บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ความอุดมสมบูรณ์ของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลาย กรณีศึกษาลุ่มน้ำขุนสมุน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน เป็นการศึกษาเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ศึกษาที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรของหมู่บ้านที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำขุนสมุน รวมถึงพื้นที่ไร่หมุนเวียนและป่าอนุรักษ์ซึ่งมีความลาดชันตั้งแต่พื้นที่ราบจนถึงพื้นที่ลาดชันสูง เนื่องจากมีความหลากหลายทางดัชนีชี้วัดทางงานวิจัยที่มากมาย หัวข้อวิจัยดังกล่าว จึงจำเป็นต้องหาข้อมูลและศึกษาจากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นฐานข้อมูลทางด้านวิชาการเพื่อนำมาปรับและประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและการอ้างอิงจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีลักษณะการศึกษาที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางและทฤษฎีเดียวกัน สามารถทำให้งานวิจัยเรื่องนี้มีความสมบูรณ์และชัดเจนเป็นไปตามหลักการตามงานวิชาการและงานวิจัยที่ถูกต้องของการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีการนำแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนำมาอ้างอิงในงานวิจัยดังกล่าวต่อไปนี้

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ความสามารถของดินที่จะให้แร่ธาตุอาหารจำเป็นต่าง ๆ รูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูกในปริมาณที่เพียงพอมีสัดส่วนเหมาะสมและสมดุลต่อความต้องการนั้น ๆ ความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเป็นสถานภาพของดินที่สำคัญต่อการผลิตพืช เนื่องจากมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างยิ่ง การผลิตพืชจะประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้มีกำไร ได้ผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพสูง ย่อมขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมาก (มุกดา, 2544) แต่ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นเพียงองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการผลิตพืชเท่านั้นและมีปัจจัยอื่น ๆ เกี่ยวข้องหลายปัจจัยดังต่อไปนี้

1. สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของดิน หมายถึง สมบัติของดินที่สามารถประเมินได้จากลักษณะทางภายนอก เช่น ความหนาแน่นของดิน เนื้อดิน หรือความหยาบความละเอียด การซึมน้ำ การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การยึดเกาะกันของอนุภาคหรือเม็ดดิน เป็นต้น สมบัติทางกายภาพของดินมี

ความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชมาก แต่มักจะมีความสัมพันธ์ในเชิงทางอ้อม เช่น การชอนไชของรากพืช การหายใจของรากพืช และการดูดซับน้ำของรากพืช จึงมีส่วนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากนี้สมบัติทางกายภาพของดินเป็นสมบัติสำคัญที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน โดยมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หากดินมีสมบัติทางกายภาพที่ดี เหมาะสม และมีความอุดมสมบูรณ์ดี ก็จะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพมากขึ้นอย่างชัดเจน และสมบัติของดินทางกายภาพนี้ จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ถ้าสมบัติใดของดินเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอื่น ๆ ไปด้วย จึงทำให้สมบัติทางกายภาพของดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชเป็นปรากฏการณ์ที่สลับซับซ้อนมาก (มุกดา, 2544)

1.1 เนื้อดิน (soil Texture) หมายถึง สัดส่วนสัมพัทธ์ของ อนุภาคในกลุ่มขนาดทราย ซิลท์ และดินเหนียว ซึ่งเนื้อดินจะเป็นประเภทใดย่อมขึ้นกับคุณสมบัติเด่นของขนาดหลักในดินชนิดนั้น ดินในสภาพธรรมชาติย่อมประกอบด้วยอนุภาคอนินทรีย์ขนาดต่าง ๆ คลุกเคล้ากันไป เมื่อได้แบ่งขนาดของดินออกเป็นกลุ่ม ๆ แล้วจะทำให้สามารถเข้าใจลักษณะและสมบัติของดินได้ง่ายขึ้น โดยในการจัดขนาดของดินนั้นได้จัดตามสมบัติของอนุภาคดินแต่ละอนุภาคที่คล้ายคลึงกันเข้าไว้ด้วยกันซึ่งแบ่งเนื้อดินหลักออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- ดินทราย (sandy soil) คือดินที่แสดงคุณสมบัติเด่นในอนุภาคของกลุ่มขนาดทรายในระดับที่ชัดเจนมากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลัก 2 ประเภทที่เหลือโดยประเภทดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ดินทราย และดินทรายร่วน

- ดินร่วน (loamy soil) คือดินที่แสดงคุณสมบัติเด่นของอนุภาคกลุ่มขนาดทั้ง 3 ประเภทในระดับที่มีความเด่นชัดไม่แตกต่างกัน และดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว ร่วนเหนียวปนทราย และร่วนปนซิลท์ เป็นต้น

- ดินเนื้อเหนียว (clayey soil) คือดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคกลุ่มขนาดดินเหนียวในระดับที่มีความเด่นชัดมากที่สุด และมากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคกลุ่มขนาดทรายและซิลท์มาก ดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ คือ ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนซิลท์ เป็นต้น

กลุ่มอนุภาคทั้ง 3 นี้ เมื่อประกอบกันเข้าเป็นสัดส่วนสัมพันธ์ต่าง ๆ กัน ก็จะได้เนื้อดินหลายประเภท เป็นการบอกให้ทราบถึงขนาดของอนุภาคดิน (particle size) ขนาดต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นดิน ดังนั้น เนื้อดินจึงมีสมบัติในด้านการแสดงบอกถึงความหยาบ หรือละเอียดของดิน ซึ่งเกิดจากสัดส่วนปริมาณของกลุ่มขนาดของอนุภาคดินที่แตกต่างกันของแต่ละเนื้อดิน ดินทราย เป็นดินเนื้อหยาบ จะมีสัดส่วนของอนุภาคดินทรายสูง และมีกลุ่มอนุภาคดินเหนียวต่ำ

ในทางตรงกันข้าม ดินเหนียว เป็นดินเนื้อละเอียด จะมีสัดส่วนของกลุ่มอนุภาคดินเหนียวสูง และมีกลุ่มอนุภาคดินทรายต่ำ ในธรรมชาติ ดินประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่เป็นของแข็งได้แก่ สารอนินทรีย์ (inorganic matter) และสารอินทรีย์ (organic matter) คลุกเคล้ากันอยู่ในองค์ประกอบที่มีบทบาทมากต่อสมบัติของเนื้อดิน ได้แก่ สารอนินทรีย์ที่เป็นส่วนของอนุภาคดินเท่านั้น ส่วนอินทรียวัตถุในดินจะไม่นำมาร่วมในการพิจารณาวินิจฉัยสมบัติด้านเนื้อดิน (เอิบ, 2541) ซึ่งทำให้ความสัมพันธ์ของเนื้อดินต่อขนาดและปริมาณของช่องว่างภายในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินจะแตกต่างในลักษณะดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียด ดังนี้

- ดินเนื้อละเอียด จะมีต้นกำเนิดมาจากหินแร่ วัตถุต้นกำเนิดดินที่มีแร่ธาตุเป็นอาหารพืชเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ได้แก่ แร่ เฟลด์สปาร์ (feldspar) อะพาไทต์ (apatite) แอมฟิโบล (amphibole) เป็นต้น ดินเนื้อละเอียดจึงมีธาตุอาหารพืชมาก และมีความจุในการแลกเปลี่ยนอิออนสูง โดยมีค่าประเมินทั่วไปของดินเหนียวอยู่ในช่วง 15 – 30 มิลลิกรัม สมมูลต่อดิน 100 กรัม จึงมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้มาก และจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าดินเนื้อหยาบ ในขณะเดียวกันอนุภาคของดินเนื้อละเอียดส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก มีผลทำให้ดินมีปริมาณช่องว่างทั้งหมด หรือช่องว่างส่วนใหญ่เป็นช่องว่างขนาดเล็กที่อุ้มน้ำหรือกักเก็บน้ำรวมทั้งการดูดซับน้ำที่บริเวณผิวของอนุภาคดินได้มาก แต่มีช่องว่างขนาดใหญ่ที่ช่วยในการถ่ายเทอากาศมีน้อย ดังนั้น ดินเนื้อละเอียดอาจจะมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี อุ้มน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะต่อการหายใจ และการแพร่ขยายของรากพืชบางชนิด นอกจากนี้เนื่องจากเนื้อดินละเอียดเป็นเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมาก มีผลต่อความจุในการอุ้มน้ำของดิน โดยพบว่าระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช หรือความจุในการอุ้มน้ำของดินอยู่ในระดับความดันที่ 1/3 บรรยากาศถึง 15 บรรยากาศนั้น ขึ้นอยู่กับสมบัติของอนุภาคดินเหนียว เช่น อนุภาคดินเหนียวที่ขยายตัวได้ จะมีความจุในการอุ้มน้ำได้มากกว่าอนุภาคดินเหนียวที่ไม่ขยายตัวในระดับปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่เท่ากัน

- ดินเนื้อหยาบ มีอนุภาคขนาดใหญ่ จึงทำให้มีช่องว่างขนาดใหญ่ แต่มีช่องว่างขนาดเล็กในสัดส่วนรวมทั้งพื้นที่ผิวรอบ ๆ อนุภาคดินหรือเม็ดดินมีน้อย มีผลทำให้กักเก็บน้ำได้น้อย มีการถ่ายเทอากาศมากเกินไป ดินเนื้อหยาบจึงกักเก็บธาตุอาหารรวมทั้งการดูดซับแลกเปลี่ยนประจุบวกน้อย อีกทั้งเนื่องจากมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินที่มีองค์ประกอบที่จะให้ธาตุอาหารน้อย เช่น หินแกรนิต หินควอตไซต์ และหินทราย เป็นต้น ดินทรายจัดที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย หรือดินทรายปนดินร่วนเกิดเป็นชั้นดินหนามากกว่า 50 เซนติเมตร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- ดินทรายจัดที่ไม่มีชั้นดินดาน เป็นดินชายหาดและพื้นที่เนินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ กักเก็บน้ำไม่ได้

- ดินทรายจัดที่มีดินอินทรีย์ เป็นดินทรายที่พบตามชายฝั่งทะเลของภาคใต้ และภาคตะวันออก ที่มีชั้นดินบนเป็นทรายสีขาว ดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 60 – 80 เซนติเมตร เป็นดินทรายสีน้ำตาลปนแดง ซึ่งมีลักษณะเป็นดินดานที่เกิดจากการสะสมหรือตกตะกอนของสารประกอบพวกเหล็ก ฮิวมัส แต่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีแร่ธาตุต่าง ๆ ไม่เพียงพอต่อความต้านทานของพืช ในฤดูแล้งจะขาดน้ำและจะเกิดชั้นดินดานแข็งตอนล่าง ในส่วนฤดูฝนมีน้ำขัง เนื่องจากน้ำซึมผ่านชั้นดินดานไม่ได้และมีน้ำชั้นใต้ดินตื้น ทำให้พืชที่เป็นไม้ยืนต้นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (มุกดา, 2544)

1.2 ความหนาแน่นของดิน (soil density) ความหนาแน่นของดินมี 2 ประเภท คือ ความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาค

ความหนาแน่นรวม (bulk density. Db) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรทั้งหมดของดิน (ปริมาตรส่วนประกอบทุก ๆ ส่วนรวมกัน)

ความหนาแน่นอนุภาค (particle density, Dp) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักดินขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรเฉพาะส่วนที่เป็นอนุภาคดินเท่านั้น ซึ่งถ้าหากทราบความหนาแน่นดินทั้ง 2 ประเภทเราสามารถนำไปคำนวณหาค่าความพรุนของดิน (soil porosity) ได้โดยนิยมบอกเป็นความพรุนรวม (total porosity, E) ซึ่งหมายถึงปริมาตรส่วนที่ไม่ใช่ของแข็งในดิน เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาตรทั้งหมดของดินดังนี้

$$E = (1 - Db/Dp) \times 100$$

เนื่องจากค่าความหนาแน่นรวมนั้นคำนวณโดย เทียบน้ำหนักแห้งของดินกับปริมาตรส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นช่องในดิน ดังนั้นดินที่มีความหนาแน่นต่ำจึงหมายความโดยอ้อมว่าดินนั้นมีส่วนที่เป็นช่องว่างมาก เมื่อดินมีเนื้อละเอียดขึ้นจะมีความพรุนของดินมากขึ้น ดังนั้นความหนาแน่นของดินเนื้อละเอียดจึงมีความหนาแน่นต่ำกว่าดินเนื้อหยาบ ดินเหนียวมีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.0 – 1.3 ก/มล. ดินร่วน และร่วนปนซิลท์มีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.1–1.4 ก/มล. ดินร่วน ร่วนปนทราย มีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.2 – 1.6 ก/มล. สำหรับดินที่มีการเพาะปลูกมากดินชั้นไถพรวนมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยประมาณ 1.32 ก./มล. โดยเฉลี่ยดินที่ทำการเกษตรจะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.2 – 1.6 ก./ลบ.ซม. ทั้งนี้เนื่องจากดินดังกล่าวก็มีช่องว่างภายในดินในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นดินที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งแม้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่มีผลกระทบอย่างชัดเจน ถ้าดินใดมีความหนาแน่นรวมของดินมากเกินไปอันเป็น

ลักษณะการแน่นทึบของดินได้ทั่วไปในพื้นที่เพาะปลูกทำให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของผลิตภาพของดินดังต่อไปนี้

- ปริมาณน้ำและปริมาณอากาศในดิน เมื่อดินมีค่าความหนาแน่นรวมสูงขึ้น สัดส่วนของน้ำจะมีมากขึ้น เพราะช่องว่างถ่ายเทอากาศเปลี่ยนแปลงไปเป็นช่องว่างที่อุ้มน้ำ คือ ช่องว่างขนาดใหญ่ ถูกบดอัดกลายเป็นช่องว่างเล็กลง ดินจะมีช่องว่างที่กักเก็บน้ำได้มากขึ้น คือ ส่วนของช่องว่างเล็กที่เกิดขึ้นและบริเวณรอบ ๆ ผิวอนุภาคของดินและเม็ดดิน

- การชอนไชและการแพร่กระจายของรากพืช ในการใช้เครื่องมือจักรกลที่ไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดชั้นดินดานในบริเวณดินชั้นล่าง หรือดินใต้ผานไถพรวน ชั้นดินดานนี้จะมีค่าความหนาแน่นรวมสูงประมาณ 1.6 ก./ลบ.ซม. และมีผลต่อการชอนไชและการแพร่กระจายของรากพืชในแนวดิ่ง ซึ่งมีผลต่อการดูดธาตุอาหารของพืช การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช การไถเบิกดินดานจะช่วยลดการอัดแน่นของดินชั้นล่างเพิ่มการไหลซึมของน้ำในดิน ลดปัญหาการเกิดน้ำท่วมขังบริเวณผิวหน้าดินและเพิ่มพื้นที่ที่เป็นประโยชน์ของดินในการดูดน้ำและอาหารของรากพืช

1.3 ปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (soil moisture) เป็นการแสดงโดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักของน้ำในดินและน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งหาได้โดยการอบดินที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่จากนั้นนำไปคำนวณหาน้ำหนักของน้ำในดินและน้ำหนักของดินแห้งโดยการชั่งแล้วสามารถหาค่าความชื้นในดิน (สมชาย, 2535)

อิทธิพลของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นองค์ประกอบหลักและสำคัญของเซลล์พืช และกระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโต เช่น เป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นตัวกลางในการละลายธาตุอาหารพืช และการขนย้ายนำส่งธาตุอาหารพืชไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชและเป็นตัวกลางควบคุมระดับอุณหภูมิของเซลล์พืช โดยการคายน้ำ ลดระดับอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อกระบวนการต่าง ๆ นอกจากนี้น้ำในเซลล์จะช่วยรักษาความเต่งตึงของเซลล์ มีการขยายตัวของเซลล์ และมีการแบ่งเซลล์ทำให้พืชสามารถชูกิ่งก้าน และยืนต้นรับแสงแดดได้เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงต่อไป

น้ำหรือความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่กระทบต่อสมบัติอื่น ๆ ทางกายภาพของดิน เช่น มีผลกระทบต่อความหนาแน่นของดิน การถ่ายเทอากาศ และการหายใจของรากพืช เมื่อน้ำในดินมีในระดับที่ไม่เหมาะสม เช่น มีน้ำมากเกินไป จะทำให้สัดส่วนช่องว่างในดินไม่เหมาะสม มีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดิน พืชขาดอากาศในการหายใจ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต (มุกดา, 2544)

1.4 การซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration)

เป็นสิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่นักอนุรักษ์ดินและน้ำจะต้องทำการศึกษาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ เพราะเป็นงานชิ้นแรกที่นักอนุรักษ์จะได้ข้อมูลในการจัดการพื้นที่ให้ถูกต้อง การทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการซึมน้ำผ่านผิวดินแต่ละชนิดดินหรือชนิดป่าเท่ากับเป็นเครื่องนำทางในการที่จะได้หาวิธีการที่เหมาะสมควบคุมหรือแก้ไข โดยการใช้เครื่องอินฟิวโตรมิเตอร์ (infiltrometer) แบบน้ำเหนือผิวดิน การหาอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินที่เริ่มใช้กันมานานแล้ว เป็นวิธีการที่ง่ายทั้งทางการสร้างพร้อมปฏิบัติ คือ อินฟิวโตรมิเตอร์แบบน้ำเหนือผิวดิน หรือ flooding type เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการง่าย ๆ โดยการฝังอินฟิวโตรมิเตอร์ลงไปในดินแล้วเติมน้ำให้สูงจากผิวหน้าดิน ต้องพยายามรักษาระดับน้ำเหนือผิวดินให้คงที่เสมอ รูปร่างอินฟิวโตรมิเตอร์แบบนี้มักเป็นรูปทรงกระบอกดังเช่น อินฟิวโตรมิเตอร์แบบหลอดกลวง เนื่องจากนักอุทกวิทยามักมีปัญหาในการสร้างอินฟิวโตรมิเตอร์แบบวงแหวน หรืออาจด้วยเหตุที่ต้องการประมาณอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินอย่างหยาบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับงานสำรวจลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงได้คิดหาเครื่องมืออย่างง่าย ๆ คือ อินฟิวโตรมิเตอร์แบบหลอดกลวง (tube infiltrometer) ลักษณะของแบบหลอดกลวงนั้นเป็นแบบท่อธรรมดาเปิดทั้งด้านบนและด้านล่าง เครื่องมือนี้ทำโดยกดหลอดลงสู่ใต้ดินแล้ว เอาดินให้อยู่ในหลอดเติมน้ำในปริมาณที่กำหนดให้ พร้อมทั้งจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทน้ำจนกระทั่งน้ำหยดสุดท้ายลงสู่ดินหมด ทำเช่นนี้ 3 ครั้ง เป็นอย่างน้อย ครั้งแรกจะได้เวลาเร็วกว่าครั้งหลัง ๆ วิธีการต่อไปคือ หาอัตราค่าเฉลี่ยของการซึมน้ำผ่านผิวดินในแต่ละครั้ง ซึ่งก็คือ จะได้ค่าของการซึมน้ำผ่านผิวดินตามเวลาต่าง ๆ จากค่าความสูงของน้ำที่แทรกซึมสะสมเข้าไปในดินเมื่อเวลาต่าง ๆ นั้น สามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับช่วงเวลานับจากที่ดินได้เริ่มรับน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้ (เกษม, 2539)

$$D = At^{B}$$

เมื่อ D = ความสูงสะสมของน้ำ

t = ช่วงเวลาที่นับตั้งแต่ดินเริ่มได้รับน้ำ

A และ B เป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของดินขึ้นกับปัจจัยหลายประการดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งหาได้จากการทดลอง

จากสมการดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณต่อไปได้ อัตราการแทรกซึมน้ำเมื่อเวลาต่าง ๆ กัน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเวลาที่นับจากเมื่อดินเริ่มต้นได้รับน้ำดังนี้

$$I = A.Bt^{B-1}$$

เมื่อ I = อัตราการแทรกซึมน้ำ

t = ช่วงเวลานับแต่ดินเริ่มได้รับน้ำ

A และ B เป็นค่าคงที่ได้จากการทดลองในสมการแรก

เมื่อได้ค่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินจากสมการแล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์หาความเร็วในการซึมน้ำผ่านผิวดินได้โดยใช้เกณฑ์สำหรับจำแนกอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินทั่วไป ดังตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์สำหรับการจำแนกอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน

การจำแนก	เซนติเมตร/ชั่วโมง
1. เร็วมาก	> 12.500
2. เร็ว	6.250 – 12.500
3. ปานกลาง	2.000 – 6.250
4. ช้าปานกลาง	0.500 – 2.000
5. ช้า	0.125 – 0.500
6. ช้ามาก	< 0.125

ที่มา: O, Neal (1952 อ้างโดย สว่าง, 2549)

ปัญหาเกี่ยวกับอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน มีทั้งอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินสูงและต่ำเกินไป อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินที่สูงเกินไปในดินที่มีการชลประทานทำให้มีการสูญเสียน้ำโดยการซึมลึก พ้นเขตรากพืชและการกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ ซึ่งปัญหานี้มักจะเกิดกับดินเนื้อหยาบที่อุ้มน้ำได้น้อย การแก้ปัญหาโดยตรงทำได้โดยการส่งเสริมให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากขึ้น ซึ่งทำได้ยาก การจัดการชลประทานที่เหมาะสมช่วยลดปัญหานี้ได้ เช่น ใช้วิธีการชลประทานแบบฝนโปรย (sprinkler irrigation) อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินภายใต้การชลประทานแบบฝนโปรยนี้ถูกควบคุมโดยอัตราการให้น้ำชลประทาน ซึ่งสามารถกำหนดให้พอเหมาะได้

ปัญหาอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินต่ำ เป็นปัญหาที่พบทั่วไปในดินที่ถูกใช้ในการเกษตร ปัญหาที่เกิดความเสียหายของพืชอย่างรุนแรงเมื่อเกิดภาวะฝนทิ้งช่วง เกิดกษัยการของ

ดินและเกิดภาวะน้ำท่วม เนื่องจากฝนตกหนักติดต่อกัน ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยขึ้นในบ้านเราก็น่าจะเกิดจากการซึมน้ำผ่านผิวดินได้ช้าลง ปัญหานี้เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างดินที่เลวลง ดังนั้นการแก้ปัญหานี้ก็คือต้องพยายามปรับปรุงโครงสร้างของดิน ซึ่งทำได้โดยการใช้วิธีไถพรวนที่เหมาะสม จัดระบบปลูกพืชที่เหมาะสม การคลุมดิน การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ตลอดจนการบำรุงรักษาให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ (สมชาย, 2535)

2. สมบัติทางเคมี

2.1 ความเป็นกรด – ด่างของดิน (soil pH) การวัดค่าความเป็นกรด - ด่างของดินคล้ายคลึงกับการวัดค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำ แต่ที่แตกต่างกัน คือ ดินมีความเป็นกรดอยู่ 2 ชนิด คือกรดจริง และกรดแฝง ดินมีประจุทั้งลบและบวก เช่นเดียวกับธาตุอาหารพืชที่ส่วนใหญ่มีประจุบวกทำให้ถูกดูดติดไว้กับดิน ไม่ไหลตามน้ำลงไปจนลึกเกินกว่าระดับที่รากพืชสามารถดูดมาใช้ประโยชน์ได้ความเป็นกรด – ด่างของดินนั้น หมายถึงความเข้มข้นของประจุบวกของไฮโดรเจนโดยประจุบวกของไฮโดรเจนที่ถูกดูดซับ เรียกว่าสภาพกรดแฝง ซึ่งสมดุลกับส่วนที่ไม่ถูกดูดซับเรียกว่าสภาพกรดจริง ซึ่งเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายน้ำของธาตุอาหารพืช ดังนั้นดินเหนียวและดินทรายที่มีค่า pH เท่ากันจะมีระดับความต้องการปูนในการยกระดับ pH ไม่เท่ากัน เนื่องจากดินเหนียวมีประจุลบมากกว่า จึงทำให้มีสภาพกรดแฝงมากกว่า ค่า pH ดินที่วัดได้ ซึ่งหมายถึงสภาพกรดจริง มีความเกี่ยวพันกับสภาพละลายได้ของธาตุอาหารพืช การเจริญเติบโตของพืช และการทำงานของจุลินทรีย์ในดินด้วย (วรวิทย์, 2547)

2.2 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity : CEC) การที่ดินมีประจุไฟฟ้าเป็นผลเนื่องจากอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในดิน การที่อนุภาคดินเหนียวมีขนาดเล็กมากกว่า 2 ไมครอนและมีรูปร่างแบนบาง ทำให้อะตอมของโลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณขอบมีโอกาสหลุดออกมาได้ง่าย และเมื่ออะตอมโลหะเหล่านี้หลุดออกมาจะทำให้เกิดประจุที่อะตอมของโลหะที่ส่วนใหญ่เป็นประจุบวก (แคตไอออน) จากภายนอกเข้าแทนที่ได้ ขณะที่อินทรียวัตถุในดินซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่แตกตัวแล้วเกิดเป็นประจุลบเป็นส่วนใหญ่จึงสามารถที่จะดึงดูดแคตไอออนอื่นเข้ามาแทนที่ได้ และเมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินแต่ละชนิดจะพบว่ามีปริมาณของอนุภาคดินเหนียว และปริมาณอินทรียวัตถุที่ต่างกันจึงทำให้มีความสามารถในการดึงดูดและแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้แตกต่างกัน แคตไอออนที่ถูกดูดซับในคอลลอยด์ดินเหล่านี้จะสามารถแลกเปลี่ยนกันได้กับแคตไอออนในสารละลายดิน จึงมีชื่อเรียกว่าแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ดังนั้นปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้จึงหมายถึง ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) นั่นเอง ซึ่งมีหน่วยเป็น me/100 g

ของดินแห้ง กระบวนการแทนที่แคตไอออนแลกเปลี่ยนได้โดยแคตไอออนในสารละลายดิน เรียกว่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออนซึ่งแคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ในดินส่วนใหญ่ คือ Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} Al^{3+} และ H^{+} โดยแคตไอออน 4 ตัวแรกมีชื่อเรียกรวมกันว่าเบสแลกเปลี่ยนได้ ในดินที่มีสภาพน้ำขังจะมี Mn^{2+} หรือ Fe^{2+} ละลายได้มากและถูกดูดซับเป็นส่วนใหญ่ ในสภาพดินเป็นกรดจะมี Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} และ Al (Al^{3+} หรือ $Al(OH)^{2+}$) จะเป็นแคตไอออนแลกเปลี่ยนได้เป็นหลัก ส่วนในสภาพดินเป็นด่างจะมี Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นหลัก โดยทั่ว CEC ของหน้าดินมีค่าระหว่าง 0.5 –50 me/100 g (Keeney and Wilding, 1977) ถ้า CEC ของดินต่ำนั่นอาจประเมินได้ว่าดินนั้นประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในปริมาณน้อย ซึ่งสามารถเพิ่มค่า CEC ของดินได้โดยการเติมอินทรียวัตถุในดิน

2.3 ธาตุอาหารพืชในดิน (plant nutrients) การเปลี่ยนแปลงระดับธาตุอาหารในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้เมื่อได้รับอิทธิพลต่าง ๆ จากการประมวลปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารในดิน รวมทั้งคุณสมบัติของธาตุแต่ละธาตุและการพยายามรักษาสมดุลระหว่างธาตุต่าง ๆ ทั้งภายในสารละลายดิน ส่วนที่แลกเปลี่ยนของดินและอินทรียวัตถุรวมทั้งที่ได้จากวัตถุต้นกำเนิดของดิน เมื่อได้รับอิทธิพลต่าง ๆ จากภายนอกมากระทำ จะเห็นได้ว่ามีเพียง 2 กระบวนการใหญ่เท่านั้นที่เกี่ยวข้องกันการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุอาหารในดิน ได้แก่ กระบวนการเพิ่มธาตุอาหารและกระบวนการลดธาตุอาหารในดินซึ่งทั้ง 2 กระบวนการสามารถเกิดขึ้นในดินได้พร้อม ๆ กัน แต่จะมากหรือน้อยกว่ากันแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เสริมในแต่ละครั้งนั้น อาจเกิดขึ้นทีละปัจจัย หรือทีละหลาย ๆ ปัจจัยใดที่แสดงผลให้เด่นชัดก็เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณธาตุอาหารพืชในดินขณะนั้นมากที่สุด ซึ่ง อภิรดี (2534) กล่าวว่ากระบวนการเพิ่มธาตุอาหารในดิน มี 3 กระบวนการได้แก่ 1) เกิดจากสลายตัวผุพังของแร่ธาตุต้นกำเนิดดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนตามลักษณะการปลดปล่อยธาตุ ส่วนที่ 1 เป็นวัตถุต้นกำเนิดที่นับว่าเป็นแหล่งใหญ่สุดของที่มาของธาตุในดินเป็นธาตุที่อยู่ในรูปที่เป็นส่วนประกอบของแร่และหินซึ่งจะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ แต่พอมีการสลายตัวผุพังเกิดขึ้นก็จะปลดปล่อยธาตุออกมาอย่างช้า ๆ ในปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อเทียบกับปริมาณที่มีอยู่ในวัตถุต้นกำเนิด ซึ่งธาตุจะอยู่ในรูปนี้ประมาณ 80-90 ส่วนที่ 2 ได้แก่ ธาตุที่อยู่ในส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้กับสารละลายดินเป็นธาตุที่ถูกปลดปล่อยมาจากส่วนหนึ่งและมาอยู่ในรูปที่พืชพร้อมที่จะใช้ประโยชน์ได้เมื่อสภาวะเหมาะสม เป็นธาตุส่วนที่พร้อมจะออกมาอยู่ในสารละลายดินให้พืชได้ใช้หรือเมื่อสัมผัสรากขนอ่อนพืชก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ส่วนที่ 3 เป็นธาตุในรูปไอออนที่อยู่ในสารละลายดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีและเป็นส่วนที่สามารถรับแลกธาตุจากที่ต่าง ๆ ได้ 2) เกิดขึ้นจากธรรมชาติมากระทำ ได้แก่ ฝน น้ำใต้ดิน ลมและน้ำ พัดพามาทับถมจุลินทรีย์

เศษพืชและซากสัตว์ 3) เกดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ฆ่าแมลง ธาตุจากกระบวนการนี้จะถูกสะสมในดินและปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปสารละสารดิน ส่วนกระบวนการลดธาตุอาหารในดิน มี 3 กระบวนได้แก่ 1) เกิดจากการตรึงธาตุอาหารด้วยการดูดซับของอินทรียวัตถุในดินและดินบางชนิดที่สามารถตรึงธาตุต่าง ๆ ได้ 2) เกิดจากสภาพธรรมชาติ ได้แก่ การดูดกินธาตุอาหารพืช การชะล้างลงสู่ดินเบื้องล่าง การกัดเซาะ การพัดพาโดยน้ำและลม การตรึงไนโตรเจน 3) เกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้แก่ การเคลื่อนย้ายต้นพืช การจัดการดินพืช การขายหน้าดิน

แม้ว่าดินทั่ว ๆ ไปมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันอย่างมาก แต่เมื่อพิจารณาธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดิน โดยใช้พิสัยของปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ดินบนจากแถบอบอุ่น พบว่าพิสัยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างกว้าง แต่ความเป็นจริงแล้วดินที่ใช้ในการเกษตร โดยทั่วไปจะมีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ ดินน้อยชนิดที่จะมีปริมาณสูงกว่านี้ ทั้งนี้เพราะอินทรียวัตถุสลายตัวได้เร็วโดยเฉพาะในแถบชุ่มชื้นและอุณหภูมิอย่างในเขตร้อนทั่วไป เมื่ออินทรียวัตถุ (มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 5) สลายตัวจะให้สารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุ 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ จึงให้ธาตุไนโตรเจนน้อยถึงปานกลางเท่านั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเห็นว่ามีค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้บางส่วนอาจอยู่ในรูปของสารประกอบที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก ต้องสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเสียก่อนจึงจะเป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นดินทั่ว ๆ จึงมักให้ธาตุทั้งสองนี้ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชสำหรับธาตุโพแทสเซียมนั้น แม้จะพบว่ามีอยู่ในปริมาณมากในดินส่วนใหญ่ยกเว้นดินทรายแต่ที่อยู่ในรูปซึ่งพืชได้มีอยู่น้อย นอกนั้นอยู่ในรูปของแร่เกือบหมด ปัญหาของโพแทสเซียมโดยทั่ว ๆ ไปขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนรูปและการตรึงโพแทสเซียมของดิน

ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีอยู่ในดินเป็นที่มากเช่นกัน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแร่ซึ่งมีการสลายตัวง่ายกว่าแร่ที่โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตาม ดินโดยทั่ว ๆ ไปมักจะมีธาตุทั้งสองนี้น้อยกว่าโพแทสเซียม แต่ก็มากพอแก่ความต้องการของพืช จึงไม่ค่อยมีปัญหาสำหรับสองธาตุนี้ดินที่มีแคลเซียมต่ำมีแนวโน้นที่จะเป็นกรด อย่างไรก็ตาม การใช้ปูนในดินกรดมีวัตถุประสงค์หลักในการปรับระดับ pH ของดินให้เหมาะสม แต่เนื่องจากปูนมีแคลเซียมอยู่ด้วย ดินจึงได้รับธาตุทั้งสองเพิ่มขึ้นเป็นพลอยได้

จากข้อมูลข้างต้นแสดงว่ามีสารประกอบของธาตุอาหาร 3 อย่าง ที่จัดว่าอยู่ในภาวะวิกฤติในดินทั่วไป คืออินทรียวัตถุ สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สำหรับอินทรียวัตถุที่มีอยู่ก็ผุพังสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ส่วนที่เหลือก็ถูกชะละลาย

หากไนโตรเจนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ก็ดูดไปใช้แล้วติดไปกับผลลิตที่เก็บเกี่ยว สำหรับฟอสฟอรัสนั้นมีปัญหาถึง 2 ประการมีในดินน้อยและส่วนนั้นก็ไม่ค่อยจะเป็นประโยชน์ต่อพืช

สำหรับในดินเขตร้อนและชุ่มชื้นอาจมีปัญหาเกี่ยวกับแคลเซียมบ้าง เนื่องจากมีการสูญหายโดยการชะละลายค่อนข้างสูง แคลเซียมในดินมิได้มีความสำคัญในแง่ธาตุอาหารพืชเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทในการควบคุมสภาพกรดของดินอีกด้วย ส่วนในดินแถบอบอุ่นซึ่งมีการชะละลายน้อย มักมีแคลเซียมค่อนข้างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินล่าง

แม้ว่าข้อมูลข้างต้นจะมิได้ระบุอย่างชัดเจนว่าดินทั่วไปมีปัญหาขาดแคลนโพแทสเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน แต่สถิติการใช้ปุ๋ยโพแทส ปุ๋ยกำมะถัน ตลอดจนปูนโดโลไมต์เพิ่มขึ้นจนเป็นที่สังเกต ย่อมเป็นสิ่งบอกเหตุถึงปัญหาของธาตุทั้งสามได้บ้าง ดินทั่ว ๆ ไปมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันอย่างมาก ธาตุในรูปต่าง ๆ ที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

1. ไนโตรเจน พืชใช้แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือไนเตรตไอออน (NO_3^-) เป็นหลัก ส่วนไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) แม้พืชจะใช้ประโยชน์ได้แต่ก็มีในดินน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีการระบายอากาศดี เนื่องจากถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรต ซึ่งนับเป็นเรื่องที่ดี เพราะหากมีไนไตรต์สะสมในดินมากเกินไปก็จะเป็นพิษต่อพืช สำหรับยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) นั้น หากมีในสารละลายดินพืชก็ดูดไปใช้ได้เช่นกัน

2. ฟอสฟอรัส ชนิดของฟอสเฟตไอออนในดินขึ้นอยู่กับ pH ของดินกล่าวคือ เมื่อดินเป็นด่างจะพบโมโนไฮโดรเจน ฟอสเฟตไอออน (HPO_4^-) อยู่ในสารละลายดินมาก แต่ถ้าเป็นกรดจัดส่วนใหญ่จะเป็นไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) หากเป็นกรดอ่อนก็จะมีทั้ง HPO_4^- และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชใช้ได้ดีเท่าเทียมกัน สำหรับสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่ละลายได้นั้นพืชไม่อาจใช้ประโยชน์ได้โดยตรงต้องสลายตัวและแปรสภาพต่อไปเป็น อนินทรีย์สารเสียก่อนพืชจะดูดมาใช้ได้

3. ธาตุอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี โมลิบดีนัมและคลอรีนต่างก็ปรากฏเป็นไอออนธาตุละรูปแบบเดียวซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับธาตุเหล็ก แมงกานีส และทองแดงมีลักษณะผิดแผกไปจากธาตุอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว กล่าวคือ ธาตุดังกล่าวมีวาเลนซีมากกว่าหนึ่งดังนั้นในดินที่มีการระบายอากาศดีจะพบไอออนที่มีวาเลนซีสูง แต่ถ้ามีภาวะน้ำขังซึ่งส่งเสริมให้เกิดรีดักชันก็จะพบไอออนที่มีวาเลนซีต่ำ การระบายอากาศของดินจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลกำหนดรูปของธาตุเหล่านี้ที่พืชจะดูดไปใช้ สำหรับโบรอนนั้นแม้ธาตุนี้จะมีวาเลนซีเพียงหนึ่งเดียว แต่พืชก็สามารถดูดใช้ได้ดีอย่างน้อย 2 รูปคือ $B_4O_7^-$ หรือกรดบอริก (B_3BO_3) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

2.4 อินทรียวัตถุ (Organic Matter)

อินทรียวัตถุในดิน หมายถึง สารอินทรีย์ในดินที่ได้จากซากพืช – สัตว์ และจุลินทรีย์ที่กำลังเน่าสลายและเน่าสลายแล้ว เซลล์หรือเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์ดินที่ยังมีชีวิตอยู่ก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นค่าบ่งบอกถึงสถานภาพของความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เช่นกัน เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และธาตุอื่น ๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ธาตุอาหารพืชเหล่านี้ถูกปลดปล่อยออกเมื่ออินทรียวัตถุถูกย่อยสลาย โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (mineralization) (มุกดา, 2544)

2.4.1 การสลายตัวของอินทรียวัตถุ

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) กล่าวว่า เมื่อเศษซากสิ่งมีชีวิตตายทับถมลงบนผิวดินหรือถูกผสมคลุกเคล้าลงไปในดินก็จะถูกสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ กัดกินหรือย่อยสลายไปเป็นอาหาร สัตว์ขนาดใหญ่ เช่น แมลง กิ้งกือ ไส้เดือน ก็กัดกินและย่อยให้มีขนาดเล็กลง ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไปก็เข้าทำการย่อยสลายแปรสภาพ สารอินทรีย์เหล่านั้น เป็นอาหาร โดยการขับเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) ย่อยสารอินทรีย์เหล่านั้นให้มีขนาดเล็กจนสามารถซึมซาบผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ แล้วจึงนำเอาสารเหล่านั้นไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานหรือสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตต่อไป ในที่สุดสารที่เคยประกอบเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งก็สูญสลายไป

หากสภาพแวดล้อมในการย่อยสลายนี้มีการถ่ายเทอากาศดี การย่อยสลายจะค่อนข้างสมบูรณ์ สารประกอบต่าง ๆ ก็แปรสภาพไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและธาตุต่าง ๆ บางส่วนก็ถูกเปลี่ยนเข้าไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตบางชนิด อีกส่วนหนึ่งแปรสภาพไปเป็นสารฮิวมิก (Humic substance) ซึ่งเป็นสารประกอบที่คงทนต่อการสลายตัวตกค้างอยู่ในดิน อย่างไรก็ตาม การสลายตัวที่เกิดขึ้นในดินจริง ๆ แล้วมักเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์เพราะปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อดินมีความชื้นสูงหรือดินมีน้ำขัง ในสภาพดังกล่าว จะเกิดสารประกอบที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์อีกส่วนหนึ่ง คงเหลืออยู่ในดินด้วยอาจเขียนผลที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายเศษซากสิ่งมีชีวิตในดินโดยทั่วไปได้ดังนี้

$$CO_2 + H_2O + \text{แร่ธาตุ} + \text{เซลล์จุลินทรีย์} + \text{intermediate products} + \text{สารฮิวมิก}$$

แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดินตามธรรมชาติก็ได้มาจากพืชเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น การสลายตัวของเศษซากพืช จึงจัดเป็นกระบวนการหลักที่เกิดขึ้นในดินอันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อย่างไรก็ตาม การสลายตัวของซากสัตว์หรือจุลินทรีย์มี

รูปแบบใกล้เคียงกับพืชเพียงแต่มีสารประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่มากกว่าและไม่มีผนังเซลล์แบบพืชซึ่งมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน เป็นองค์ประกอบสำคัญ

2.4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ในการใช้ดินเพื่อการเกษตรนั้น อินทรียวัตถุในดินนับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะมีผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และทางชีวภาพของดิน อันจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงดังกล่าวมาแล้ว ระดับอินทรียวัตถุในดิน จึงเป็นสมบัติประการหนึ่งของดินที่จะบ่งชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของที่ดินทางการเกษตร ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแต่ละแห่งนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น ดินในเขตทุ่งหญ้ามักจะมีระดับอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าดินในเขตป่าไม้ เพราะมีปริมาณเศษซากพืชคลุกเคล้าลงไปในปริมาณมากกว่าดินที่ใช้ในการเพาะปลูกมาเป็นเวลานาน จะมีระดับอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ เพราะการปฏิบัติงานทางการเกษตรหลายอย่างไปมีผลลดปริมาณเศษพืชที่จะลงไปสู่ดิน หรือเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน เป็นต้น ดังนั้น ระดับปริมาณอินทรียวัตถุในแต่ละพื้นที่จึงถูกกำหนดโดยปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชนิดและปริมาณของพืชที่ปกคลุมพื้นที่ สภาพภูมิอากาศสมบัติของดินและระบบการเกษตรดังนี้

พืชพรรณ (vegetation) พืชแต่ละชนิดมีความสามารถผลิตชีวะมวล (biomass) ได้ต่างกันบางชนิดเจริญเติบโตอย่างหนาแน่น สร้างชีวะมวลได้มากและมีระยะเวลาปกคลุมพื้นดินได้นาน ตัวอย่างเช่น ทุ่งหญ้า ซึ่งมีพืชปกคลุมตลอดเวลา มีระบบรากฝอยหนาแน่น มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกมาจากรากได้มาก รวมทั้ง มีการร่วงหล่นทับถมของใบและต้นลงสู่ดินตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตของพืช ดินทุ่งหญ้าจึงมีระดับอินทรียวัตถุสูงกว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชทางการเกษตรส่วนใหญ่ เช่น ข้าวโพด หรือมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชอายุสั้น เจริญเติบโตอย่างไม่หนาแน่น ปริมาณชีวะมวลผลิตได้ต่อปีก็ต่ำ อินทรียวัตถุในดินจึงมักมีอยู่น้อย นอกจากปริมาณชีวะมวลที่แตกต่างกันแล้ว พืชแต่ละชนิดยังให้เศษซากพืชที่มีคุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งจะถูกย่อยสลายได้เร็วช้าไม่เหมือนกัน ทั้งยังแปรสภาพไปเป็นสารฮิวมิกได้ในปริมาณไม่เท่ากันด้วย ดังนั้น ชนิดและสภาพความหนาแน่นของพืชที่ปลูกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดถึงระดับอินทรียวัตถุในดินแต่ละแห่งว่าจะสูงหรือต่ำเพียงใด

ระบบการเกษตร (agricultural system) การทำการเพาะปลูกพืชส่วนใหญ่มักทำให้ระดับอินทรียวัตถุในดินลดลงไปจากระดับเดิม ซึ่งก็หมายถึงการใส่สารอินทรีย์กลับลงไปในดินที่มีปริมาณน้อยกว่าการย่อยสลายของสารอินทรีย์ไปจากดิน กระบวนการทางการเกษตรต่าง ๆ ที่ทำให้เศษซากพืชที่จะใส่กลับลงไปมีปริมาณน้อยลงมีอยู่หลายแบบ เช่น 1) การปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่า 2) การกำจัดวัชพืช 3) การปลูกพืช ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าพืชธรรมชาติที่เคย

ปกคลุม 4) พืชที่ปลูกมีสัดส่วนของรากอยู่น้อยเมื่อเทียบกับพืชตามธรรมชาติ 5) มีการนำเอาเศษซากพืชรวมทั้งผลผลิตออกจากพื้นที่ 6) การปฏิบัติการหลายประการที่ไปเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน เช่น การไถพรวน การให้น้ำชลประทาน ทำให้ดินเปียกและแห้งสลับกัน และ 7) การเปิดหน้าดินทิ้งไว้โดยไม่มีพืชปกคลุมทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้น เป็นต้น

การดำเนินการต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้อินทรียวัตถุที่เคยมีอยู่ในระดับสูงตั้งแต่การเปิดป่าหรือเปิดพื้นที่ขึ้นมาใช้ใหม่ ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ แม้ว่าจะมีการนำเอาสารอินทรีย์ใส่เพิ่มเติมเป็นครั้งคราวในรูปของปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก แต่ปริมาณมักไม่มากพอประกอบกับขาดการจัดการเกี่ยวกับอินทรียวัตถุที่เหมาะสมจึงไม่สามารถรักษาระดับปริมาณให้คงที่หรือสูงขึ้นได้

ปัจจัยดังกล่าวข้างต้น เป็นตัวกำหนดหลักถึงระดับปริมาณอินทรียวัตถุของดินในระบบนิเวศน์ (ecosystem) แต่ละแห่ง ซึ่งปกติจะอยู่ในสภาพค่อนข้างสมดุลระหว่างการเพิ่มเติม และการสูญสลายของสารอินทรีย์ในดิน การเปลี่ยนระบบนิเวศน์ของดินจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนระดับสมดุลของอินทรียวัตถุในดินตามไปด้วย ดังนั้น การแปรสภาพดินในเขตทุ่งหญ้าหรือป่าไม้ที่มีอินทรียวัตถุในดินอยู่มากไปเป็นพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ระดับอินทรียวัตถุในดินก็จะเปลี่ยนสมดุลและมีปริมาณลดลงเนื่องจาก ระบบใหม่มีการเพิ่มเติมเศษพืชลงไปในดินน้อยลง แต่มีอัตราการย่อยสลายสูงขึ้นในระยะเวลาแรก ๆ ของการเปลี่ยนแปลง ระดับอินทรียวัตถุในดินจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมามาก หลังจากนั้น อัตราการลดจะช้าลงเรื่อย ๆ ช่วงนี้จะใช้ระยะเวลานานมาก เพื่อปรับเข้าสู่สมดุลใหม่ อัตราเร็วของการลดลง และระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินในสมดุลใหม่จะเป็นเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักดังกล่าวข้างต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบการเกษตรที่ดำเนินไป ซึ่งหากไม่มีวิธีการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับอินทรียวัตถุในดิน การลดปริมาณลงก็เกิดขึ้นรวดเร็ว ระดับปริมาณในสมดุลใหม่ก็อยู่ในระดับต่ำเป็นเหตุให้ทรัพยากรดินอยู่ในภาวะเสื่อมโทรม ได้ง่าย

การใช้ที่ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ มีการจัดการไม่เหมาะสม เป็นเหตุให้ทรัพยากรดินจำนวนมาก อยู่ในสภาวะเสื่อมโทรม พื้นที่มากกว่า 20 ล้านไร่มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่อจนถึงต่อมาก จึงมีความจำเป็นต้องมีการจัดการ เพื่อยกระดับอินทรียวัตถุให้สูงขึ้น การจัดการที่สำคัญที่สุด ก็คือ การจัดการเกี่ยวกับระบบการเกษตรเพื่อลดการสูญเสียอินทรียวัตถุในดิน เช่น การอนุรักษ์เพื่อลดการกร่อนซึ่งมีการพกพาหน้าดินที่มีอินทรียวัตถุสูงออกไป ลดการไถพรวนให้เหลือน้อยที่สุด หรือทำการเกษตรแบบไม่ไถพรวน ลดปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งเสริมการย่อยสลายของสารอินทรีย์ เช่น จัดการเกี่ยวกับไนโตรเจน หรือความชื้นในดินให้เหมาะสม หาทางเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์โดยจัดการเกี่ยวกับการปลูกพืชให้ผลิตชีวะมวล (biomass) ให้มาก เช่น คัดเลือกชนิดและพันธุ์ของพืช ควบคุมความชื้น และความสมบูรณ์ของดิน ลดการปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่า

โดยปล่อยให้ตอซังพืชปกคลุมดิน ปลูกพืชเพื่อทำปุ๋ยพืชสดหรือปลูกพืชหมุนเวียนให้เหมาะสม จัดหาสารอินทรีย์จากแหล่งอื่นมาใส่เพิ่มเติม เช่น การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

เป็นกระบวนการตรวจสอบระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อทราบถึงปริมาณ และสัดส่วนของธาตุอาหารพืชในดินและนำข้อมูลจากการประเมินใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงแก้ไขความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จะเป็นการหาระดับและสัดส่วนของธาตุอาหารพืชซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มีอยู่ในดิน เพราะพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการสัดส่วนและปริมาณธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกัน และดินต่างชนิด ต่างสถานที่ ก็มีระดับธาตุอาหารพืชในดินแตกต่างกัน ดังนั้นการให้ธาตุอาหารพืชแก่ดินหรือพืชแต่ละชนิดให้ถูกต้องเหมาะสมนั้น จึงต้องพิจารณาหาวิธีการเพื่อประกอบการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ถูกต้อง หรือมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในกรณีที่จะให้ปุ๋ยในสัดส่วนและปริมาณที่เหมาะสมต่อพืชต่อดินชนิดนั้น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มเติม ชดเชย และรักษาระดับธาตุอาหารพืชในดินให้คงระดับเดิมหรือใกล้เคียงไม่ให้สูญเสีย รักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่เสมอ ดินที่จัดว่าอุดมสมบูรณ์เพียงพอต่อการผลิตพืชหนึ่ง ๆ อาจไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมต่อการผลิตพืชอีกชนิดหนึ่งก็ได้ เนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ความสามารถในการให้ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ลักษณะทางพันธุกรรม สิ่งแวดล้อมในดิน ความสมดุลของธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสมบัติทางกายภาพของดินที่จะมีผลต่อการเจริญแพร่กระจายของรากพืชการอุ้มน้ำ ถ่ายเทอากาศ สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีความสำคัญต่อความต้องการของพืชและเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น ๆ ด้วย ดังนั้น การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเป็นการคาดคะเนหรือประมาณว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงหรือต่ำสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่ง โดยอาศัยวิธีการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐานหรือเชื่อถือได้ โดยพิจารณาระดับธาตุอาหารแต่ละธาตุที่มีอยู่ในดินความสมดุลของธาตุเหล่านั้น ตลอดจนความสามารถของดินที่จะปล่อยธาตุอาหารออกมาชดเชยส่วนที่พืชดูดไปใช้ซึ่งอาจประเมินจากวิธีการเดียวหรือหลายวิธี ส่วนการประเมินความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารพืชในดินจะต้องพิจารณาจากการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมดมาพิจารณาร่วมด้วย เช่น สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวเคมีของดิน อีกทั้ง

รายละเอียดของสภาพแวดล้อม ซึ่งได้แก่สภาพทางพื้นที่ การจัดการดินของเกษตรกร ประวัติการใช้พื้นที่ การใส่ปุ๋ย และอื่น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ตาราง 2 - 7)

ตาราง **2** แสดงการประเมินระดับความเป็นกรด – ด่างที่มีผลกระทบต่อดินและพืช

pH	การประเมิน	ผลกระทบต่อพืช
มากกว่า 7.0	ด่าง	พืชดูดธาตุอาหารบางธาตุได้น้อย โดยเฉพาะจุลธาตุ ดินต้องได้รับการปรับปรุง
6.0 – 7.0	กรดอ่อนกลาง	พืชเจริญเติบโตได้ดี
5.5 - 6.0	กรดปานกลาง	ผลกระทบต่อพืชบางชนิด ดินต้องได้รับการปรับปรุง
4.5 – 5.5	กรดจัด	ผลกระทบต่อพืชบางชนิด สารพิษบางชนิดละลายได้ดิน ต้องได้รับการปรับปรุง
น้อยกว่า 4.5	กรดรุนแรง	สารพิษหลายชนิดละลายได้ ดินต้องได้รับการปรับปรุง

ที่มา: อภิรดี (2534; 2542)

ตาราง **3** แสดงการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดินและผลกระทบที่มีต่อพืช

อินทรียวัตถุ (%)	การประเมิน	ผลกระทบต่อพืช
น้อยกว่า 0.5	ต่ำมาก	ธาตุอาหารไม่เพิ่มขึ้น
0.5 – 1.5	ต่ำ	ธาตุอาหารเพิ่มน้อยมาก
1.5 - 2.5	ปานกลาง	ดินจับตัวและจับธาตุอาหารได้บ้าง พืชดูดธาตุอาหารง่าย แต่ธาตุอาหารเพิ่มน้อย
2.5 – 4.5	สูง	เพิ่มธาตุอาหาร พืชดูดธาตุอาหารดี ดินจับตัวและจับธาตุอาหาร ช้บยั้งสมบัติทางเคมี
มากกว่า 4.5	สูงมาก	ระวังการมีไนโตรเจน สารพิษเพิ่มขึ้นและอาจจะสูงมากจนเป็นพิษต่อพืชได้

ที่มา: อภิรดี (2534; 2542)

ตาราง 4 แสดงการประเมินฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์และผลกระทบต่อพืช

ฟอสฟอรัส (ppm)	การประเมิน	ผลผลิตสูงสุด (%)	ผลกระทบต่อพืช
น้อยกว่า – 10	ต่ำมาก	ต่ำกว่า 50	ต้องการธาตุอาหารสูงมาก
10 – 15	ต่ำ	50 – 75	ต้องการธาตุอาหารสูง
15 – 25	ปานกลาง	75 – 100	ต้องการธาตุอาหาร
25 – 45	สูง	100	อาจจะต้องการธาตุอาหารเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์
มากกว่า - 45	สูงมาก	100	ไม่ต้องการธาตุอาหารและอาจจะกระทบต่อการเจริญเติบโต

ที่มา: อภิรดี (2542)

ตาราง 5 แสดงการประเมินโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์และผลกระทบต่อพืช

โพแทสเซียม (ppm)	การประเมิน	ผลผลิตสูงสุด (%)	ผลกระทบต่อพืช
น้อยกว่า – 30	ต่ำมาก	ต่ำกว่า 50	ต้องการธาตุอาหารสูงมาก
30 – 60	ต่ำ	50 – 75	ต้องการธาตุอาหารสูง
60 – 90	ปานกลาง	75 – 100	ต้องการธาตุอาหาร
90 – 120	สูง	100	อาจจะต้องการธาตุอาหารเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์
มากกว่า - 120	สูงมาก	100	ไม่ต้องการธาตุอาหารและอาจจะกระทบต่อการเจริญเติบโต

ที่มา: อภิรดี (2542)

ตาราง 6 แสดงการประเมินระดับความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน

ค่า CEC (meq / 100 g)	การประเมิน
น้อยกว่า 3	ต่ำมาก
3 – 5	ต่ำ
5 - 10	ต่ำปานกลาง
10 – 15	ปานกลาง
15 – 20	สูงปานกลาง
20 – 30	สูง
มากกว่า 30	สูงมาก

ที่มา: สุภมาศ (2529)

ตาราง 7 แสดงแนวทางการพิจารณา เพื่อบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมิน	ระดับความอุดมสมบูรณ์		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
การเจริญเติบโตของพืช	โตช้า มีอาการผิดปกติหรือตาย	การเจริญเติบโตค่อนข้างปานกลาง	เจริญเติบโตได้ดี
ผลผลิตพืช	ผลผลิตต่ำมากหรือไม่ได้ผลผลิต	ผลผลิตค่อนข้างต่ำ	ผลผลิตสูง
ธาตุอาหารแต่ละธาตุที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์	มีน้อยเกินไปถึงขาดแคลนมาก นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์มาเป็นประโยชน์แก่พืชช้าเกินไป	มีปานกลาง ไม่ขาดแคลนนัก ดินชดเชยธาตุอาหารแก่พืชในอัตราที่เกือบจะเพียงพอต่อพืช	ทุกธาตุมีเพียงพอและดินชดเชยธาตุอาหารแก่พืชเร็วเพียงพอแก่พืช
ธาตุอาหารที่เข้าข่ายขาดแคลนและสมดุลของธาตุอาหาร	อาจขาดแคลนหลายธาตุ และขาดแคลนหรือบางธาตุมีมากแต่บางธาตุมีสมดุลน้อยเกินไปจึงไม่สมดุล	อาจขาดแคลนเพียง 1 ธาตุ และขาดแคลนไม่มากนัก อาจมีปัญหาด้านความสมดุลของธาตุอาหารในดินบ้าง	ดินมีธาตุอาหารเพียงพอและสมดุลกัน

ตาราง 7 (ต่อ)

การประเมิน	ระดับความอุดมสมบูรณ์		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช	มีต่ำมาก	ค่อนข้างต่ำ	อยู่ในชั้นเพียงพอ
ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ต้องใช้เพื่อให้พืชได้รับธาตุเหล่านั้นอย่างเพียงพอ	ต้องใช้ปุ๋ยมาก	ใช้ปุ๋ยไม่มากนัก	ใช้เพียงเล็กน้อยเพื่อชดเชยส่วนที่ติดไปกับพืชที่สูญหายไประหว่างฤดูปลูก
ปัญหาอื่น ๆ ที่อาจจะพบ	ดินเป็นกรดหรือด่างจัด เป็นดินเค็มหรือดินโซดิก มีกษัยการของดินอย่างรุนแรงหรือมีสารพิษในดิน	ดินเป็นกรดหรือด่างปานกลาง เป็นดินเค็มหรือดินโซดิกอย่างอ่อน อาจมีกษัยการของดินบ้างและมีสารเป็นพิษในดินไม่มากนัก	ดินไม่มีปัญหาใด ๆ

ที่มา: ยงยุทธ (2527)

สมบัติของดินและระบบการเกษตรบนพื้นที่สูง

การใช้ที่ดินบนพื้นที่สูงมีหลายรูปแบบ ประกอบด้วยพื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่การเกษตรไร่ร้าง ป่าปลูก พื้นที่ชุมชน เป็นต้น ซึ่งสัดส่วนของพื้นที่เหล่านี้มีความผันแปรไปตามท้องที่และเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้คนในชุมชนบนพื้นที่สูงและความสามารถในการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยหน่วยงานของรัฐ

รูปแบบของการใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกของชุมชนบนที่สูงมี 2 แบบ คือ การทำไร่เลื่อนลอยแบบหมุนเวียนและการเกษตรแบบถาวร พืชไร่ที่นิยมปลูกกันในไร่เลื่อยลอย คือ ข้าวไร่ ข้าวโพด ถั่วแดงและพืชผักต่าง ๆ สำหรับที่ดินที่ใช้เพาะปลูกแบบถาวรนิยมปลูกพืชสวนมีทั้งไม้ผล พืชดอกเมืองหนาว พืชผัก ข้าวนาดำและอื่น ๆ โดยมีนักวิชาการจากหลายหน่วยงานเข้าไปศึกษาวิจัยพัฒนาและส่งเสริมรูปแบบการใช้ที่ดินบนที่สูงเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เช่น การปรับปรุงพันธุ์ไม้ผล นอกจากนี้ระบบการเกษตรยังผันแปรแตกต่างกัน เช่น การปลูกพืชเชิงเดี่ยว

ระบบการปลูกพืชไร่เชิงพาณิชย์ การปลูกพืชแบบผสมผสาน ระบบวนเกษตร การปลูกพืชแบบขั้นบันได เป็นต้น ชนิดของพืชที่ปลูกและระบบการปลูกที่แตกต่างกันดังกล่าว ทำให้เกิดความหลากหลายของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม ตัวอย่างเช่น,การใช้ที่ดินสำหรับทำการเกษตรแบบไร่เลื่อนลอยของชาวถิ่นในบ้านหนองน่าน อ.บ่อเกลือ จ.น่าน มีการปรับรอบระยะเวลาในการพักตัวของพื้นที่จาก 8 - 10 ปี มาเป็น 6 - 8 ปี และท้ายสุดคือ 3 - 5 ปี หรือการปรับเปลี่ยนที่นาบางส่วนควบคู่ไปกับการขุดสระน้ำเพื่อกักเก็บน้ำไปใช้ปลูกพืชในฤดูแล้งและใช้บ่อน้ำเพื่อเลี้ยงปลาหรือการพัฒนาสวนไม้ผลเชิงเดี่ยวไปเป็นการปลูกไม้ผลร่วมกับการปลูกกาแฟอราบิก้า (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) เป็นต้น

ลักษณะและคุณสมบัติของดินในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ เหล่านี้มักจะมีความผันแปรแตกต่างกันในช่วงกว้าง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศและหินต้นกำเนิดดิน นิวัติ (2541) ได้ศึกษาการกำเนิดของดินบนที่สูงที่เกิดจากหินแกรนิตในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่าลักษณะทางสัณฐานของดินทุกบริเวณที่ศึกษามีลักษณะไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งมีลักษณะเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลเข้มปนเทาถึงน้ำตาลเข้มปนแดงเมื่อชื้น

การชะล้างพังทลายของดิน

สมเจตน์ (2522) กล่าวว่า การชะล้างพังทลายของดินเป็นขบวนการเคลื่อนย้ายวัตถุที่เป็นดินและหินด้วยแรงกระทำของพลังงานต่าง ๆ เช่น น้ำ ลม แรงดึงดูดของโลกและสิ่งมีชีวิต เป็นต้น หรือตัวการอื่น ๆ ทางธรณีวิทยา เช่น แผ่นดินไหว รอยเลื่อนและรอยโค้งงอของหิน ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น และผลของการพังทลายของดินนี้จะมีการเคลื่อนย้ายวัตถุที่เป็นดินหรือหินไปทับถมยังพื้นที่ที่ต่ำกว่า เช่น การตกตะกอนของดินปากแม่น้ำ เป็นต้น แต่ก็อาจจะมีการตกตะกอนทับถมในพื้นที่ที่สูงกว่าก็ได้ เช่น การพัดพาทรายในที่ราบไปทับถมในพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าด้วยแรงของลมและดลื่น

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2533) ได้ให้ความหมายของการชะล้างพังทลายของดินหรือการกษัยการของดินว่า เป็นกระบวนการแตกกระจาย (detachment) และการพัดพาไป (transportation) ของดิน โดยตัวการกัดกร่อน (erosion agent) ได้แก่ น้ำและลม ถ้าหากน้ำเป็นตัวการก็เรียกว่าการกษัยการโดยน้ำ (water erosion) และโดยลม (wind-erosion) เมื่อมีลมเป็นตัวการ

เกษม และณรงค์ (2536) กล่าวว่า การพังทลายของดิน หมายถึง การขัดถูกทำลายพื้นผิวดิน และเคลื่อนย้ายดิน กรวด หิน และทราย จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งด้วยน้ำ ลมและแรงดึงดูดของโลก สำหรับประเทศแถบอบอุ่นและแถบหนาวนั้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดการพังทลายนอกเหนือไปจากน้ำลมแล้ว ยังอาจเกิดจากธารน้ำแข็งอีกด้วย การพังทลายของดินนั้นสามารถแบ่งตามสาเหตุการเกิดเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ normal erosion หรือ geologic erosion เป็นการพังทลายของดินโดยธรรมชาติ เช่น น้ำ ลม แรงดึงดูดของโลก เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งคือ man induced erosion เป็นการพังทลายของดินอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การก่อสร้างถนน การระเบิดภูเขา เป็นต้น

สมชาย (2535) ได้ให้ความหมายไว้ว่า กระบวนการที่แผ่นดินของโลกถูกทำให้แตกกระจายและถูกขนย้ายไปจากที่เดิม โดยตัวการต่าง ๆ ได้แก่ น้ำ ลม และแรงดึงดูดของโลก

1. กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2533) กล่าวว่า กระบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดินแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการคือ

1.1 กระบวนการแตกกระจายของดิน (detachment) เป็นขบวนการแรกที่จะทำให้เกิดการพังทลายของดินขึ้น โดยเกิดจากแหล่งพลังงานตามธรรมชาติ เช่น ฝน น้ำ ลม แรงดึงดูดของโลก เป็นต้น และพลังงานที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์และสัตว์ เป็นต้น พลังงานเหล่านี้จะกระทำต่อดินทำให้หน้าดินมีการเปลี่ยนแปลง คืออนุภาคของดินที่เกาะกันจะเกิดการแตกกระจาย ทำให้หน้าดินง่ายต่อการพังทลาย

1.2 กระบวนการพัดพาดิน (transportation) กระบวนการนี้เกิดขึ้นต่อมาจากกระบวนการแตกกระจายของดิน ซึ่งอาจจะเกิดต่อเนื่องกันเลยหรือเกิดหลังจากมีกระบวนการแตกกระจายนานแล้วก็ได้ ปัจจัยตามธรรมชาติที่ทำให้เกิดกระบวนการพัดพาดินที่สำคัญคือ น้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) หรือน้ำในลำธาร (stream flow) โดยน้ำจะเป็นตัวพัดพาเอาตะกอนไหลลงสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่าบริเวณที่เกิดการพังทลายของดิน ส่วนปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งซึ่งปัจจุบันมีบทบาทมากในการทำให้เกิดการพังทลายและพัดพาดินคือ กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การระเบิดภูเขา การขุดหน้าดินไปถมพื้นที่ เป็นต้น

1.3 กระบวนการตกตะกอนทับถม (Deposition) กระบวนการนี้เป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการ ชะล้างพังทลายดิน กระบวนการตกตะกอนทับถมนี้เกิดจากตัวการในการพัดพาไม่มีพลังงานพอที่จะพัดพาประกอบกับแรงดึงดูดของโลก ทำให้เกิดการตกตะกอนลงสู่เบื้องล่าง เช่น บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ เป็นต้น

2. **ลักษณะการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยมี 4 ลักษณะ** (อรทัย, 2543)

การชะล้างพังทลายที่พื้นผิวดิน (sheet erosion) เกิดบนพื้นที่ที่ลาดเทน้อยและมีความลาดเทของพื้นที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ เมื่อผิวของพื้นที่ดินถูกปะทะโดยเม็ดฝนและเมื่อน้ำไหลบ่าจะเกิดการพังทลายของดินลักษณะนี้จะสังเกตไม่ค่อยเห็น แต่เมื่อเกิดนาน ๆ เข้าก็จะสังเกตได้จากการที่มีหินและรากพืชโผล่พื้นผิวดินหรือระดับผิวดินที่เสารั้วต่ำลง การชะล้างพังทลายแบบนี้ลึก 1 เซนติเมตร จะสูญเสียดินประมาณ 24 ตันต่อไร่ (ดิน 1 ไร่ลึก 15 เซนติเมตร หนักประมาณ 363,636.4 กิโลกรัม)

การชะล้างพังทลายแบบริ้ว (roll erosion) เป็นการพังทลายของดินที่เกิดเป็นร่องริ้วเล็ก ๆ กระจายไปทั่วพื้นที่ลึกไม่เกิน 8 เซนติเมตร ทำให้ผิวดินขรุขระ แต่เมื่อไถพรวนร่องริ้วแถวนี้จะหายไป มักเกิดในพื้นที่ที่ลาดชันน้อย แต่ความลาดเทไม่สม่ำเสมอกันตลอด และตามร่องที่ปลูกพืชตามแนวลาดชัน

การชะล้างพังทลายแบบเป็นแนวร่องน้ำขนาดใหญ่ (gully erosion) เกิดในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก และมีความลาดชันยาว หรือพื้นที่ที่ปลูกพืชตามแนวลาดชันบ่อย ๆ เริ่มแรกจะเกิดการกัดเซาะของร่องน้ำเป็นร่องขนาดเล็ก เมื่อไม่มีการแก้ไขก็จะกลายเป็นร่องน้ำขนาดใหญ่และลึก ในพื้นที่ที่เป็นดินทรายจะเกิดการชะล้างพังทลายลักษณะนี้ได้เร็วมากเมื่อเกิดฝนตกหนัก

การชะล้างพังทลายของดินริมฝั่งน้ำ (stream erosion) เกิดจากการกัดเซาะของน้ำในแม่น้ำลำธารหรือแหล่งน้ำต่าง ๆ ทำให้ดินริมฝั่งพังทลายและถูกพัดพาไป แต่ละปีจะเกิดการพังทลายของดินลักษณะนี้มาก ดินที่ถูกพัดพาไปถมทำให้ลำน้ำตื้นเขิน น้ำเปลี่ยนทางเดิน เกิดน้ำไหลบ่าท่วมชายฝั่ง เป็นต้น

3. **ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน จะก่อให้เกิดความสูญเสีย** (สมชาย, 2535) ดังนี้

3.1 **ทำให้โครงสร้างของดินถูกทำลาย** เมื่อเม็ดฝนตกกระทบผิวดิน พลังงานใน เม็ดฝนจะก่อให้เกิดแรงกระแทก ทำให้อนุภาคของดินที่ผิวหน้าดินแตกกระจาย และกระเด็นออกไปจากพื้นที่ ส่วนดินที่อยู่ใต้ผิวลงไปเล็กน้อยจะได้รับแรงกระแทกทำให้เนื้อดินแน่นทึบ ปริมาณน้ำจะซึมผ่านชั้นดินได้น้อยลง

3.2 **ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดิน** เกิดขึ้นจากเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวดิน ทำให้อนุภาคของดินที่จับตัวเป็นก้อน แตกกระจายเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ที่มีน้ำหนักเบา และต่อเนื่องจากข้อ 1) เมื่อน้ำไม่สามารถซึมลงผ่านชั้นดินได้จึงสะสมเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน พัดพาเอาอนุภาคที่แตก

กระจายเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ได้ง่ายขึ้น ซึ่งการขนย้ายดินออกจากพื้นที่นี้ จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อพื้นที่ดินเดิม

3.3 การสูญเสียธาตุอาหารในดินและทำให้ผลผลิตลดลง การชะล้างพังทลายโดยน้ำเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ดินเสื่อมโทรม เนื่องจากมีการพัดพาดินชั้นบน ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชออกไปจากพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การซึมน้ำและการอุ้มน้ำของดินลดลงด้วย จึงเป็นสาเหตุให้ผลผลิตของพืชในพื้นที่นั้น ๆ ลดลงตามไปด้วย

3.4 ทำให้ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นจากผิวดินได้รับน้ำมากเกินความสามารถในการซึมน้ำของดิน จนเกิดน้ำไหลบ่าและพัดพาอนุภาคดินออกไปจากพื้นที่เดิม ทำให้ผิวดินเกิดเป็นร่องขนาดเล็กหรือใหญ่แตกต่างกัน ตามความรุนแรงของกระแสน้ำ และเมื่อพื้นที่ในบริเวณนั้น ๆ ได้รับอิทธิพลของการชะล้างมากขึ้น มีผลทำให้พื้นที่ในบริเวณดังกล่าวเกิดการกัดเซาะเป็นร่องลึกขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการนำเครื่องจักรกลเข้าไปใช้ในพื้นที่เกษตรและการปรับระดับพื้นที่เพื่อการเพาะปลูกก็ทำได้ยากเช่นกัน ทำให้แม่น้ำลำธารหรือแหล่งน้ำตื้นเขิน เมื่อผิวหน้าดินได้รับอิทธิพลจากเม็ดฝนและน้ำไหลบ่า ซึ่งจะพัดพาอนุภาคดินไปตามความรุนแรงของกระแสน้ำไหลลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ และเมื่อความเร็วของกระแสน้ำลดลง จะทำให้เกิดการตกตะกอนตามแหล่งน้ำ เช่น บริเวณปากแม่น้ำ บริเวณที่แม่น้ำสองสายบรรจบกัน ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวเกิดเป็นดินดอน ลำน้ำตื้นเขินต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกเป็นจำนวนมาก

4. วิธีการประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยการศึกษาจากสมการสูญเสียดินสากล

สมการสูญเสียดินสากลนี้ Wischmeier et al. (1971) ได้พัฒนาปรับปรุงและเสนอเป็นรูปแบบของสมการโดยอาศัยข้อมูลจากแปลงทดลองต่าง ๆ ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกามากกว่า 10,000 ปี – แปลง (plot-year) และความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสมการก็เป็นค่าที่ได้จากข้อมูลทางสถิติจากแปลงทดลองเหล่านี้ การปรับปรุงสมการสูญเสียดินใหม่นี้ ทำให้สามารถนำสมการใหม่ไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ได้ทั่วไป จึงเรียกสมการนี้ว่า The Universal Soil Loss Equation (USLE) ค่าปัจจัยแต่ละตัวมีสมการดังนี้

$$A = RKLSCP$$

เมื่อ A คือ ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็นตันต่อเอเคอร์ต่อปี

R คือ ปัจจัยเกี่ยวกับฝนและน้ำที่ไหลบ่าตามผิวดิน (rainfall and runoff factor) เป็นจำนวนหรือค่าของดัชนีการพังทลายของฝนในปีปกติ ซึ่งเป็นการวัดแรงของฝนที่ทำให้เกิดการพังทลายขึ้น

K คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน (soil erodibility factor) ได้แก่ อัตราการเกิดการพังทลายของดินต่อหน่วย ดัชนีการพังทลาย (erosion index) สำหรับดินใดดินหนึ่งโดยเฉพาะ เมื่อดินนั้นได้รับการไถพรวนและปล่อยทิ้งว่างเปล่าติดต่อกัน และอยู่บนพื้นที่ซึ่งมีความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ และมีความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุต

L คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความยาวของความลาดเท (slope length factor) ได้แก่ อัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างการสูญเสียดินที่เกิดจากสภาพความยาวของความลาดเทในสนามกับการสูญเสียดินที่เกิดจากความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุต ซึ่งเป็นดินชนิดเดียวกัน มีความชันของความลาดเทเท่ากัน และมีสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

S คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความชันของความลาดเท (slope gradient factor) ได้แก่ อัตราส่วนของการสูญเสียดิน ระหว่างการสูญเสียดินที่เกิดจากสภาพความลาดเทในสนามกับการสูญเสียดินที่เกิดจากความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นดินชนิดเดียวกัน มีความยาวของความลาดเทเท่ากันและสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

C คือ ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (cropping management factor) ได้แก่ อัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่าง การสูญเสียดินที่เกิดขึ้นในสนามและมีพืชและการจัดการอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะกับการสูญเสียดินจากแปลงที่ไถพรวนแล้วปล่อยทิ้งไว้ว่างเปล่า ซึ่งเป็นดินชนิดเดียวกัน และมีสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

P คือ ปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (conservation practices factor) ได้แก่ อัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่าง การสูญเสียดินที่เกิดจากแปลงที่ทำการอนุรักษ์ดิน เช่น การไถพรวนตามแนวระดับ การปลูกพืชเป็นแถบสลับ หรือการทำขั้นบันไดดิน กับการสูญเสียดินที่เกิดจากการไถพรวน และปลูกพืชขนานไปกับทิศทางของความลาดเท ดินที่เกิดการสูญเสียทั้งสองแห่งนี้เป็นดินชนิดเดียวกันและภายใต้สภาพสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ และสภาพพื้นที่เหมือนกัน

5. ค่าระดับความรุนแรงการพังทลายของดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2524) ได้แสดงค่าปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน และแสดงระดับความรุนแรงไว้เป็น 5 กลุ่มทั่วประเทศ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 8 แสดงพื้นที่และอัตราการสูญเสียดินตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคต่าง ๆ

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคเหนือ		ภาคกลาง		ภาคใต้	
	พื้นที่ (ไร่)	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	พื้นที่ (ไร่)	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	พื้นที่ (ไร่)	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	พื้นที่ (ไร่)	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)
1. ป่าไม้	13,624,192	6.83	4,821,4357	2.56	15,192,145	7.67	8,405,590	0.33
2. ที่นา	37,972,843	0.19	1,519,6970	0.10	12,530,777	0.11	3,612,413	0.17
3. พืชไร่	13,454,928	21.15	1,047,4955	20.07	9,438,406	5.69	150,342	35.94
4. ไม้ผลและไม้ยืนต้น	1,844,105	13.5	1,753,992	12 81	4,379,380	7.70	12,120,934	6 73
5. สวนผักและไม้ดอก	209.090	2.26	275,615	1.24	309,380	1.29	64,095	3.85
6. ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	394,819	0.90	134,158	0.85	124,526	1.01	53,309	1 53
7. ที่รกร้าง	2,068,752	22.51	431,739	21 35	444,823	25.26	675,931	38.23
8. ที่อยู่อาศัยที่อื่น ๆ และเนื้อที่ไม่ได้จำแนก	35,965,234		29,545,894		22,518,806		19,114,378	

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2524)

หมายเหตุ:
1. การสูญเสียดินดังแสดงในตารางนี้ เป็นการชะล้างผิวหน้าดินแบบแผ่นและแบบริ้ว ไม่รวมถึงการชะล้างแบบร่องลึกและการกัดเซาะริมตลิ่งและชายฝั่ง
2. ที่รกร้าง หมายถึง เนื้อที่ที่ไม่ได้ทำประโยชน์เลย ปล่อยทิ้งไว้เกิดเป็นพงหญ้ารกอยู่ จึงไม่สามารถปลูกพืชได้ในขณะนั้น แต่ถ้าทำการหักร้างถางพงออกไปก็จะสามารถทำการเพาะปลูกได้ ทั้งนี้ จะรวมหมายถึงที่นาและที่พืชไร่ที่ซื้อไว้เพื่อการเก็งกำไรด้วย (เฉพาะของครัวเรือนเกษตร)
3. ที่อื่น ๆ หมายถึง ถนน ทางเดิน คูน้ำ บ่อเลี้ยงปลา สระน้ำ ฯลฯ ที่มีอยู่ในฟาร์ม
4. เนื้อที่ไม่ได้จำแนก หมายถึง ที่สาธารณะประโยชน์ ที่สุขาภิบาล เนื้อที่หนองบึง ที่เทศบาล ที่ราชพัสดุ ที่รถไฟ ที่ถนน ฯลฯ

ตาราง 9 การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินในประเทศไทย

กลุ่ม	ดินที่สูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ที่ดิน
น้อยมาก (very slight)	0.01 - 1	ป่าไม้, นาข้าว
น้อย (slight)	1.01 - 5.00	ป่าไม้, สวนยาง, สวนผลไม้, นาข้าว
ปานกลาง (moderate)	5.01 - 20.00	สวนยาง, สวนไม้ผล, พืชไร่, วนเกษตร
รุนแรง (severe)	20.01 - 100.00	สวนยาง, สวนไม้ผล, พืชไร่, วนเกษตร, ไร่เลื่อนลอย
รุนแรง มาก (very severe)	100.01 - 966.65	พืชไร่, วนเกษตร, ไร่เลื่อนลอย

ที่มา: มนู (2527)

จากการคำนวณและแสดงค่าการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ในประเทศไทย (ตาราง 9) สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีอยู่ จะทราบถึงอัตราการสูญเสียดินว่ามีระดับความรุนแรงมากน้อยเพียงใด เพื่อดำเนินการแก้ไขให้มีประสิทธิภาพต่อไป

งานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนแปลงสภาพป่ากับสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) อธิบายว่า สมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีของดิน มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด จะเห็นได้จากดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหาร (fertile soil) ไม่จำเป็นต้องเป็นดินที่ให้ผลผลิตสูง (productive soil) นอกจากว่าดินนั้น ๆ จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชควบคู่ไปกับความอุดมด้วยธาตุอาหารของพืช ถ้าพิจารณาถึงการพัฒนาของดินแล้วพบว่าป่าไม้หรือสังคมพืชป่าที่อยู่บนดินจะมีความสำคัญต่อดิน โดยเป็นแหล่งให้อินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งอินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน ได้แก่ ช่วยลดการทำให้ดินแน่นโดยเม็ดฝน ทำให้ดินจับตัวเป็นก้อน ทำให้มีช่องว่างในดินมากขึ้น ทำให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้น ช่วยดูดยึดธาตุอาหารไว้ในดิน ทำให้ดินระบายอากาศดีขึ้น ให้ธาตุอาหารแก่พืช ช่วยทำให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมามากขึ้นและช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของดินที่เกิดอย่างรวดเร็ว (สมศักดิ์, 2526)

สำหรับการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร (nutrient dynamic) ในดินป่านั้น ตามที่กล่าวมาแล้วว่าดินที่มีป่าปกคลุมจะมีการหมุนเวียนของธาตุอาหารหรือวัฏจักรของธาตุอาหาร (nutrient cycling) เกิดขึ้นและเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศป่าไม้จะทำให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินตอนล่างของหน้าตัดดินหมุนเวียนกลับ (recycling) มาสะสมในดินชั้นบน โดยรากพืชจะดูดกินธาตุอาหารต่าง ๆ จากดินแล้วธาตุเหล่านั้นจะกลับมาทับถมหรือกลับมาสู่ดินอีกจากการสลายตัวผุพังของเศษชิ้นต่าง ๆ ของพืชที่หลุดอยู่ในดินหรือหลุดร่วงสู่ดิน (litter fall) (ทรงธรรม และคณะ, 2531) ธาตุอาหารในส่วนของ Litter fall ได้แก่ เศษใบไม้มีปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงมีความสำคัญมากในแง่ของการเพิ่มพูนปริมาณของธาตุอาหารในดินหรือปรับปรุงสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินป่าไม้ตามธรรมชาติ รายงานเกี่ยวกับปริมาณรวมของธาตุไนโตรเจน 5 ชนิด ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้หนองคู อ.สังขะ จ.สุรินทร์ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยมีดังนี้ กระถินเทพ (89.65 กก/เฮกเตอร์/ปี) กระถินณรงค์ (69.19 กก/เฮกเตอร์/ปี) นนทรี (46.76 กก/เฮกเตอร์/ปี) ขี้เหล็กป่า (30.50 กก/เฮกเตอร์/ปี) และแดง (14.21 กก/เฮกเตอร์/ปี) ซึ่งเป็นไปตามปริมาณของใบที่ร่วงหล่นลงมา โดยปริมาณของใบไม้แต่ละชนิดได้เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยมีดังนี้ กระถินเทพา (6.17 ตัน/เฮกเตอร์/ปี) กระถินณรงค์ (3.24 ตัน/เฮกเตอร์/ปี) นนทรี (2.78 ตัน/เฮกเตอร์/ปี) ขี้เหล็กป่า (2.08 ตัน/เฮกเตอร์/ปี) และแดง (0.82 ตัน/เฮกเตอร์/ปี) (พรพรรณ, 2542) และโดยทั่วไปแล้วต้นไม้ในป่าจะสะสมปริมาณธาตุอาหารไว้ตามลำต้นและกิ่งก้านสาขามากกว่าใบ รากและผล ดังนั้นการตัดไม้ไปใช้จึงเท่ากับเป็นการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่สะสมไว้ในดินออกไปจากป่าหรือทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าลดลง พรพรรณ และคณะ (2539) รายงานไว้ว่าสวนป่าขูคาลิปตัส คามาลดู เลนซีสบนดิน Red-Yellow Latosol อายุ 7 ปี ที่จังหวัดราชบุรี มีปริมาณรวมของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในส่วนของลำต้นและกิ่งก้านสาขาประมาณ 522.3 กก./เฮกเตอร์ ดังนั้นเมื่อถูกตัดไปใช้ประโยชน์ที่อายุ 7 ปี จึงเท่ากับป่าดินสูญเสียธาตุเหล่านี้ไปในปริมาณเท่ากันด้วย ดังนั้นหากต้องการรักษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้จะต้องเพิ่มธาตุเหล่านี้ให้กับดินเท่ากับปริมาณที่สูญเสียไป

ดินที่มีป่าปกคลุมส่วนใหญ่จะมีอินทรียวัตถุสูง มีการระบายน้ำ โครงสร้าง รวมทั้งการระบายอากาศที่ดี แต่ถ้าปราศจากป่าไม้ปกคลุมแล้ว การชะล้างพังทลายหน้าดินและการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากฝนตกชุกดินถูกชะล้างเป็นเวลานาน ทำให้ดินมีธาตุอาหารน้อยและมีฤทธิ์เป็นกรด เป็นสาเหตุให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (สมศักดิ์, 2525) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของนิพนธ์ (2515) ที่ได้ศึกษาดินในป่าดิบเขาดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ ที่ถูกแผ้วถางทิ้งไว้ 11 - 12 ปี และมีหญ้าคาขึ้นปกคลุม พบว่าสมบัติของดินจะเสื่อมโทรมลงไปทุกปี อีกทั้งยังเป็นผลทำให้อัตราไหลของน้ำหน้าดิน (surface runoff) มากกว่าในป่าดิบเขาตามธรรมชาติ

และในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงของดินที่เกิดขึ้นเนื่องจากการพัฒนาของป่าจะแตกต่างกันและหากไม่รวมดินซึ่งถือกำเนิดมาจากภูเขาไฟ และดินตะกอนแล้ว ดินในป่าเขตร้อนโดยทั่วไปมีอายุมากทำให้หน้าดินลึกถึง 2 - 15 เมตร ลักษณะและสมบัติของดินมีความผันแปรมากและไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของดินกับชนิดของพืชพรรณในป่าได้อย่างชัดเจน (Hendricks, 1981) แต่สุนันท์ และเล็ก (2530) พบว่า ลักษณะบางอย่างของดินและพืชพรรณไม้ในป่าชนิดเดียวกันค่อนข้างจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาในประเทศไทย พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกใช้ประโยชน์โดยไม่ถูกต้องตามความเหมาะสมมากมาย เช่น ทำเกษตรกรรม เป็นที่อยู่อาศัย เป็นสถานที่พักผ่อน ที่ตั้งโรงงานหรือชุมชน ฯลฯ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและความเป็นอยู่ของประชาชนในวงกว้างจนบางพื้นที่ถึงกับมีการสูญเสียทรัพย์สินและชีวิตเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลล่าสุดของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย (พ.ศ. 2543) โดยจากภาพถ่ายดาวเทียมแสดงให้เห็นว่ามีพื้นที่ป่าอยู่ประมาณ 33.40% ของพื้นที่ประเทศหรือประมาณ 172,050 ตร.กม. (107,531,250 ไร่) (กรมป่าไม้, 2544) การสูญเสียพื้นที่ป่าดังกล่าวเป็นการยากที่จะฟื้นฟูพื้นที่ป่า การลักลอบตัดไม้ สถานการณ์ไฟป่า การนำพื้นที่ที่สงวนไว้เป็นป่าไม้มาใช้ประโยชน์อย่างอื่นนั้น นอกจากจะไม่อำนวยประโยชน์เท่าที่ควรแล้วยังก่อให้เกิดผลเสียกับสภาพแวดล้อมดิน การทำลายป่าเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นการทำให้พื้นที่เปิดโล่ง ผิวดินจึงถูกปะทะโดยฝนและลมโดยตรง ทำให้มวลของดินถูกเคลื่อนย้ายออกไปโดยน้ำไหลบ่า (surface runoff) มากและบางส่วนโดยลม นอกจากนี้การอัดตัวที่ผิวดินโดยแรงกระทบของเม็ดฝนจะทำให้เกิดแผ่นแข็งที่ผิวดิน (soil curst) เป็นอุปสรรคต่อการดูดซับน้ำของดิน ทำให้อัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน (infiltration rate) ลดลง Lutz and Chandler (1964) อธิบายไว้ว่าพื้นที่ที่ถูกบุกรุกแผ้วถางลง หากปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน โดยมิได้รับการป้องกันก็จะทำให้สมบัติของดินเสื่อมลงอย่างรวดเร็วและจะส่งผลกระทบต่อปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ

ชลาทร และคณะ (2545) ได้ศึกษาความคงทนและสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินของป่าเบญจพรรณแล้งและไร่ร้าง ดำเนินการที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำตะคอง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ผลการศึกษาปรากฏว่าดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณแล้งจัดเป็นดินที่ยากต่อการพังทลาย ในขณะที่ดินในพื้นที่ไร่ร้างจัดเป็นดินที่ง่ายต่อการพังทลายและสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินที่ป่าเบญจพรรณมีค่ามากกว่าในพื้นที่ไร่ร้าง (52.57, 37.53 ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพลของปริมาณอินทรียวัตถุที่มีในพื้นที่ป่าเบญจพรรณมากกว่าพื้นที่ไร่ร้างและผลจากการศึกษาของพรพรรณ และสุชีลา (2542) ในลุ่มน้ำม่อนอังเกต จังหวัดแม่ฮ่องสอน ก็เป็นไปทำนองเดียวกัน โดยดินระดับลึก 0 - 30 ซม. ของป่าดิบชื้นธรรมชาติ (natural evergreen forest) และสวนป่าสนสามใบอายุ 12 ปี มีปริมาณอินทรียวัตถุและการอุ้มน้ำของดินดีกว่าพื้นที่ไร่เลื่อนลอย โดยดินป่าดิบชื้นธรรมชาติมี

ปริมาณอินทรียวัตถุและการอุ้มน้ำของดินเท่ากับ 9.07% และ 22.92% ตามลำดับ และดินในสวนป่าสนสามใบอายุ 12 ปี มีปริมาณอินทรียวัตถุและการอุ้มน้ำเท่ากับ 9.96% และ 22.24% ตามลำดับ ส่วนไร่เลื่อนลอยมีปริมาณอินทรียวัตถุและการอุ้มน้ำของดินเท่ากับ 4.29% และ 16.20% ตามลำดับ

วีระ และธรรมนูญ (2545) ได้ศึกษาปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ไร่ร้างและสวนสนสามใบ ชั้นอายุต่าง ๆ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ พบว่าดินในสวนป่าจะมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงและมีสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินจะสูงกว่าไร่ร้าง ในส่วนของความแห้งแล้งของดินและการลดลงของปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ ผลจากการทำลายป่าทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินลดลง ดังนั้นปริมาณความชื้นและน้ำในดินจึงลดน้อยลงด้วย ผิวดินจะแห้งเร็วขึ้น ความชื้นในอากาศที่อยู่เหนือขึ้นไปน้อยลงเนื่องจากความร้อนที่จะสะท้อนจากพื้นดินมีมากกว่าในพื้นที่ที่ป่าปกคลุมและทำให้การหมุนเวียนอากาศสูงขึ้นพัดเอาความชื้นไปเร็วกว่า เป็นผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์บริเวณดังกล่าวลดลงไปด้วย มีผลทำให้ปริมาณและความถี่ของฝนที่ตกน้อยลงและจากผลการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์และคณะ (2522) พบว่า ปริมาณความชื้นในดินเป็นความสูงของน้ำในส่วนที่เป็นดินแท้ (ชั้นดิน A และ B) ขณะช่วงกลางฤดูฝน (วันที่ 1 - 22 สิงหาคม 2522) ที่แหล่งลุ่มน้ำห้วยหินดาด จังหวัดระยอง ของดินป่าธรรมชาติมีประมาณ 2,121.1 มม. แต่ของไร่ร้างมีประมาณ 1,898.2 มม. พงษ์ศักดิ์ (2532) ยังกล่าวว่าการทำลายป่าในเขตภาคตะวันออกทำให้ค่าเฉลี่ยในหนึ่งปี (ข้อมูลอากาศในรอบ 20, 25 และ 30 ปี) ของปริมาณฝนที่ตกลดลงจาก 1,856.7 มม. เป็น 1,791.6 มม. และจำนวนวันที่ฝนตกลดลงจาก 141.6 วัน เป็น 136.9 วัน ปริมาณความชื้นในดินที่มีอยู่ก่อนฝนตกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธารที่เกิดจากการตกของฝนแต่ละครั้ง (Chow, 1966) ซึ่งถ้าน้ำในดินที่มีอยู่ก่อนมีจำนวนมากหรือดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อฝนตกลงมาการแทนที่ของน้ำฝนที่ซึมลงไปในดินจะมีน้อย น้ำส่วนใหญ่ก็จะค่อย ๆ ลงไปแทนที่น้ำในดิน ทำให้น้ำในลำธารค่อย ๆ สูงขึ้นเพราะมีน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินน้อย การมีป่าไม้คลุมดินจะช่วยปะทะน้ำฝนไว้ให้น้ำฝนค่อย ๆ ตกลงสู่ผิวดินในรูปของน้ำที่ถูกปะทะไว้ (interception) บางส่วนก็จะไหลลงตามลำต้นของต้นไม้ (stem flow) สู่พื้นดิน จึงทำให้น้ำฝนค่อย ๆ ซึมสู่ดินซึ่งธรรมชาติได้ออกแบบไว้เพื่อให้เกิดสมดุลของสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์จะต้องให้ความสำคัญระหว่างดินกับป่า

การแผ้วถางทำลายป่ามีผลทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินเสื่อมลงได้มากกว่าสมบัติทางเคมี กล่าวคือ ดินจะมีความหยาบมากขึ้น ปริมาณกรวดในชั้นหน้าตัดของดินจะเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นของอนุภาคดินจะสูงขึ้นเนื่องจากดินแน่นทึบมากขึ้น เม็ดดินจะถูกทำลาย และมีปฏิกิริยาร่วมกับกระบวนการกัดเซาะและกระบวนการชะล้างซึ่งนอกจากจะทำให้ค่าความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้นจากการแน่นตัวของดินแล้วยังเกิดการสูญเสียหน้าดินอย่างเห็นได้ชัดอีกด้วย (ประชุม, 2516)

พรพรรณ และมยุรี (2544) ได้รายงานเกี่ยวกับผลกระทบจากการทำลายป่าของชุมชนบนพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือของประเทศไทยต่อคุณบัติของดินไว้ว่า การทำลายป่าบริเวณลุ่มน้ำลำธารในเขตภาคเหนือเพื่อใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เกษตรกรรมนั้น ทำให้ดินชั้นบน (ดินลึก 0.15 ซม.) มีสภาพทางกายภาพเลวลงคือ ดินอัดตัวแน่นขึ้นหรือร่วนซุยน้อยลง เพราะค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ของดินเพิ่มขึ้น (จาก 1.19 กรัม/ลบ.ซม.ในป่าธรรมชาติเป็น 1.48 กรัม/ลบ.ซม. ในพื้นที่เกษตรกรรม) รวมทั้งการดูดยึดน้ำ และความจุอากาศของดินลดลง เพราะความพรุน (toal porosity) ของดินลดลง (จาก 54.53% เป็น 44.31%) และสภาพทางเคมีของดินเลวลงโดยมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (pH ลดลงจาก 5.5 เป็น 5.2) อินทรียวัตถุลดลง (จาก 6.57% เป็น 4.13%) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงจาก 16.57 me/100g เป็น 13.19 me/100g) และการอิ่มตัวด้วยด่างหรือ base saturation ลดลง (จาก 41.20% เป็น 26.60%)

ส่วน ศิริภา และคนึงกิจ (2542) พบว่าสมบัติทางเคมีของดินหลังจากปลูกป่า 10 ปีแล้ว โดยทั่ว ๆ ไปทุกสภาพพื้นที่ดินแสดงความเป็นกรดสูง ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ - ปานกลาง แต่ดินชั้นบนที่มีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 1.33% เป็น 155.88% ทำให้ความหนาแน่นและความพรุนของดิน ซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของดินมีค่าเพิ่มขึ้น และอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ความชื้นของดินเพิ่มขึ้นตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่มีการปลูกป่าขึ้นทดแทนทำให้สมบัติทางเคมีของดินกลับสู่ความสมดุลยธรรมชาติได้เร็วกว่าการไม่ปลูกพืชอะไรเลย

ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรต่อสมบัติดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินบนที่สูงออกเป็นลักษณะต่าง ๆ คือ (i) พื้นที่ป่าไม้ ได้แก่ ป่าต้นน้ำ สวนป่า และป่าปลูก (ii) พื้นที่แหล่งน้ำที่มีน้ำตลอดปี และน้ำที่กักเก็บไว้ในแหล่งกักเก็บน้ำที่สร้างขึ้น ได้แก่ ฝายกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำ เขื่อน เป็นต้น (iii) พื้นที่ที่อยู่อาศัยได้แก่ หมู่บ้าน สถานที่ราชการ เป็นต้น และ (iv) พื้นที่การเกษตร เช่น นาข้าว พืชไร่ ไร่หมุนเวียน ไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชสวน และไร่เลื่อนลอย

การใช้พื้นที่ของเกษตรกรชาวไทยภูเขามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ได้พื้นที่ใหม่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงการให้ผลผลิตที่ดี บางครั้งก่อนใช้พื้นที่ที่มีการทิ้งร้างไว้หลายปี โดยการตัดถางวัชพืชแล้วเผาพื้นที่ที่มีวัชพืชหนาแน่นก่อนทำการปลูก (slash and burn) ทั้งนี้การเผาส่วนใหญ่ทำในแปลงภายใต้การปลูกแบบไร่เลื่อนลอย (Nye and Greenland, 1960) ทั้งนี้เพื่อเตรียมพื้นที่ไว้ทำการเกษตรหรือตามวัตถุประสงค์อื่น ๆ

จากการศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่อง โดยทำการศึกษาความแตกต่างของดิน Andisol ในประเทศญี่ปุ่น ในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกใช้ประโยชน์ และพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาถึง 270 ปี Higuchi and Kashiwagi (1993 อ้างโดยวรวิทย์, 2547) พบว่าความหนาของดินชั้น A ลดลง กล่าวคือดินจากพื้นที่ป่าไม้ถูกรบกวนมีความหนาของดินชั้น A ประมาณ 52-80 เซนติเมตร ในขณะที่ดินที่ใช้เพาะปลูกพืช (C_1 - C_5) มีความหนาประมาณ 25 - 52 เซนติเมตร นอกจากนี้ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินและปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด จากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์มีต่ำกว่าดินจากพื้นที่ป่า ยกเว้นพื้นที่ C_1 ซึ่งมีชั้น A ค่อนข้างหนา และมีปริมาณของอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่แตกต่างจากพื้นที่ป่า เพราะเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ใช้ปุ๋ยคอกในปริมาณที่มากกว่าพื้นที่อื่น และยังมีการปลูกต้นชาทุก ๆ 10 เมตร ตลอดจนมีการใช้เศษพืชคลุมดิน ซึ่งสามารถป้องกันการสูญเสียดิน โดยกระบวนการชะล้างพังทลายได้ ความหนาของชั้นดินตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงด้านบนของชั้น Tc_2 ซึ่งมีชิ้นส่วนของวัตถุต้นกำเนิดดินปะปนอยู่มีประมาณ 90 - 97 เซนติเมตร สำหรับพื้นที่ป่า ในขณะที่ดินจากแปลง C_1, C_2, C_3, C_4 และ C_5 ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ มีความหนาของชั้นดินทั้งหมดประมาณ 72, 50, 45, 60 และ 54 เซนติเมตร ตามลำดับ ความแตกต่างของความหนาของชั้นดินเป็นผลจากการสูญเสียดินโดยอิทธิพลของลม เพราะพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่ราบ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของดิน ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 Mg m^{-3} และในการคำนวณ ปริมาณการสูญเสียดิน ในช่วงเวลา 270 ปี ที่ดินถูกใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง พบว่าการสูญเสียดินจากแปลง C_1, C_2, C_3, C_4 และ C_5 มีปริมาณ1,320, 2,640, 2,940, 2,040 และ 2,160 Mg ha^{-1} ตามลำดับ โดยปริมาณการสูญเสียดินต่อปีอยู่ในช่วง 4.9-10.9 Mg ha^{-1}

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของ Organic C และไนโตรเจนทั้งหมดในดินชั้น A_2 จากพื้นที่ป่ากับชั้น Ap จากพื้นที่ที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นเพราะในพื้นที่ที่ศึกษามีการนำใบไม้ที่ร่วงหล่นในพื้นที่ออกไปจากพื้นที่ และมีการใช้ปุ๋ยคอก ซึ่งมีเศษใบพืชปะปนอยู่ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในปริมาณที่สูงมาก ทำให้ความแตกต่างของ Organic C และไนโตรเจนทั้งหมด ระหว่างพื้นที่ป่ากับพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์มีน้อย อย่างไรก็ตามดินจากพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ยังพบว่ามีค่า C:N ratio แคบกว่า แสดงว่าอัตราการสูญเสีย Organic C ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์มากกว่าการสูญเสียไนโตรเจน

สำหรับค่าความหนาแน่นรวมของดิน พบว่าดินจากพื้นที่ป่ามีความหนาแน่นไม่แตกต่างจากดิน จากพื้นที่ ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ มีผลการวิจัยที่รายงานเกี่ยวกับ ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นรวมของดินมีสหสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของ organic C และอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยหลักในการทำให้เกิด aggregate ดังนั้นการลดลงของอินทรียวัตถุจึงมีผลเสียต่อความคงทน

ของเม็ดดิน และทำให้ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากการลดลงของอินทรียวัตถุในดินจากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เกิดน้อยจึงทำให้การเปลี่ยนแปลงด้านความหนาแน่นรวมของดินไม่ชัดเจน

ไชยสิทธิ์ (2544) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2525 พบว่า การใช้พื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 147 ล้านไร่ ต่อมาในปี 2529 มีการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นเป็น 167 ล้านไร่ แต่ในปี พ.ศ. 2541 มีการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมถึงประมาณ 175 ล้านไร่ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่การเกษตรนี้ก็หมายถึงที่ดินต่าง ๆ เหล่านั้นเริ่มเสื่อมโทรมลง ซึ่งเหตุผลหนึ่งคือ การปลูกพืชที่ติดต่อเป็นระยะเวลานาน พืชที่ปลูกจะดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้ พบว่าดินสูญเสีย N P K 0.708 ล้านตัน จากการปลูกข้าว อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลังเฉลี่ยคืนลงในดินเพียงปีละแค่ 0.254 ล้านตัน ซึ่งทำให้เห็นว่าดินขาดดุลธาตุอาหารพืชถึงเฉลี่ยปีละ 0.454 ล้านตัน ขณะเดียวกัน Duvigneaud and Smet (1995 อ้างโดย อดุลย์รัตน์, 2526) ศึกษาพบว่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมจะสูญเสียออกไปจากระบบนิเวศน์ป่าไม้ได้น้อยมาก แต่จะมีการสะสมธาตุเหล่านี้ไว้ในระบบ ส่วนการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบนั้นเกิดขึ้นจากการนำไม้ออกจากป่า การเผาทำลายป่าและการสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน เป็นต้น ดินบริเวณพื้นที่สูงมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน มีฝนตกชุกและมีอุณหภูมิเหมาะสมที่ทำให้กระบวนการสลายตัวของหินหรือวัตถุต้นกำเนิดดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และในฤดูฝนที่มีฝนตกมากประกอบกับสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งมีความลาดชันสูง การชะล้างพังทลายของดินจึงเกิดอย่างกว้างขวาง ธาตุอาหารต่าง ๆ ถูกชะล้างออกไปจากพื้นที่ ไหลไปกับน้ำสู่ที่ราบลุ่มลงไปตามลำน้ำต่าง ๆ จึงทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลงเรื่อย ๆ กรมพัฒนาที่ดิน (2544) พบว่าในภาคเหนือตอนบนมีตะกอนที่ถูกพัดมาทับถมในลำน้ำ อ่าง และเขื่อนเก็บน้ำต่าง ๆ ประมาณ 3.4 ล้านตันต่อปี และมีการสูญเสียธาตุอาหารพืชไป จากดินในปริมาณมาก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชได้สูญเสียไปประมาณ 0.26, 0.03 และ 1.72 ล้านตันต่อปี ตามลำดับ อีกประการหนึ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกต่อเนื่องกันเป็นเวลานานโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคเหนือเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเกษตรกรไม่มีเงินที่จะซื้อปุ๋ยมาใช้ และปุ๋ยมีราคาแพง

1. การทำไร่เลื่อนลอย

ภาคเหนือของประเทศไทย มีการทำไร่เลื่อนลอยบนพื้นที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าลดน้อยลง แต่ผลของการเกษตรระบบนี้ต่อการเปลี่ยนแปลงของดินขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการพื้นที่ดังรายงานของ Funakawa *et al.* (1997b อ้างโดย วรวิทย์, 2547) ซึ่งได้ศึกษา ความแตกต่างของปริมาณอินทรียวัตถุ ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ในพื้นที่ป่าที่ไม่เคยมีการใช้

ประโยชน์และพื้นที่ซึ่งมีการทำไร่เลื่อนลอยตามวิธีการต่าง ๆ คือ 1)ระบบการทำไร่เลื่อนลอยของชาวกะเหรี่ยงแบบดั้งเดิม ณ หมู่บ้าน Dee La Poe: DP ซึ่งมีการปลูกพืชในพื้นที่เพียง 1 ปี หลังจากนั้นทิ้งพื้นที่ให้รกร้างว่างเปล่าเป็นเวลาอย่างน้อย 7 ปี ก่อนหมุนเวียนกลับมาใช้พื้นที่เดิมอีกครั้งหนึ่ง 2) ระบบไร่เลื่อนลอยของชาวกะเหรี่ยง ณ หมู่บ้าน Huai Mak Num: HN ซึ่งลดเวลาการฟื้นฟูที่เดิมจาก 8 ปี เป็น 4 ปี และระบบการทำไร่เลื่อนลอยของชาวม้งและคนไทย ที่หมู่บ้านรักแผ่นดิน ซึ่งมีการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ รวมทั้งข้าวไร่ อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 2 - 5 ปี และปล่อยพื้นที่รกร้าง 3 - 5 ปี สำหรับพื้นที่ศึกษาในหมู่บ้านสุดท้ายมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 - 550 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีต้นไผ่หรือไม้พุ่มเป็นไม้หลัก ในขณะที่พื้นที่ที่ศึกษาของหมู่บ้าน HM และ DP มีความสูงประมาณ 10 - 15 เมตร เป็นพืชหลัก ส่วนดินจัดจำแนกเป็นดิน Typic Haplustults หรือ Ustic Dystropepts ผลการศึกษาพบว่าโดยทั่วไปดินชั้นบน จากพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องมีปริมาณ total C ต่ำกว่า 30 gC kg^{-1} ในขณะที่พื้นที่ซึ่งมีพื้นที่ซึ่งมีการปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่าตามธรรมชาติมากกว่า 10 ปี หรือป่าธรรมชาติจะมีมากกว่า 30 gC kg^{-1} ในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกเพียงปีเดียวและมีการปล่อยทิ้งว่างไว้จะมีค่าของ Total C และ Available N อยู่ระหว่างพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องและป่าธรรมชาติ สำหรับพื้นที่ป่าธรรมชาติมีปริมาณ available N มากกว่า 130 mg kg^{-1} ส่วนพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องมีน้อยกว่า 100 mg kg^{-1} จากข้อมูลดังกล่าวนี้ชี้ให้เห็นว่าอินทรียวัตถุมีแนวโน้มลดลงถ้ามีการใช้พื้นที่อย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุที่เกิดการสลายตัวในหน้าดินกับปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมอยู่ในชั้นดินในช่วงความลึก 0 - 50 เซนติเมตร พบว่าในหน้าดินซึ่งมีการปลูกพืชปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายตัวในหนึ่งปีมีปริมาณ 10% ของอินทรียวัตถุที่สะสมช่วงชั้นความลึก 50 เซนติเมตร เนื่องจากพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกชิ้นส่วนที่ร่วงหล่นทับถมอยู่หน้าดินมีปริมาณน้อย ดังนั้นการเพาะปลูกพืชแบบต่อเนื่องจึงมีผลทำให้อินทรียวัตถุลดลงอย่างรวดเร็ว และนอกจากนี้ยังพบว่าในพื้นที่ถูกเผาจะมีความแตกต่างของ Nitrogen mineralization ในดินก่อนเผาและหลังเผาอย่างชัดเจน โดยพบว่าหลังจากการเผาในพื้นที่นี้มีปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการ Nitrogen mineralization เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ทำไร่เลื่อนลอยในบริเวณดังกล่าว Funakawa *et al.* (1997b อ้างโดย วรวิทย์, 2547) พบว่าดินที่มีอินทรียวัตถุสูง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 11.4 ถึง 63.3 gC kg^{-1} ส่วน pH ของดินส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5 - 7 และความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน ส่วน exchangeable cation ในดินชั้นบน ส่วนใหญ่คือ Ca และ Mg แต่ที่พบในดินชั้นล่าง คือ Al ปริมาณ clay มีมากกว่า 30% ซึ่งเป็นดินเหนียวประเภท kaolin ผสมกับ Mica การเพิ่มขึ้นของประจุลบในดินชั้นบนเกิดจากอินทรียวัตถุ ปริมาณของอินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อ CEC ของดินในระดับความลึก 10 เซนติเมตร ส่วนในระดับความลึก 30 - 40 เซนติเมตร

ขึ้นอยู่กับปริมาณ clay องค์ประกอบของ exchangeable cation ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดของดินและปริมาณอินทรียวัตถุยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ N ที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนอีกด้วยเมื่อระบบนิเวศเจริญเติบโตที่ดี การหมุนเวียนของธาตุอาหารระหว่างดินป่าไม้จะเป็นไปในสภาพคงที่ ธาตุอาหารไม่ได้สูญหายไปจากระบบ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดภัยธรรมชาติหรือมนุษย์เข้าทำลายความสมดุลเช่นนี้ก็จะเสียไป ธาตุอาหารก็จะสูญเสียไปจากระบบ ผลเช่นนี้จะเห็นได้ชัดจากการบุกรุกแผ้วถางป่าทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งจะทำให้พืชพรรณที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในป่าถูกทำลายลง การทำลายพืชพรรณลงเช่นนั้น ทำให้พื้นดินเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วและจะมีพรรณไม้ชนิดใหม่เกิดขึ้น (Nye and Greenland, 1960) โดยเฉพาะป่าในเขตโซนร้อน ซึ่งเป็นแหล่งที่มีอากาศร้อนชุ่มชื้น ฝนตกชุกมีพรรณพืชขึ้นรวมกันอย่างหนาแน่นมากมาย แต่ในปัจจุบันป่าในเขตโซนร้อนได้ถูกบุกรุกแผ้วถางลงเพื่อทำไร่เลื่อนลอยเป็นจำนวนมากซึ่งจากการศึกษาผลของการทำไร่เลื่อนลอยต่อคุณสมบัติของดินป่าไม้ บริเวณปากช่อง นครราชสีมา ของ Samapuddki and Suvannakorn (1962) พบว่าในระยะปีแรกภายหลังการตัดไม้ทำลายป่า คุณสมบัติทางด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินจะเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อมลง กล่าวคือ ค่าปฏิกิริยาของดิน (pH) จะเพิ่มขึ้น อินทรียวัตถุที่สะสมอยู่มากตามพื้นป่าจะสูญเสียไปอย่างรวดเร็ว ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีแนวโน้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าในช่วงแรกฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นก็ตาม

Khemnark et al. (1972) ได้ศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคเหนือ บริเวณนิคมดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการแผ้วถางป่าลงนำที่ดินไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ กันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินจะได้รับผลกระทบกระเทือนมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับว่าพื้นที่นั้นได้รับการจัดการมากน้อยอย่างใด การที่ไร่ชา ไร่ข้าว ไร่เมี่ยง มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ไม่ค่อยแตกต่างไปจากสภาพป่าดั้งเดิม เนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์เข้าช่วย สำหรับไร่ร้างนั้นสภาพความอุดมสมบูรณ์ส่วนใหญ่ก็ไม่แตกต่างไปจากสภาพป่าดั้งเดิมมากนัก เพราะสภาพพื้นที่ทั่ว ๆ ไปเริ่มฟื้นตัวขึ้นมาแล้ว หลังจากถูกทอดทิ้งมานานกว่า 3 ปี และสุนัย (2525) พบว่า ดินในป่าชนิดต่าง ๆ ในภาคเหนือของประเทศไทยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงเฉพาะที่ผิวดินเท่านั้น

วีระศักดิ์ (2524) ก็พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุลดลงในทุกชั้นดิน ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้นจากเดิม แต่ลักษณะของเนื้อดินไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณช่องว่างในดินทั้งหมดลดลงและได้ให้ข้อสรุปไว้ว่า ป่าซึ่งผ่านการทำไร่เลื่อนลอยมาแล้ว โครงสร้างของดินจะเปลี่ยนไป ความสามารถในการเก็บน้ำและระบายน้ำลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินชั้นบน และ พงษ์ศักดิ์ (2531) รายงานว่า

ดินจะดูดซับน้ำได้น้อยลงจากเดิม 1.50 ซม./นาที เมื่อยังเป็นป่าดิบแล้ง (dry dipterocarp forest) เป็น 0.69 ซม./นาที เมื่อโดนป่าและปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานา ดังนั้นเมื่อน้ำซึมเข้าไปในดินได้น้อยลงฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะเอ่อนองและไหลล้นไปสู่ที่ต่ำกว่าพร้อมทั้งพัดพาเอามวลของดินไปด้วย เกษม และคณะ (2524) กล่าวไว้ว่า การทำลายป่าดิบเขาเพื่อทำไร่เลื่อนลอยที่จังหวัดเชียงใหม่ ทำให้น้ำไหลบ่าบนผิวดินเพิ่มขึ้นจากเดิม 17.5 มม/ปี เป็น 24.4 มม/ปี พรพรรณ และสุชีลา (2542) รายงานว่าการนำป่าดิบชื้นธรรมชาติมาทำไร่เลื่อนลอยบริเวณแหล่งต้นน้ำม่อนอังเกตจังหวัดแม่ฮ่องสอน ทำให้เกิดการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินหรือกษัยการดินประมาณ 81.9 ตัน/เฮกเตอร์/ปี (จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงของการพังทลายของดินระดับปานกลาง) โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียของการพังทลายจากราคาธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่มีอยู่ในดินที่สูญเสียไปประมาณ 7,556 บาท/เฮกเตอร์/ปี ในขณะที่พื้นที่ป่าดิบเขาชื้นธรรมชาติและสวนป่าสนสามใบอายุ 12 ปี มีการสูญเสียดินประมาณ 19.6 และ 14.7 ตัน/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ (จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงของการพังทลายของดินระดับน้อย) หรือมีมูลค่าความสูญเสียประมาณ 2,001 และ 2,032 บาท/เฮกเตอร์/ปี ทั้ง ๆ ที่พื้นที่ไร่เลื่อนลอยมีความลาดชันประมาณ 28% ส่วนพื้นที่ป่าดิบชื้นธรรมชาติและสวนป่าสนสามใบมีความลาดชันถึง 68%

2. การปลูกสวนป่าไม้สัก

ปรากฏการณ์ที่น่าเป็นห่วงอย่างยิ่งจากการปลูกสวนป่าไม้สักในพื้นที่ป่าทางภาคเหนือของประเทศเป็นจำนวนมากเพราะเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะในภูมิประเทศที่เป็นที่สูง เพราะจากการศึกษาของพรพรรณ และมยุรี (2544ก) พบว่าการพังทลายของดินในสวนป่าไม้สักจังหวัดอุตรดิตถ์ ในช่วงเวลาที่ต้นสักมีความสูงมากกว่า 10 เมตร บริเวณภูมิประเทศที่มีความลาดชัน 23-42% มีการสูญเสียดินประมาณ 206.3-272.2 ตัน/เฮกเตอร์/ปี (จัดอยู่ในชั้นการพังทลายของดินชั้นรุนแรงมาก) โดยมีการสูญเสียรวมของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียม เฉลี่ยต่อปีประมาณ 468.2-1,027.0 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ ซึ่งคิดเป็นมูลค่ารวมของธาตุอาหารที่สูญเสียจากพื้นที่ หรือมูลค่าความสูญเสียจากกษัยการดินประมาณ 11,315.86-20,518.34 บาท/เฮกเตอร์ และก่อนที่ฝนจะกระทบถึงผิวดินย่อมต้องกระทบพื้นป่า (forest floor) เป็นด่านสุดท้ายเสียก่อน ขนกระทั่งพื้นป่าดังกล่าวอิ่มตัวจึงระบายน้ำส่วนเกินลงสู่ผิวดินที่แท้จริงต่อไป ซึ่งจากรายงานการศึกษาพบว่าเมื่อป่ามีพืชปกคลุมดินหายไป ทำให้แหล่งของปริมาณอินทรียวัตถุที่จะเพิ่มเติมให้กับดินหายไปเกือบหมด แม้ว่าจะมีการทดแทนตามธรรมชาติจากวัชพืชและไม้เบิกนำที่ขึ้นมาแทนที่ในภายหลังแต่ปริมาณจะน้อยลง และใช้ระยะเวลาทดแทนยาวนาน

นอกจากนี้จะมีการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินที่มีขนาดเล็กออกไปมากขึ้น ทำให้เนื้อดินหยาบขึ้นหรือเหลือกรวดและหินลอยมาที่หน้าดินมากขึ้น (เกษม และคณะ, 2517; บุญมา และคณะ, 2537; พรพรรณ และสุชีลา, 2542) ดังนั้นการอุ้มน้ำของดินจึงลดลง

3. การปลูกไม้ผล

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยศึกษาในพื้นที่ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ได้แก่ สวนไผ่ สวนมะขาม และพื้นที่ที่เคยทำการเกษตรมาก่อน Boonma *et al.* (no date อ้างโดย วรวิทย์, 2547) พบว่า ในพื้นที่ป่าดิบเขา สวนไผ่ และพื้นที่ที่เคยทำการเกษตรมาก่อน pH ของดินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในพื้นที่สวนมะขาม pH ของดินต่ำ คือ อยู่ในช่วง 5.9 - 6.4 เนื่องจากมีการเกิดกระบวนการ Nitrification เพิ่มขึ้นในดินของพื้นที่ที่เคยเป็นป่ามาก่อนแล้วถูกนำมาใช้ประโยชน์ และนอกจากนี้ธาตุอาหารที่เป็นด่าง เกิดการสูญหายโดยการชะล้างพังทลาย และถูกดูดไปใช้โดยพืช

สำหรับอินทรียวัตถุพบว่าพื้นที่ป่าดิบเขา มีอินทรียวัตถุ อยู่ในช่วง 1.0 - 7.2% ซึ่งจะลดลงตามความลึกของดิน ส่วนในสวนไผ่ พื้นที่ที่เคยทำการเกษตรมาก่อน และสวนมะขามมีอินทรียวัตถุในดินประมาณ 1.1 - 4.1, 0.9 - 3.6 และ 1.2 - 4.4% ตามลำดับ การที่พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์มีอินทรียวัตถุน้อยกว่าพื้นที่ที่เป็นป่านั้นเนื่องมาจากมีอัตราการสลายตัวของซากพืชเป็นอินทรียวัตถุในดินมีน้อย นอกจากนี้อินทรียวัตถุในดินที่มีอยู่ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพให้พืชได้ใช้ประโยชน์อยู่ตลอดเวลาอีกด้วย จึงทำให้อินทรียวัตถุในดินมีน้อยลง

ปริมาณ available P พบว่าในพื้นที่ป่าดิบเขามีปริมาณ available P ในดินอยู่ในช่วง 4 - 40 mg kg^{-1} ส่วนในสวนไผ่ พื้นที่ที่เคยทำการเกษตรมาก่อน และสวนมะขาม มีปริมาณ available P อยู่ในช่วง 3-19, 1-25 และ 1-5 mg kg^{-1} ตามลำดับ เนื่องจากการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช จึงทำให้พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์มีปริมาณ available P ต่ำ นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังอาจถูกตรึงไว้ในโครงสร้างของดินอีกด้วย

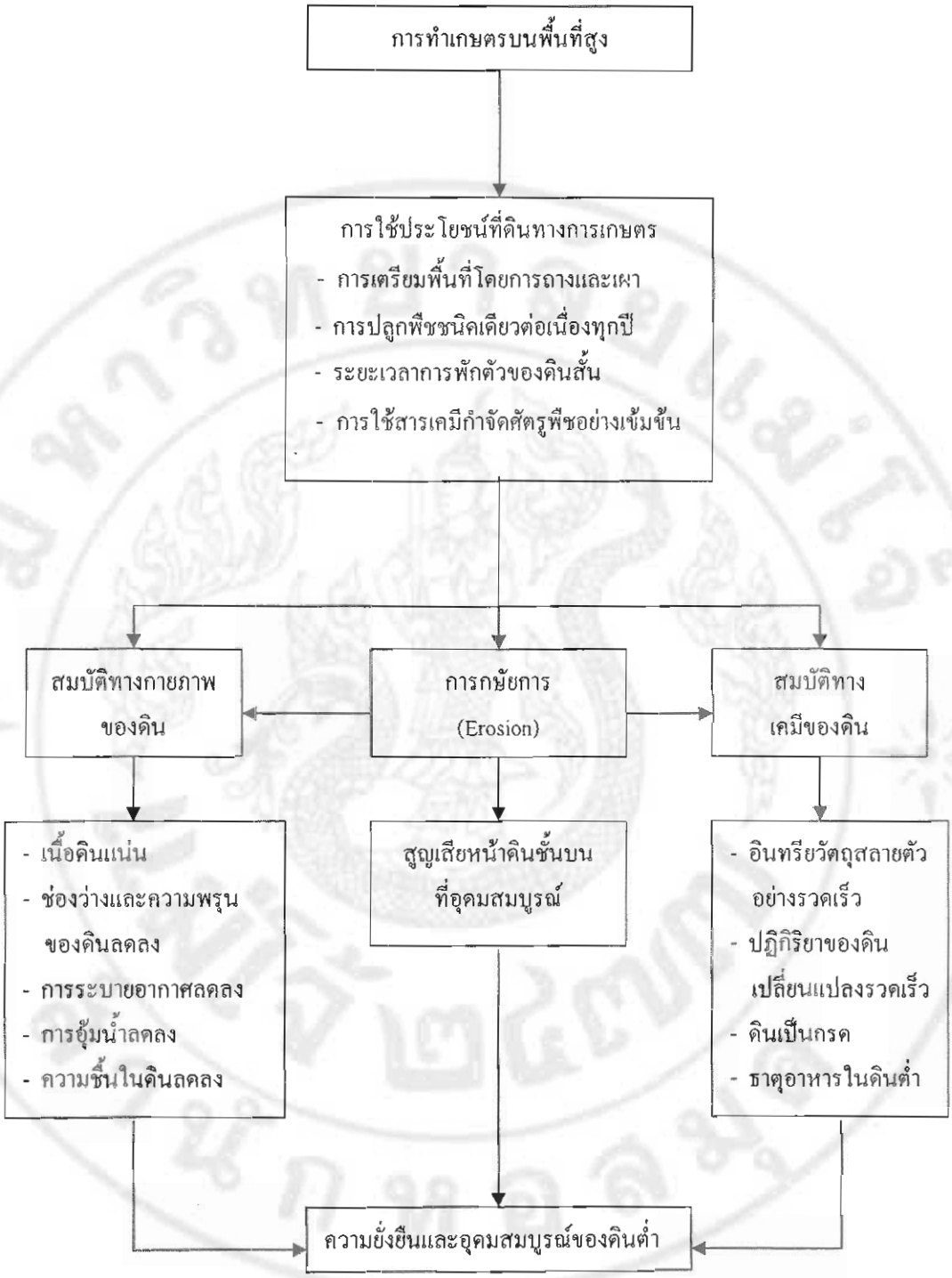
ปริมาณ available K พบว่าในดินชั้นบนมีปริมาณสูง โดยมีปริมาณลดลงตามความลึกของดิน และยังพบอีกว่าในสวนมะขามมีปริมาณ available K มากในดินชั้นบน นอกจากนี้ธาตุ Ca และ Mg ยังมีปริมาณสูงในทุกพื้นที่โดยทุกพื้นที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน เนื่องจาก เป็นธาตุที่มีประจุบวกซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของพืช อย่างไรก็ตามพบว่าดินในสวนมะขาม มีปริมาณของ Ca ค่อนข้างต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ ที่เหลือ ซึ่งเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียโดยการชะล้างพังทลายของพืชดูดไปใช้

Somchai (1994) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและความชื้นของดินภายใต้สวนไม้ผลกับป่าธรรมชาติ พบว่า การทำสวนลิ้นจี่มีความแน่นทึบของดินชั้นบนและความแห้งของเนื้อดินมากกว่าการทำไร่เลื่อนลอยและป่าธรรมชาติ สำหรับสมรรถนะการพังทลายของดินที่มีระดับความสูงและการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน พบว่า อัตราการแตกกระจายของดินจากพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ในการปลูกผักและการปลูกไม้ผลจะมีค่าสูงกว่าค่าจากดินป่าธรรมชาติและพื้นที่ไร่เลื่อนลอย (กนิษฐา, 2537)

พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2522) ได้ศึกษาการซึมน้ำผิวดินในแต่ละสภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นสวนเงาะ สวนทุเรียน สวนยางพารา และไร่มันสำปะหลังของจังหวัดระยองตอนใต้ เพื่อนำผลที่ได้นี้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำ ให้เหมาะสมต่อไปในอนาคต ผลปรากฏว่าการซึมของดินโดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างกันมากนักในสภาพที่ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ คือ สามารถดูดซับน้ำได้ 390 มม./ชม. แต่ในขณะที่ดินยังไม่อิ่มตัวอยู่นั้น พืชคลุมดินจะมีบทบาทอย่างมากโดยอาจเป็นตัวส่งเสริมหรือกีดขวางการซึมน้ำของดินก็ได้ ดังเช่น บริเวณที่เป็นไร่มันสำปะหลัง ผิวดินมักจะถูกอัดแน่นอันเนื่องมาจากการเปิดโล่ง ทำให้ดินดูดซับน้ำได้สูงสุดเพียง 478.99 มม./ชม. ในทำนองเดียวกันก็ทำให้ค่าของการลดลงของอัตราการซึมน้ำ (K) มีค่า 0.15 ส่วนในบริเวณที่เป็นสวนเงาะ สวนทุเรียนนั้น สภาพของการปกคลุมเรือนยอดมีตลอดทั้งปีอีกทั้งเศษเหลือของกิ่งไม้ ใบไม้ที่ร่วงหล่น ตามผิวหน้าดิน ซึ่งเมื่อเศษเหลือเหล่านี้สลายตัวไป จะคลุกเคล้ากับดินผิวทำให้เพิ่มความพรุนและความสามารถในการดูดซับน้ำได้มากถึง 888.93 และ 813.43 มม./ชม. ตามลำดับ แต่เนื่องจากระบบรากที่ตื้น ทำให้การใช้น้ำของไม้ผลดังกล่าวมีเฉพาะบริเวณผิวดินเท่านั้น ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมาหรือให้น้ำได้ไม่นานนักก็จะอิ่มตัวและมีผลทำให้การซึมน้ำของดินในช่วงระยะเวลาต่อมาลดลงอย่างรวดเร็วด้วย นั่นคือทำให้ค่า K มีค่าสูงถึง 0.44 และ 0.38 ตามลำดับ ส่วนบริเวณที่เป็นสวนยางพารานอกจากจะมีการซึมน้ำของดินสูงถึง 859.36 มม./ชม. แล้ว ระบบรากที่ลึกยังช่วยส่งเสริมให้น้ำซึมลงไปในดินได้ลึก และทำให้ค่าการลดลงของอัตราการซึมของดินอยู่ในลักษณะที่ค่อยเป็น ค่อยไปโดยที่ค่า K เท่ากับ 0.35 ดังนั้น ในพื้นที่ของจังหวัดระยองตอนล่างนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการทำสวนยางจะช่วยให้ดินดูดซับน้ำฝนที่ตกลงมาได้มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ สวนเงาะ สวนทุเรียน และท้ายที่สุดก็คือไร่มันสำปะหลัง ส่วนอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินในแต่ละสภาพของการใช้ที่ดินพบว่า สวนยางพาราซึ่งมีทั้งการร่วงหล่นของซากพืช และลูกไม้ขึ้นกระจัดกระจายทั่วไปมีค่าการดูดซับของดินที่สูงและสม่ำเสมอเกือบตลอดปี สวนเงาะ และทุเรียน การซาบซึมน้ำของดินจะมีค่าสูงในช่วงที่มีการร่วงหล่นและสลายตัวของซากพืช ส่วนในไร่มันสำปะหลังและนาดอน ความแน่นทึบของดินทำให้การซึมน้ำอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการใช้ที่ดินที่จะช่วยลดปัญหาอุทกภัยและความแห้งแล้วได้ คือ ยางพารา

บทสรุป

ทรัพยากรธรรมชาติบนพื้นที่สูงเป็นพื้นที่ที่ควรอนุรักษ์ไว้เป็นป่าอนุรักษ์ต้นน้ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางสูงและง่ายต่อการเกิดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ดังกล่าวควรเป็นไปด้วยความระมัดระวัง มีการพิจารณาอย่างรอบคอบและใช้ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สูง ถ้าหากไม่มีการควบคุมหรือปล่อยให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรมย่อมส่งผลถึงทรัพยากรธรรมชาติด้านต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรดิน ป่าที่ปกคลุมดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารและอินทรียวัตถุที่มีผลดีต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน คือ ช่วยลดการทำให้เนื้อดินแน่น ดินจับตัวกันเป็นก้อน มีช่องว่างในดินมาก ดินระบายอากาศได้ดีและอุ้มน้ำได้มาก ช่วยดูดยึดธาตุอาหารไว้ในดิน ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของดินที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วยลดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลนองหน้าดิน ลดแรงปะทะของเม็ดฝนที่เป็นสาเหตุของการชะล้างพังทลายหรือการกษัยการอันเป็นผลให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน เป็นต้น ทรัพยากรดินในพื้นที่สูง แต่เมื่อพื้นที่ป่าถูกบุกรุกและเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเป็นพื้นที่โล่ง และมีความลาดชันสูง ง่ายต่อการชะล้างพังทลาย เม็ดฝนปะทะกับดินโดยตรง ทำให้สูญเสียดินชั้นบนที่อุดมสมบูรณ์ ธาตุอาหารพืชในดินลดลง เนื้อดินแน่น ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง นอกจากนี้การทำการเกษตรบนที่สูงยังมีการเตรียมพื้นที่ด้วยการถางและเผา มีการปลูกพืชชนิดเดียวต่อเนื่องกันทุกปี และใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างเข้มข้น ทำให้มีระยะการพักตัวของดินสั้น ส่งผลเสียต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน คือ อินทรียวัตถุในดินสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว เนื้อดินแน่น อุ้มน้ำได้น้อยลง สภาพทางเคมีของดินเลวลงโดยมีความเป็นกรดมากขึ้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำลง สามารถดูดยึดธาตุอาหารได้น้อยลงทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปกับการชะล้างพังทลาย ดังที่กล่าวมาทั้งหมดในตอนต้นเป็นผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรบนพื้นที่สูงต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อลดผลกระทบดังกล่าวจำเป็นต้องมีการศึกษาระดับความอุดมสมบูรณ์และความยั่งยืนของทรัพยากรดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ทางการเกษตรต่าง ๆ โดยใช้ดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของดินทางกายภาพ และเคมี คือ เนื้อดิน ความหนาแน่นของดิน ปริมาณความชื้นในดิน ความเป็นกรด – ด่าง ความจุของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ธาตุอาหารพืช เป็นต้น ตามบทสรุปดังกล่าว ทำให้การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย กรณีศึกษา ลุ่มน้ำขุนสมุน อ.เมือง จ.น่าน สามารถสร้างกรอบแนวความคิดในการวิจัยและกระบวนการศึกษาวิจัยได้ดังนี้ (ภาพ 1, 2)



ภาพ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ภาพ 2 กระบวนการศึกษาวิจัย