาะสมในแง่ของการระบายน้ำและการป้องกันการชะล้างของผิวหน้าดิน ในต่างประเทศซึ่งนิยมใช้เครื่องจักรกลกันอย่างกว้างขวางตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว การปรับพื้นที่ให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักรกลก็นับว่ามีความสำคัญมาก

4. **เพื่อไถกลบซากพืช** การไถกลบซากพืชหรือตอซังนี้ก็เพื่อที่จะให้ง่ายต่อการปลูกพืชที่ตามมา ขบวนการนี้อาจรวมถึงการย่อยตอซังของพืช ผสมคลุกเคล้า ฝัง หรือปล่อยทิ้งไว้บนผิวดิน ปัจจุบันมีการผลิตเครื่องจักรกลที่ใช้ในการนี้โดยเฉพาะออกสู่ตลาด

5. **เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน** เป็นต้นว่า การถ่ายเทอากาศในดิน อุณหภูมิของดิน การดูดซับน้ำของดิน ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาของรากพืชดีขึ้น ตลอดจนถึงการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ทั้งในด้านเคมีและชีวภาพ

6. **เพื่อคลุกเคล้าหรือกลบวัสดุต่าง ๆ ที่ใส่ให้กับดิน** เช่น ปูนขาว สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนวัสดุอื่น ๆ ที่ใส่ลงในดิน ทั้งนี้จะทำให้การสูญเสียของวัสดุเหล่านี้ลดน้อยลง หรือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นต้น

7. **เพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช** ตัวอย่างเช่น การป้องกันโรครากเน่าในฝ้าย (Cottonroot Rot) และราขาว (White Mold) ในถั่วลิสง ซึ่งการไถพรวนลึกจะช่วยได้มาก แม้แต่การใช้สารเคมีกำจัดก็จำเป็นต้องมีการไถเตรียมดินให้เรียบสม่ำเสมอ เพื่อทำให้การพ่นสารเคมีกำจัดโรคเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับการไถพรวน

ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจเสียก่อนว่า การไถพรวนไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่การไถพรวนมีปัจจัยบางอย่างที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การไถลึกจะส่งผลให้การไหลซึมและการดูดซับน้ำของดินดีขึ้น เป็นต้น ลดการไหลบ่าของน้ำไปตามผิวหน้าดิน และรากพืชสามารถเจริญเติบโตในแนวดิ่งได้มากขึ้น เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลสะท้อนให้การเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการไถพรวนเท่าที่สำคัญมีดังนี้

1. การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน
2. ความหนาแน่นรวมของดิน
3. ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน
4. ปริมาณน้ำหรือความชื้นของดิน

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของดินเนื่องมาจากการไถพรวนส่วนใหญ่มาจากการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) ซึ่งทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำและอากาศในดินเปลี่ยนไป ในกรณีที่ดินมีความหนาแน่นรวมสูง การเจริญเติบโตของรากพืชจะไม่เต็มที่เท่าที่ควร การแลกเปลี่ยนของอากาศในดินกับอากาศบนผิวดินก็เกิดขึ้นยาก ทำให้รากขาดออกซิเจน ราจึงเจริญเติบโตช้า สำหรับกรณีที่มีชั้นดินแน่นทึบอยู่ตื้นที่ระดับผิวดินก็ทำให้การซึมของน้ำลงไปในดินเกิดขึ้นลำบาก การงอกของเมล็ดพืชก็เป็นไปได้ยาก จึงจำเป็นต้องไถพรวนเพื่อให้ดินร่วนซุย การซึมของน้ำและการงอกของเมล็ดพืชก็จะดีขึ้น

การไถพรวนบางครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้อุณหภูมิของดินเปลี่ยนแปลง เช่น การยกร่อง ซึ่งส่วนมากทำให้ดินร่วนซุยและระบายน้ำได้ดีกว่า เมื่อได้รับแสงแดดจะร้อนได้เร็วกว่าดินที่มีการระบายน้ำเลว ซึ่งจะช่วยให้การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืชในระยะแรก ๆ ดีขึ้น นับเป็นสิ่งที่ควรจะคำนึงเมื่อปลูกพืชหลังนาในเดือนมกราคมในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในบางครั้ง การไถลึกจะช่วยให้มีการผสมคลุกเคล้าระหว่างดินบนและดินล่างเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น เพื่อทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินทั้งสองดีขึ้น หรือเพื่อทำลายชั้นดินแน่นทึบ ซึ่งจะทำให้การไหลซึมและการรับน้ำของดินดีขึ้น ตลอดจนการเจริญเติบโตของรากพืชก็จะดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ การไถลึกยังเป็นการผสมคลุกเคล้าธาตุอาหารพืชที่ยากต่อการเคลื่อนย้ายลงไปในดินล่าง ทำให้รากพืชใช้ประโยชน์มากขึ้น เช่น ฟอสฟอรัส เป็นต้น

ผลการศึกษาทดลองพบว่าการไถพรวนติดต่อกันระยะยาวทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง และมีผู้รายงานว่าการไถพรวนดินติดต่อกัน 60 ปี ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงถึง 38 % เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้มีการไถพรวนเลย นอกจากนี้การไถพรวนยังทำให้การจับตัวเป็นก้อน (Soil Aggregation) ของอนุภาคดินลดลง การที่การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดินเลวลงนี้ สาเหตุหนึ่งสืบเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งเป็นสารเชื่อมให้อนุภาคดินรวมตัวกันเป็นก้อนถูกทำลายนั่นเอง จากการศึกษายังพบอีกว่าการไถพรวนมีผลกระทบต่ออนุภาคที่รวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก การไถพรวนดินที่แห้งจัดจะทำลายการรวมตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน ทำให้โครงสร้างของดินเสียไป

หรือทำให้อนุภาคของดินซึ่งรวมตัวเป็นก้อนถูกทำลายนั่นเอง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการจับตัวของอนุภาคดินเป็นแผ่นแข็งในชั้นผิวดิน (Surface Crust) อันเกิดจากแรงกระแทกของเม็ดฝน ส่วนการไถพรวนเมื่อดินมีความชื้นสูงมากจะทำให้ดินแน่นและดินจะจับตัวเป็นก้อนโต ๆ ซึ่งเมื่อแห้งจะแข็งมากโดยเฉพาะดินประเภทดินเหนียว ความชื้นของดินที่พอเหมาะในการทำการไถพรวนควรเป็นความชื้นที่ใกล้เคียงกับความชื้นที่ Field Capacity ของดิน เพราะขณะนั้นช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน (Noncapillary Pore) ไม่มีน้ำขังอยู่เลย แต่ในช่องว่างขนาดเล็กของดิน (Capillary Pore) ส่วนใหญ่จะยังมีน้ำขังอยู่ ในสภาพความชื้นของดินดังกล่าวนี้ การเกาะตัวเป็นก้อนของอนุภาคดินจะมั่นคงมากที่สุด

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการไถพรวนดิน คือ ทำให้การระเหยของน้ำไปจากผิวหน้าดินลดลง ทำให้พืชสามารถใช้น้ำที่มีอยู่ในดินได้มากขึ้น สาเหตุที่ทำให้การระเหยของน้ำจากผิวหน้าดินลดลงนั้นเป็นเพราะชั้นดินที่ถูกไถพรวนทำหน้าที่คล้ายวัสดุคลุมดินไปในตัว (Self Mulching) ซึ่งจะตัดขาดการไหลของน้ำขึ้นไปสู่ผิวหน้าดิน ดังนั้นน้ำที่ระเหยจากดินไปสู่บรรยากาศจำเป็นต้องกลายเป็นไอน้ำเสียก่อนแล้วจึงค่อย ๆ ระเหยผ่านชั้นดินไถพรวนดังกล่าวอีกชั้นหนึ่งก่อนที่ออกไปสู่บรรยากาศ จึงทำให้อัตราการสูญเสียน้ำของดินลดลง ซึ่งกรณีดังกล่าวนี้ก็เหมือนกับการใช้วัสดุคลุมดินนั่นเอง แต่ทั้งนี้หมายความว่าต้องไม่มีฝนตกภายหลังการไถพรวน แต่ถ้ามีฝนตกภายหลังการไถพรวน คุณสมบัติข้อนี้ก็จะลดความสำคัญลงไป เพราะช่องว่างขนาดใหญ่ของดินชั้นบนที่ถูกไถพรวนจะลดลง มีผู้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของข้าวโพดและฝ้ายกับปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน ซึ่งเกิดขึ้นจากการไถพรวนด้วยวิธีการต่าง ๆ และพบว่าทั้งผลผลิตของข้าวโพดและฝ้ายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน โดยสรุปว่าดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่น้อยกว่า 10 % โดยปริมาตร จะมีคุณสมบัติทางกายภาพไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช (Poor Tilth)

การที่ดินมีปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่น้อยเป็นส่วนหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงความแน่นทึบของดิน การใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการไถพรวน หรือการไถพรวนดินเมื่อความชื้นของดินไม่เหมาะสม ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินแน่นหรือความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น ในสภาพของดินแน่นทึบนี้จะทำให้การถ่ายเทอากาศในดินโดยเฉพาะออกซิเจนลดลงและเป็นการลดการเจริญเติบโตของรากพืชด้วย เคยมีผู้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของรากทานตะวันและองุ่น พบว่ารากพืชทั้งสองไม่สามารถชอนไชผ่านชั้นดินทรายที่มีความหนาแน่นรวมมากกว่า 1.75 กรัม/ลบ.ซม. ได้เลย ส่วนค่าความหนาแน่นรวมวิกฤติต่อการเจริญเติบโตของรากพืชสำหรับดินเหนียวจะอยู่ระหว่าง 1.46-1.63 กรัม/ลบ.ซม อนึ่งการที่รากพืชไม่สามารถชอนไชผ่านดินที่มีความหนาแน่นรวมสูงหรือมีความแน่นทึบมาก ๆ เช่นนี้ เพราะช่องว่างในดินมีขนาดเล็กมากเกินไปจนดินขาดออกซิเจน ผลงานทดลองประเภทเดียวกันได้แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของรากฝ้ายและข้าวโพดลดลงถึง 3 เท่า เมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นจาก 1.04 เป็น 1.50 และ 0.95 เป็น 1.25 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเจริญเติบโตของรากพืช และ/หรือการเจริญเติบโตของพืชถูกกระทบกระเทือนอย่างมากเพียงแต่ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่าการอัดแน่นของดินมีผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินอีกด้วย

การไถเบิกดินดาน

การไถเบิกดินดาน (Subsoiling) คือการไถลึกนั่นเอง ต่างกันตรงที่ว่าการไถเบิกดินดานนั้น ดินล่างไม่ถูกพลิกขึ้นมาคลุกเคล้ากับดินบนเหมือนกับการไถลึก จุดประสงค์ใหญ่ในการไถเบิกดินดานคือ เพื่อทำลายชั้นดินแน่นทึบที่เกิดขึ้นใต้ผิวดินไม่ลึกนัก ซึ่งเป็นผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช การไถเบิกดินดานจะทำให้การไหลซึมของน้ำลงไปในดิน

ชั้นล่างสะดวกและรวดเร็วขึ้นซึ่งเป็นการลดการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้เกิดการต่อเนื่องระหว่างน้ำในดินที่ลึกกว่าชั้นดินแน่นทึบและน้ำในดินที่อยู่เหนือชั้นดินแน่นทึบ และทำให้การเจริญเติบโตของรากพืชในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น

การไถเบิกดินดานนี้เริ่มนำมาใช้แก้ปัญหาความแน่นทึบของดินชั้นล่างตั้งแต่ปี พ.ศ. 2388 โดยสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ริเริ่มก่อน ต่อมาได้แพร่หลายเข้าไปในประเทศอังกฤษและฝรั่งเศส ตามลำดับในช่วงระยะเวลา 50 ปี ที่ผ่านมา การไถเบิกดินดานเพื่อแก้ปัญหา คุณสมบัติทางกายภาพของดินได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก สำหรับในประเทศไทย ผลงานการทดลองด้านนี้ยังนับว่ามีน้อยมาก จึงยังไม่ค่อยเห็นการนำมาใช้ในระดับไร่นาเท่าที่ควร การไถเบิกดินดานจะได้ผลดีและส่งผลนานเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. **ความชื้นของดินขณะทำการไถเบิกดินดาน** การไถเบิกดินดานที่ได้ผลต้องทำในขณะดินแห้งและต้องแห้งลึกลงไปจนถึงชั้นดินแน่นทึบที่ต้องการจะไถเบิกทำลาย เพราะชั้นดินแน่นทึบขณะแห้งจะเปราะจึงถูกทำลายได้ง่ายขึ้น ส่วนอีกเหตุผลหนึ่ง คือ ถ้าไถขณะดินเปียกจะทำให้ดินแน่นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น มีผู้พบว่าการไถเบิกดินดานที่ถูกหลัก คือ ไถขณะดินแห้งนั้น ทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นถึง 25 % แต่หากไถขณะที่ดินเปียกผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียง 1-2 % เท่านั้น

2. **ความถี่ในการไถเบิกดินดาน** ความถี่ในการไถเบิกดินดานขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ภูมิอากาศ การจัดการดินและพืชที่ปลูกเป็นสำคัญ การไถเบิกดินดานในดินเนื้อละเอียดอาจให้ผลดีอยู่ได้นาน 3-4 ปี แต่ในดินเนื้อหยาบจะอยู่ได้นานกว่า ในบางกรณีไถครั้งเดียวแล้วไม่ต้องไถซ้ำอีก เพราะชั้นดินแน่นทึบที่ถูกไถเบิกจะไม่อัดแน่นขึ้นอีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและการจัดการดินที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้น การที่จะทราบว่าการไถเบิกดินดานครั้งหนึ่ง ๆ จะอยู่ได้นานแค่ไหนนั้นอาจสังเกตและประเมินจากผลผลิตของพืชที่ปลูกหลังการไถเบิกดินดานก็ได้ คือ หากผลผลิตพืชลดลงจนใกล้เคียงกับเมื่อยังไม่ได้ไถเบิกดินดานก็จำเป็นต้องไถซ้ำอีก เป็นต้น

ในกรณีที่ไถเบิกดินดานแล้วไม่ได้ผลในแง่ของการเพิ่มผลผลิตพืชนั้น อาจเพราะทำผิดวิธี เช่น ทำการไถขณะดินเปียกซึ่งจะเป็นผลเสียมากกว่าผลดี เพราะจะทำให้ดินแน่นและโครงสร้างของดินจะถูกทำลาย อันเป็นเหตุให้การไหลซึมของน้ำและการเจริญเติบโตของรากพืชลดลงไปอีก ส่วนข้อดีของการไถเบิกดินดานที่ถูกวิธีอาจพอสรุปได้ดังนี้

1. เพิ่มอัตราการไหลซึมของน้ำในดิน ทำให้น้ำฝนหรือน้ำชลประทานไหลซึมลงไปในดินได้เร็วขึ้น ลดการชะล้างหน้าดินและการไหลบ่าของน้ำฝนไปตามผิวหน้าดิน
2. เพิ่มปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินในการปลูกพืชดีขึ้น
3. ทำให้การอุ้มน้ำของดินดีขึ้น
4. ทำให้การเจริญเติบโตหรือการหยั่งลึกของรากพืชดีขึ้น
5. ทำให้พืชมีโอกาสใช้น้ำใต้ดินให้เป็นประโยชน์

จากข้อดีของการไถเบิกดินดานก่อนปลูกพืชดังกล่าวเหล่านี้ ล้วนแต่มีผลกระทบทำให้ผลผลิตของพืชที่ปลูกเพิ่มขึ้นทั้งสิ้น อนึ่ง การไถเบิกดินดานนั้น ถ้าไม่มีชั้นดินแน่นทึบจำกัดการไหลซึมของน้ำและรากพืชแล้วก็ไม่ควรทำ เพราะจะเป็นการลงทุนที่เปล่าประโยชน์ และที่ควรจำอีกอย่างหนึ่ง คือ ถ้าจำเป็นต้องไถเบิกดินดาน จะต้องทำขณะดินแห้งและต้องแห้งลึกลงไปอย่างน้อยถึงชั้นดินแน่นทึบที่ต้องการจะไถเบิกทำลายเพื่อให้ชั้นดินแน่นทึบถูกทำลายอย่างได้ผลและไม่ทำให้เกิดดินแน่นเพิ่มขึ้นอีกจากการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการไถเบิกดินดาน ข้อพึงระวังอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการไถเบิกดินดาน คือ ต้องแน่ใจว่าไม่มีชั้นเกลืออยู่ใต้ชั้นดินแน่นทึบ เพราะการไถเบิกดินดานในกรณีดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้เกลือขึ้นมาสู่ดินบนได้ง่าย ซึ่งจะมีผลเสียมากกว่าผลดี

การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดิน

การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินก่อนการปลูกหรือที่เรียกว่า No-tillage หรือ Minimum Tillage ได้เป็นที่รู้จักและยึดถือปฏิบัติในต่างประเทศมาเป็นเวลานานพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะสำหรับดินที่ไม่เหนียวจัดหรือทรายจัดจนเกินไป โดยเฉพาะข้าวโพด ถั่วเหลือง และข้าวสาลี มีผู้นิยมแบบไม่ไถพรวนกันมาก วิธีการปลูกแบบนี้นอกจากจะเปลืองแรงงานและเวลาน้อยกว่าการไถพรวนธรรมดาแล้ว ยังช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินนี้ ปกติมักจะใช้สารเคมีปราบวัชพืชพ่นกำจัดวัชพืชซึ่งขึ้นอยู่ทั่วไปในแปลงปลูกเสียก่อน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักกระทำกันก่อน 1-2 สัปดาห์ ส่วนการปลูกพืชก็ใช้วิธีหยอดเมล็ดเป็นหลุมหรือเปิดร่องปลูกแล้วแต่กรณี

การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินนี้ วัชพืชที่แห้งตายจากการพ่นด้วยสารเคมีจะทำหน้าที่เป็นวัสดุคลุมดิน (Mulching) ไปด้วยในตัว ดังนั้นข้อดีของการปลูกพืชโดยวิธีการนี้จึงคล้าย ๆ กันกับการปลูกพืชโดยใช้วัสดุต่าง ๆ คลุมดิน (Mulch Farming) นั่นเอง คือ ช่วยไม่ให้มีการพังทลายของหน้าดิน ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาซึมลงไปในดินได้ดีกว่า และเป็นการลดการระเหยของน้ำไปจากผิวหน้าดินได้อีกด้วย ซึ่งหมายความว่าพืชจะสามารถใช้น้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการไถพรวนธรรมดา สำหรับปัญหาที่ว่าหากยึดถือวิธีการไม่ไถพรวนติดต่อกันไปนาน ๆ แล้ว ผิวหน้าดินจะแน่นนั้นก็ไม่เป็นความจริงแต่ประการใด เพราะรากของทั้งพืชหลักและวัชพืชซึ่งแห้งตายแล้วจะสลายตัวทำให้เกิดช่องว่าง (Pore Space) ใต้ผิวหน้าดินขึ้นเป็นจำนวนมาก หากจะเปรียบเทียบช่องว่างเหล่านี้กับช่องว่างซึ่งเกิดจากการไถพรวนแล้ว ช่องว่างเหล่านี้จะมีความคงทนถาวรและมากกว่าเสียอีก ดังกล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่าน้ำฝนจะซึมลงไปในดินได้ดีกว่าวิธีการไถพรวนธรรมดาก็เพราะเหตุข้อนี้ พอสรุปได้ว่าการปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินมีข้อดี คือ อนุรักษ์ดินและน้ำ ป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ป้องกันการอัดแน่นของผิวดินจากแรงกระแทกของเม็ดฝน และลดเวลาและแรงงานในการไถพรวนเตรียมดิน

การปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนนี้อาจมีข้อเสียอยู่บ้างในที่ที่มีฝนตกหนักและชุก เพราะจะเกิดการไหลซึมของน้ำฝนลงไปในดินชั้นล่างมากเกินไป เป็นเหตุให้ธาตุอาหารพืชในดินชั้นบนถูกชะล้างลงไปในดินชั้นล่างมากกว่าปกติ

ปัญหาใหญ่ที่จะตามมาอีกอย่างหนึ่ง คือ ปัญหาเรื่องวัชพืช ถ้าหากเตรียมแปลงปลูกโดยวิธีนี้ไม่ดีพอ เป็นต้นว่าใช้สารเคมีปราบวัชพืชน้อยเกินไปหรือตัวสารเคมีนั้นไม่เหมาะ คือ ไม่สามารถทำลายวัชพืชได้เด็ดขาดแล้ว ปัญหาเรื่องวัชพืชก็จะตามมา อย่างไรก็ตามการเตรียมแปลงหรือใช้สารเคมีปราบวัชพืชที่ถูกหลักก็จะช่วยขจัดปัญหานี้ได้ สารเคมีปราบวัชพืชส่วนมากมักมีคุณภาพไม่เหมือนกัน คือ บางอย่างใช้ได้ผลกับวัชพืชบางชนิดเท่านั้น ฉะนั้นการเลือกใช้สารเคมีปราบวัชพืชทุกครั้งควรสำรวจดูเสียก่อนว่าในบริเวณนั้น ๆ มีวัชพืชอะไรอยู่บ้าง และอะไรเป็นวัชพืชหลัก ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้สารเคมีปราบที่ถูกต้อง และในกรณีที่มีวัชพืชหลาย ๆ ชนิดก็จำเป็นต้องใช้ส่วนผสมของสารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อการปราบวัชพืชที่ได้ผลแน่นอน

กลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ กองปฐพีวิทยาได้ทำการศึกษาการปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินกับพืชต่อไปนี้ คือ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ปอ มันสำปะหลัง งา และข้าว

ผลการทดลองของข้าวโพด มันสำปะหลัง และข้าว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสรุปผลได้ว่าการปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยการไถพรวน ตามปกติหากดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูงหรือมีการใช้ปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับข้าว การปลูกโดยการหยอดไม่ไถพรวนดิน

ให้ผลผลิตสูงกว่าการตกกล้าปักดำเกือบเท่าตัวนั้น สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการที่ปลูกโดยการหยอดเมล็ดนั้นสามารถปลูกข้าวได้เร็วกว่าปกติ ข้าวจึงมีระบบรากที่แข็งแรงกว่า ทำให้สามารถลดความเสียหายของข้าวจากการกระทบแล้งในช่วงต้นฤดูทำนาได้ดีกว่าการปักดำ สำหรับพืชอื่น ๆ ที่ได้ดำเนินการไปแล้วก็สามารถสรุปผลได้คล้ายคลึงกันกับกรณีของข้าวโพด และ/หรือมันสำประหลัง

ตารางที่ 1 ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งปลูกโดยมีการไถและไม่ไถพรวนในดินชุดปากช่อง ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในฤดูปลูกปี 2527 และ 2529 (กก./ไร่)

การใช้ปุ๋ย	2527		2529		เฉลี่ย	
	ไถ	ไม่ไถ	ไถ	ไม่ไถ	ไถ	ไม่ไถ
ไม่ใส่ปุ๋ย N	493	513	535	438	514	476
ใส่ปุ๋ย N	560	596	731	788	646	692

ที่มา ธวัชชัย (2531)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลผลิตหัวมันสดและต้นสดของมันสำปะหลัง ซึ่งปลูกในดินชุดวาริน ที่ จ.ขอนแก่น โดยวิธีการไถพรวนตามปกติ และปลูกโดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกปี 2530 และ 2532 (ตัน/ไร่)

การจัดการดิน	2530		2532	
	น.น.หัว	น.น.ต้น	น.น.หัว	น.น.ต้น
ไถพรวน	2.66	2.27	1.14	0.78
ไม่ไถพรวน	3.22	2.67	1.57	0.88

ที่มา ธวัชชัย (2533)

ตารางที่ 3 ผลผลิตข้าวพันธุ์หอมดอกมะลิ 105 ซึ่งปลูกในนาเกษตรกร ที่ จ.ศรีสะเกษ และร้อยเอ็ด โดยการปักดำตามปกติ และหยอดเมล็ดไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกปี 2529 (กก./ไร่)

(N-P_2O_5-K_2O) (กก./ไร่)	จ.ศรีสะเกษ		จ.ร้อยเอ็ด	
	ปักดำ	หยอด	ปักดำ	หยอด
0-0-0	256	-	299	282
0-6-6	296	346	-	-
8-6-6	392	693	386	542

ที่มา Na Nagara (1990)

การใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงบำรุงดิน

ในการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน ไม่มีวิธีการใดจะดีเท่าการใช้ปุ๋ยพืชสด (Green Manure) เพราะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นได้เองบนพื้นที่โดยตรง จึงไม่ต้องขนย้ายมาจากที่อื่น และส่วนมากจะใช้พืชตระกูลถั่วในพื้นที่แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ทั้งนี้เพราะพืชตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ พืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มักทนทานต่อดินกรด เจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่ได้เร็ว ไม่ค่อยมีโรคแมลงรบกวนมากนัก และมีระบบรากลึก ซึ่งจะช่วยนำเอาธาตุอาหารพืชจากดินล่างขึ้นมาสู่ดินชั้นบนเมื่อถูกไถกลบ จากรายงานต่าง ๆ ทั่วโลกพอสรุปได้ว่าการไถกลบปุ๋ยอินทรีย์ และ/หรือปุ๋ยพืชสดลงในดินจะเกิดผลดีเอนกประการ กล่าวคือ อินทรียวัตถุที่สลายตัวแล้วซึ่งทั่ว ๆ ไปเรียกว่า ฮิวมัส (Humus) จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น คือ ทำให้การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดินคงทนขึ้น การถ่ายเทอากาศและการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น ส่วนในกรณีที่ใช้คลุมดินก็จะป้องกันมิให้เกิดการสะสมความร้อนในดินชั้นบน ป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และลดปริมาณวัชพืชในแปลงปลูกพืชได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การสลายตัวของอินทรียวัตถุยังปลดปล่อยธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ออกมาให้พืชได้ใช้อย่างช้า ๆ เชื่อกันว่าในดินที่ไม่ได้มีการใช้ปุ๋ยเคมี พืชจะได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ส่วนใหญ่จากอินทรียวัตถุในดินและได้รับฟอสฟอรัสประมาณครึ่งหนึ่งจากอินทรียวัตถุ การสลายตัวของอินทรีย-วัตถุแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชออกมาอย่างช้า ๆ จะเป็นผลดีในแง่ของประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินทรายที่มีการชะล้างสูง

การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเกิดขึ้นได้ด้วย 2 ขบวนการตามสภาพของสิ่งแวดล้อม คือ ในสภาพที่ไม่มีน้ำขัง เช่น ในที่ดอนหรือเรือกสวนไร่นาที่ไม่มีน้ำขังประเภทถาวร หรือที่เรียกว่า Aerobic Condition การสลายตัวของอินทรียวัตถุในสภาพดังกล่าวนี้จะเป็นไปอย่างรวดเร็วโดยมีเชื้อรา (Fungi) เป็นตัวการสำคัญในขบวนการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ผลของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในสภาพไม่มีน้ำขังนี้จะได้สารพวก ออกไซด์ (Oxides) เช่น ไนเตรท (NO_3^-) ซัลเฟท ($SO_4^=$) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ยากต่อการสลายตัวรวมอยู่ด้วย

ขบวนการที่สองเป็นการสลายตัวของอินทรียวัตถุในสภาพที่มีน้ำขัง เช่น ในนาข้าว หรือที่เรียกว่า Anaerobic Condition การสลายตัวของอินทรียวัตถุในสภาพน้ำขังนี้เกิดขึ้นช้ากว่าขบวนการแรกโดยมี Anaerobic Bacteria เป็นตัวการสำคัญในการย่อยและผลที่ได้จากการย่อยสลายจะเป็นพวกก๊าซต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) มีเทน (CH_4) ไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้นการไถกลบปุ๋ยอินทรีย์ และ/หรือปุ๋ยพืชสดในนาข้าว ควรจะกระทำเมื่อมีน้ำขังในนาหรือก่อนหน้าที่นาจะมีน้ำขังเล็กน้อยเท่านั้น เพราะหากไถกลบล่วงหน้าก่อนมีน้ำขังนาน ๆ การสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีน้ำขัง ซึ่งจะได้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และเมื่อไขน้ำเข้านาเพื่อปักดำข้าว ไนเตรทจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ทันทีโดยขบวนการที่เรียกว่า Denitrification ซึ่งจะสูญเสียไปในบรรยากาศในที่สุด ส่วนการไถกลบในสภาพน้ำขัง ไนโตรเจนจะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งต้นข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งจะไม่สูญหายไปในบรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์เหมือนกรณีแรก

งานวิจัยการใช้ปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงบำรุงดินในประเทศไทยมีมานานกว่า 30 ปี แต่เกษตรกรให้ความสำคัญในเรื่องนี้น้อยมาก เนื่องจากการปรับปรุงบำรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยพืชสดไม่เห็นผลทันทีทันใด จึงยังไม่มีการนำเทคโนโลยีด้านนี้ไปใช้ในระดับไร่นาเท่าที่ควร ทั้งเกษตรกรมักจะคิดว่าเป็นการลงทุนโดยเปล่าประโยชน์ คือ เสียเงินค่าเมล็ดพันธุ์ เสียเวลาและแรงงานในการปลูกและไถกลบแต่ไม่ได้เก็บเกี่ยวผลผลิต ผู้เขียนเห็นว่าถึงเวลาแล้วที่เราควรจะส่งเสริม

ให้มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในระดับไร่นาอย่างจริงจัง โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยทั่วไปต่ำกว่า 1 % และเชื่อว่าอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีของพืชที่ปลูกในภูมิภาคนี้ต่ำ ในสาธารณรัฐประชาชนจีนมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กันอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้กลายเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ ผลผลิตพืชต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีความเป็นอยู่ดีขึ้น

พืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในขณะนี้มี ปอเทือง ถั่วพุ่ม และโสน ทั้งนี้เพราะพืชเหล่านี้เจริญเติบโตเร็ว ค่อนข้างทนแล้ง และไม่มีโรคและแมลงรบกวนมากนัก ทั้งยังให้ผลผลิต (Biomass) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการใช้ปุ๋ยพืชสดคือ "การจัดการ" หรือ "Management" ซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีการที่ง่ายต่อการปฏิบัติ เช่น การตัดคลุมดินแทนการไถกลบ เป็นต้น งานวิจัยดังกล่าวอยู่ในระหว่างการทดลองโดยกลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพของกองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

สำหรับในนาข้าว แหนแดง (Azolla) มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทานที่เป็นดินทรายซึ่งมีอินทรียวัตถุ และ CEC ต่ำนั้น ควรเน้นประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหารในดินของพืชเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจนซึ่งง่ายต่อการชะล้าง ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่สามารถละลายหรือปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้า ๆ จึงน่าจะมีประโยชน์ เช่น ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นต้น การใช้ปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยไม่ถึง 50 % คือ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับพืชจะสูญหายไปมากกว่า 50 % โดยที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ เนื่องจากดินประเภทนี้มีการชะล้างสูง

การใช้แหนแดงในนาข้าวมีหลักปฏิบัติดังต่อไปนี้คือ นำแหนแดงที่เพาะเลี้ยงไว้ไปใส่ในนาขณะมีน้ำขังในอัตราประมาณ 50 กก./ไร่ ก่อนการปักดำข้าวประมาณ 3 อาทิตย์ และใช้ปุ๋ยฟอสเฟตให้กับแหนแดงในอัตรา 6 กก.P_2O_5/ไร่ โดยทำการแบ่งใส่เท่า ๆ กัน 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่พร้อมกับแหนแดง ส่วนครั้งที่สองให้ใส่หลังจากครั้งแรก 10 วัน ทั้งนี้เพื่อให้แหนแดงเจริญเติบโตได้ตามปกติ วิธีการเลี้ยงแหนแดงในนาข้าวดังกล่าวนี้จะให้น้ำหนักสดของแหนแดงในวันไถกลบก่อนปักดำข้าวประมาณ 2-4 ตัน/ไร่ หรือเมื่อเทียบกับปุ๋ยไนโตรเจนจะได้ประมาณ 4-8 กก.N/ไร่ แต่ไนโตรเจนที่ได้จากแหนแดงจะถูกปลดปล่อยออกมาให้ข้าวได้อย่างช้า ๆ จึงสูญเสียน้อยกว่าการใช้ไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยเคมี

นอกจากการใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงบำรุงดินที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้มีผู้ประเมินว่าปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ได้มาจากเศษซากพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว มูลสัตว์ สิ่งเหลือใช้จากโรงงาน และเศษขยะมูลฝอยในเมืองใหญ่ ๆ รวมกันแล้วผลิตได้ปีละมากกว่า 130 ล้านตัน แต่การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้ในการปรับปรุงบำรุงดินในการเพาะปลูกยังมีน้อยมาก ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าจะนำมาพิจารณาอย่างยิ่ง

การปลูกพืชคลุมระหว่างแถวพืชหลัก

ผลการทดลองระยะยาวกว่า 10 ปี สำหรับข้าวโพดและมันสำปะหลังชี้ให้เห็นว่า วิธีการเพาะปลูกที่เกษตรกรถือปฏิบัติอยู่ คือ "วิธีการไถพรวนและกำจัดวัชพืช" หรือ "Clean Cultivation" ทำให้ผลผลิตพืชทั้งสองชนิดลดลงอย่างเด่นชัด ดังนั้นเพื่อการผลิตพืชในระบบการเกษตรยั่งยืน จึงสมควรปรับปรุงวิธีการเพาะปลูก โดยควรคำนึงถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ดินควบคู่ไปกับการผลิตพืชด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ของพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งมีปัญหาการ

ชะล้างหน้าดินรุนแรง การปลูกพืชคลุม (Cover Crop) ระหว่างแถวพืชหลักจึงนับเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดอัตราการเสื่อมโทรมของดินลง ทำให้สามารถใช้ทรัพยากรดินเพื่อการเพาะปลูกพืชได้อย่างมีถาวรภาพ ข้อดีของพืชคลุมอาจกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1. **ลดการชะล้างหน้าดิน** โดยลดแรงปะทะของเม็ดฝนกับผิวดินโดยตรง ทั้งยังลดปริมาณและความเร็วของน้ำไหลบ่าไปตามผิวหน้าดินอีกด้วย

2. **เพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินบน** ในดินเนื้อหยาบประเภทดินทราย ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำและมีปัญหาการชะล้างหน้าดินสูง อินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดินบนจึงสูญเสียไปได้ง่าย พืชคลุมจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดการชะล้างและในขณะเดียวกันก็เพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้กับดินไปในตัว

3. **เพิ่มธาตุอาหารพืชให้กับดินบน** พืชคลุมจะทำให้เกิดขบวนการ Nutrient Recycling คือ ดูดธาตุอาหารพืชที่ถูกชะล้างจากดินบนไปสะสมในดินชั้นล่างมาสร้างเป็นเนื้อเยื่อแล้วกลับคืนสู่ดินบน พืชคลุมที่เป็นพืชตระกูลถั่วจะเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้กับดินโดยขบวนการตรึงไนโตรเจน (Biological Nitrogen Fixation) อีกด้วย

4. **ลดอุณหภูมิดิน** ในเขตร้อนมักจะมีปัญหาเรื่องดินมีอุณหภูมิสูงมากเกินไปสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและ/หรือรากพืช การลดอุณหภูมิของดินโดยการใช้พืชคลุมจึงเป็นวิธีการหนึ่งนอกเหนือไปจากการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้ทนทานต่อความร้อนหรืออุณภูมิสูง การลดอุณหภูมิของดินนี้ยังช่วยเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินให้ดีขึ้นอีกด้วย

5. **ลดปัญหาวัชพืช** เมื่อมีพืชคลุมดินปริมาณวัชพืชจะลดลงตามความหนาแน่นของพืชคลุมที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ ดังนั้นพืชคลุมดินควรเป็นพืชประเภทที่โตปกคลุมพื้นที่ได้รวดเร็ว เช่น พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น

สำหรับข้อเสียของการปลูกพืชคลุมระหว่างแถวพืชหลัก คือ จะเกิดการแข่งขันแย่งปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตระหว่างพืชคลุมและพืชหลัก ได้แก่ แสง น้ำ และธาตุอาหารพืชต่าง ๆ เป็นต้น โดยทั่วไปพืชคลุมจะทำให้ผลผลิตของพืชหลักลดลง ดังนั้นการเลือกชนิดพืชคลุมให้เหมาะสมกับพืชหลัก และการจัดการพืชคลุมเพื่อลดการแข่งขันดังกล่าว จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการรักษาหรือเพิ่มผลผลิตพืชหลักอย่างยิ่ง ทั้งนี้โดยยึดถือหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเช่นเดียวกับการปลูกพืชร่วม (Intercropping)

การปลูกพืชคลุมตระกูลถั่วระหว่างแถวพืชหลักได้ยึดถือปฏิบัติกันมานานแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสวนยางพารา จากหลักการเดียวกันนี้ กลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพของกองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ได้เริ่มทำการทดลองระยะยาวกับมันสำปะหลังมาตั้งแต่ปี 2529 โดยใช้ถั่วเวอราโน (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) ซึ่งเป็นพืชอาหารสัตว์ที่ได้รับการแนะนำให้ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกเป็นพืชคลุมระหว่างแถวมันสำปะหลังในดินชุดวาริน (Oxic Paleustults) ณ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.ขอนแก่น พบว่าเมื่อมีการจัดการพืชคลุมโดยการตัด 4 ครั้ง ในช่วงฤดูฝน แล้วปล่อยส่วนที่ได้จากการตัดทิ้งไว้เป็นวัสดุคลุมดินในแถวปลูกมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกมัน-สำปะหลังที่เกษตรกรถือปฏิบัติอยู่ อนึ่ง หากไม่มีการตัดพืชคลุมเลยกลับทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการแย่งน้ำและธาตุอาหารของพืชคลุม (ตารางที่ 4)

ฉะนั้น การปลูกพืชคลุมระหว่างแถวพืชหลักจึงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีศักยภาพสูงที่จะสามารถนำมาใช้ในการผลิตพืชที่มีระยะปลูกห่าง เช่น มันสำปะหลัง หม่อน และไม้ผลชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นในปี 2532 ทางกลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพจึงได้เริ่มทำการทดลองกับหม่อน ที่ อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา พร้อมทั้งได้ทำการศึกษาวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี

ในระบบการปลูกพืชดังกล่าวด้วย ซึ่งคาดว่าจะได้มาซึ่งวิธีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสม ที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตและรักษาสมรรถนะในการผลิตของดินไว้ในระยะยาว นอกจากนี้กองปฐพีวิทยายังมีการทดลองในพื้นที่ลาดชันที่ อ.เทิง จ. เชียงราย โดยใช้เทคโนโลยีในด้านการจัดการดินและพืชหลาย ๆ อย่างผสมผสานกันเพื่อระบบการเกษตรยั่งยืนอีกด้วย

ตารางที่ 4 การจัดการดินและพืชคลุมดิน (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) สำหรับมันสำปะหลัง

การจัดการ	น.น.หัวมันสด (ตัน/ไร่)	ผลผลิตสัมพัทธ์
ไถพรวน (เกษตรกร)	2.65	100
ไม่ไถพรวน	3.21	121
เวอราโน/ตัด	3.71	140
เวอราโน/ไม่ตัด	2.25	85

ที่มา Verapattananirund et al. (1988)

สรุป

การนำพื้นที่มาใช้ทำการเพาะปลูกโดยขาดการจัดการที่ดีจะทำให้ดินเสื่อมโทรมเร็วขึ้น หรือทำให้ระดับความสามารถในการผลิตของดินลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะระบบการปลูกพืชเดี่ยวซ้ำที่เดิมติดต่อกันโดยตลอด การเกษตรยั่งยืนจำเป็นต้องมีความหลากหลายทั้งในด้านระบบ การจัดการ และปัจจัยในการผลิต ดังนั้น แนวทางการจัดการดินในระบบการเกษตรยั่งยืนจึงจำเป็นต้องเน้นหลาย ๆ อย่างไปพร้อมกัน คือ การเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในการทดแทนธาตุอาหารพืชที่สูญเสียไปจากระบบ ตลอดจนการนำเทคโนโลยีด้านการอนุรักษ์ดิน และน้ำมาใช้ในระบบอย่างต่อเนื่องและสัมฤทธิ์ผลเพื่อป้องกันการชะล้างพังทะลายของดิน

★

เอกสารอ้างอิง

ธวัชชัย ณ นคร. 2531. การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดิน. เอกสารประกอบในการประชุมเรื่องการวางแผนการพัฒนาข้าวโพดในที่ดินดอนและจัดระบบการปลูกพืช ในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2531 ณ กรมส่งเสริมการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900.

ธวัชชัย ณ นคร. 2533. สรุปผลงานวิจัยปฐพีกายภาพของกรมวิชาการเกษตร. เอกสารประกอบในการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่องการปรับปรุงดินและพืชเพื่อพัฒนาการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างวันที่ 14-16 พฤศจิกายน 2533 ณ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.ขอนแก่น.

Na Nagara, T. 1991. Soil constraints on sustainable plant production in Thailand. **In** Proc. 24th International Symposium on Tropical Agricullture Research, Kyoto, August 14-16, 1990. Tropical Research Series No.24 : 40-59.

Technical Advisory Committee (TAC). 1988. Sustainable agricultural production : Implications for international agricultural research. (AGR/TAC : IAR 87/22). Consultative Group on International Agricultural Research, Washington, D.C. 108 pp.

Verapattananirund, P., Na Nagara, T., Tongyai, C. and S. Nualla-ong. 1988. A promising low-input management to sustain high cassava yield in northeast Thailand. **In** Proc. 6th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. pp. 270-278.

★