

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 เหตุผลของการพัฒนาทุ่งหญ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ 106 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 1 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลักทางการเกษตร ซึ่งเป็นการเกษตรแบบอาศัยน้ำฝน รายได้เฉลี่ยในภาคเกษตรโดยดูจากรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าภาคอื่นๆ

เกรียงไกร (2533) ได้สรุปถึงปัญหาที่ทำให้รายได้ของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าภาคอื่นๆว่า เกิดจากดินมีศักยภาพในการผลิตต่ำ และการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถแยกปัญหาหลักออกได้ คือ

1. ปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ดินที่ใช้เพาะปลูกพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทราย มีความหนาแน่นรวมสูง และเก็บน้ำได้น้อย ทำให้พืชที่ปลูกขาดน้ำในฤดูแล้ง ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

2. ปัญหาเกี่ยวกับดินที่ใช้ทำการเกษตรขาดความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดของดินเมื่อแรกทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้ดินมีเนื้อหยาบ และมีการชะล้างธาตุอาหารสูง ประกอบกับการเกษตรกรรมที่เป็นอยู่ทำให้ดินขาดอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากการใช้ที่ดินและระบบการปลูกพืชไม่เหมาะสม และขาดการบำรุงรักษาดิน เช่น การเติมอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารให้กับดิน

3. ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน นับว่าเป็นปัญหารุนแรงในบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร และจะรุนแรงยิ่งขึ้นในบริเวณพื้นที่ภูเขา การพังทลายของดินจะรุนแรงมากขึ้นในพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันตั้งแต่ 5% ขึ้นไป ประกอบกับเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย จึงง่ายต่อการพังทลาย นอกจากนั้นวิธีการปลูกพืช เช่น การปลูกพืชตามแนวความลาดชัน และการ

กำจัดวัชพืชในขณะที่พืชยังอ่อน มีผลให้พื้นดินปราศจากสิ่งปกคลุม ทำให้เกิดการพังทลายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนจะช่วยส่งเสริมให้การพังทลายของดินเพิ่มขึ้น เกรียงไกร และ วินิชย์ [(2527) อ้างตาม เกรียงไกร (2533)] ได้ทำการทดลองชุดหน้าดินชุดสติกออกไปเพื่อทำให้ดินมีสภาพคล้ายคลึงกับสภาพของการพังทลายของดิน พบว่าผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีดินนำเอาหน้าดินออกไป

4. ดินมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ดินที่มีปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ประมาณ 40 ล้านไร่ กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ ซึ่งอาจจำแนกได้ คือ

พื้นที่ดินเค็ม 17.80 ล้านไร่

ดินต้นและมีลูกร้าง 16.35 ล้านไร่

ดินทรายจัด 6.24 ล้านไร่

และ ดินที่ง่ายต่อการชะล้างพังทลาย 14.15 ล้านไร่

5. ปัญหาการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมกับชั้นสมรรถนะ เช่น การทำนาในที่ดอน หรือ การทำนาในพื้นที่ดินทราย พื้นดินไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้เพียงพอกับความต้องการของข้าว ข้าวจึงให้ผลผลิตต่ำ

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผลผลิตของพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าในภาคอื่น ๆ ยังผลให้ราษฎรมีรายได้ต่ำ รัฐบาลจึงหาวิธีเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรโดยใช้นโยบายสนับสนุนให้มีการเลี้ยงปศุสัตว์เพิ่มขึ้นจากการเพาะปลูกพืชเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะโคเนื้อ และโคนม ซึ่งเป็นชนิดของปศุสัตว์ที่มีปัญหาการเสี่ยงทางด้านตลาดและภัยธรรมชาติน้อยกว่าปศุสัตว์อื่น นอกจากนี้โคยังสามารถใช้อาหารหยาบจากถั่วและหญ้าซึ่งมีราคาถูก และสามารถปลูกได้เองในพื้นที่ ควบคู่ไปกับการใช้อาหารข้น เป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตและให้ความยืดหยุ่นกับผู้เลี้ยง (ปรารภนา, 2528) และนอกจากนั้นระบบทุ่งหญ้ายังสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้

2.2 การจำแนกประเภทของทุ่งหญ้า

2.2.1 การจำแนกทุ่งหญ้าตามชนิดของพืชที่เป็นส่วนประกอบของทุ่งหญ้า

স্যัตต์ (2525) ได้จำแนกชนิดของทุ่งหญ้าตามชนิดของพืชที่ปลูกเป็น 2 ชนิด คือ

1. หุ่นหญ้าล้วน (pure sward) หมายถึง พื้นที่ปลูกหญ้าเท่านั้น โดยไม่มีพืชตระกูลถั่วปะปน หญ้าที่นิยมปลูก ได้แก่ หญ้าบัฟเฟิล (*Cenchrus ciliaris*) หญ้ากินนี (*Panicum maximum*) หญ้าชาบี (*Urochloa mosambicensis*) หญ้าบาเซีย (*Paspalum notatum*) หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) เป็นต้น ข้อดีของระบบหุ่นหญ้าล้วน คือ ง่ายต่อการจัดการ ทั้งในด้านการปล่อยให้สัตว์เข้าทะเล็ม และการใส่ปุ๋ย อย่างไรก็ตาม หุ่นหญ้าล้วนก็ยังมีข้อจำกัด กล่าวคือ ในฤดูแล้งต้นหญ้าจะแห้งกรอบทำให้สัตว์ไม่ชอบกิน และมีคุณค่าทางอาหารต่ำลง จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงหญ้าเพื่อให้ต้นหญ้าคงความเขียว

2. หุ่นหญ้าผสม (grass-legume mixture) หมายถึง หุ่นหญ้าที่ปลูกผสมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วและพืชตระกูลหญ้า หุ่นหญ้านี้เป็นชนิดที่นิยมมากเนื่องจาก

1. ผลผลิตที่ให้สูง น้ำหนักแห้งและโปรตีนสูงกว่าหุ่นหญ้าล้วน และยังคงความน่ากินในช่วงที่หญ้าแก่ แม้ในฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่คุณค่าทางอาหารของหญ้างดงาม แต่พืชตระกูลถั่วจะยังคงรักษาปริมาณโปรตีนไว้ได้

2. หุ่นหญ้าผสมจะมีอาหารให้สัตว์กินได้ตลอดปี เนื่องจากพืชตระกูลถั่วจะช่วยยืดอายุของหญ้าให้คงความเขียวได้นานขึ้น โดยให้ธาตุไนโตรเจนกับหญ้า นอกจากนั้นถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิดยังคงความเขียวไว้ได้ตลอดฤดูแล้ง แม้ในขณะดินแห้งพืชตระกูลถั่วยังคงรักษาคุณค่าทางอาหารได้มากกว่าหญ้า

3. ประหยัดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากพืชตระกูลถั่วมีระบบการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ และถ่ายเทธาตุไนโตรเจนให้กับหญ้าได้

อย่างไรก็ตาม การจัดการหุ่นหญ้าผสมจะยุ่งยากกว่าการจัดการหุ่นหญ้าล้วน เนื่องจากพืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่อ่อนแอ มักไม่สามารถเจริญเติบโตแข่งขันกับหญ้า โดยเฉพาะในช่วงแรก จึงทำให้ต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าที่คาดไว้ และอีกประการหนึ่ง การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงมากเกินไป จะมีผลลดการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วได้

ปริมาณของพืชตระกูลถั่วมีความสำคัญกับสุขภาพของสัตว์ กล่าวคือ ถ้ามีพืชตระกูลถั่วในหุ่นหญ้าในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้สัตว์เกิดอาการท้องอืด (Bloat) (เฉลิมพล, 2524) และถ้ามีพืชตระกูลถั่วเป็นส่วนประกอบในปริมาณน้อยเกินไป จะทำให้

ต้องใช้ปุ๋ยในโตรเจนในทุ่งหญ้า Martin [(1960) อ้างตาม เจลิมพล (2524)] กล่าวว่า พืชตระกูลถั่วที่เป็นส่วนประกอบในทุ่งหญ้าควรมีปริมาณประมาณ 30-50% ของพืชทั้งหมด

2.2.2 การจำแนกทุ่งหญ้าตามการจัดการ

Watson และ Lapins (1969) แบ่งทุ่งหญ้าตามลักษณะของการจัดการ เป็น 2 ประเภท คือ

1. ทุ่งหญ้าที่ปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็ม ทุ่งหญ้าชนิดนี้จะสูญเสียอินทรีย์วัตถุส่วนเหนือดินโดยถูกสัตว์กินเป็นอาหารไปบางส่วน แต่จะได้รับอินทรีย์วัตถุในรูปของมูลและปัสสาวะจากสัตว์ที่เข้าแทะเล็มหญ้า ทุ่งหญ้าชนิดนี้จะมีการหมุนเวียนธาตุอาหารมาก แต่โครงสร้างของดินจะถูกบดบวม้าง

2. ทุ่งหญ้าที่ตัดให้สัตว์กินภายนอกแปลง ทุ่งหญ้าชนิดนี้จะทำให้โครงสร้างของดินถูกทำลายน้อยมาก เป็นระบบที่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้ดี และมีข้อจำกัดคือ มีการหมุนเวียนธาตุอาหารน้อยกว่าชนิดที่ปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็ม และพืชที่ปลูกตามมามีโอกาสขาดธาตุอาหารบางชนิดไป เช่น ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม เนื่องจากถูกนำออกไปกับส่วนที่ตัดให้สัตว์กิน

2.3 อิทธิพลของทุ่งหญ้าต่อคุณสมบัติที่เป็นตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกตาม

ดินที่ปลูกพืชต่อเนื่องเป็นเวลานานจะให้ผลผลิตพืชลดลง เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น เกิดการพังทลายของหน้าดิน โครงสร้างของดินแน่นทึบ และอินทรีย์วัตถุลดน้อยลง การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทำได้หลายวิธี โดยการนำวัสดุอินทรีย์ใส่เพิ่มลงในดิน เช่น การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก หรือการปลูกวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่นั้น โดยการปลูกพืชเพื่อทำปุ๋ยพืชสด หรือการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น การหักดินหลังจากปลูกพืชไร่ติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยปลูกหญ้าสลับช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

อิทธิพลของทุ่งหญ้าต่อคุณสมบัติที่เป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่

2.3.1 การเพิ่มขึ้นของอินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุ หมายถึง สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มาจากสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ รวมทั้งสิ่งที่ถูกปลดปล่อยหรือขับออกมาจากสิ่งมีชีวิต และเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายก็จะให้เศษซากของร่างกายซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุด้วยเช่นกัน (วิทยา, 2526)

อินทรีย์วัตถุเมื่ออิทธิพลต่อทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ถึงแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยในดิน องค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุที่เข้าสู่ดินส่วนใหญ่มาจากซากพืช อันได้แก่ ชิ้นส่วนของพืช ทั้งที่อยู่บนดินและส่วนที่อยู่ใต้ดิน ตลอดจนสารต่าง ๆ ที่พืชขับออกมา (Simpson, 1987) และส่วนที่เหลือจะมาจากสัตว์และจุลินทรีย์ดิน Garwood และคณะ (1972) ได้ศึกษาอินทรีย์วัตถุที่มาจากชิ้นส่วนของพืช ทั้งที่มาจากส่วนบนดินและส่วนที่อยู่ใต้ดิน จากการหาหุ้่งหน้าดินต่อกัน 13 ปี โดยเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชไร่หลายชนิด เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และข้าวโอ๊ต ที่ปลูกในระยะเวลาเท่ากัน ดินที่ปลูกหญ้าได้รับอินทรีย์วัตถุที่มีขนาดใหญ่ (macro-organic matter) ประมาณ 1.6-2.4 ตัน/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอินทรีย์วัตถุขนาดใหญ่ในดินที่ปลูกพืชไร่หมุนเวียน ซึ่งจะได้รับเพียง 0.48-1.28 ตัน/ไร่ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณรากที่อยู่ภายใต้ระบบหุ้่งหน้าและระบบพืชไร่แล้ว Cookes (1967) ศึกษาปริมาณของรากพืชที่ปลูกที่สถานี Rothamsted ในประเทศอังกฤษ พบว่า รากของหญ้าจะมีปริมาณมากกว่ารากของพืชไร่ กล่าวคือ ในดินที่ปลูกหญ้าจะมีปริมาณรากประมาณ 900 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่รากของพืชไร่จะมีเพียง 450 กิโลกรัม/ไร่

การเพิ่มขึ้นของอินทรีย์วัตถุภายใต้หุ้่งหน้าเลี้ยงสัตว์ นอกจากจะเป็นเพราะดินได้รับซากพืชเป็นปริมาณมากแล้ว ยังเป็นเพราะอิทธิพลของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกร่วมกับหญ้า เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สัตว์ ที่มีคุณสมบัติในการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ ทำให้รากของถั่วมีไนโตรเจนมากและสลายตัวได้ง่าย ไนโตรเจนอินทรีย์ที่ได้จากการสลายตัวจะถูกนำไปใช้ในกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยไม่จำเป็นต้องย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่สะสมในดิน จึงเป็นการส่งวนอินทรีย์วัตถุในดินไว้ทางหนึ่ง (แสง รวยสูงเนิน, ติดคอส่วนตัว) ทำให้หุ้่งหน้าปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมด้วยมีอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินปลูกหญ้าเพียงอย่างเดียว

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน

คุณสมบัติทางเคมีของดินเกี่ยวข้องกับปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (เจ็ททอน, 2528) ซึ่งถูกควบคุมด้วยปัจจัยต่างๆหลายปัจจัย เช่น สภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลายดิน การระบายอากาศในดิน เป็นต้น

Barrow (1969) และ Bray และ Evans (1971) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินที่ปลูกหญ้าในช่วงเวลาหนึ่ง ในรัฐ Queensland ประเทศออสเตรเลีย เปรียบเทียบกับธาตุอาหารในดินบุกเบิกใหม่ (Virgin soil) พบว่า ดินที่ปลูกหญามีความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เพิ่มขึ้น

การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่กล่าวมา เพิ่มขึ้นด้วยสาเหตุที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุ โดยมีไนโตรเจน 95%, ฟอสฟอรัส 75% และกำมะถัน 20% (Freney, 1986; Stevenson, 1986, อ้างตาม John *et al.*, 1989) นอกจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสแล้ว อินทรีย์วัตถุยังเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสอีกด้วย โดยเฉพาะในดินกรด ซึ่งโดยทั่วไปฟอสฟอรัสมักจะถูกจับตรึงโดยเหล็กและอะลูมิเนียม แต่ในสภาพที่เป็นกรด กรดอินทรีย์วัตถุจะแตกตัวให้กรดอินทรีย์ซึ่งเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาจับตัวกับอะลูมิเนียมที่จับฟอสฟอรัสไว้ ทำให้ฟอสฟอรัสบางส่วนถูกปลดปล่อยจากการจับตรึงของอะลูมิเนียม ทำให้เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น (Hue *et al.*, 1986) นอกจากนั้นธาตุประจุบวกต่างๆ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นประโยชน์มากขึ้น เพราะอินทรีย์วัตถุเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (Juo and Lal, 1977) Flaig และ Rietz [(1975) อ้างตาม Tate และ Theng (1980)] ได้ศึกษาอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุต่อการเพิ่มความจุในการดูดซับไอออนบวกของดิน พบว่าอินทรีย์วัตถุ 100 กรัมจะมีความจุในการดูดซับไอออนบวกประมาณ 300 me ในขณะที่แร่ดินเหนียวคาโอลิไนต์ 100 กรัมมีความจุในการดูดซับไอออนบวกเพียง 20-30 me และในทำนองเดียวกัน งานทดลองของ บัพมา (2534) ได้ศึกษาอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติทางเคมีของดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีการใช้ที่ดิน

และการจัดการดินแตกต่างกัน พบว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากจะมีความจุในการดูดซับไอออนบวก(CEC) เพิ่มขึ้น

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การปลูกพืชต่อเนื่องกันเป็นเวลานานจะเป็นการทำลายโครงสร้างของดิน ทำให้ดินแน่นทึบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน ชักขวางการเจริญเติบโตของราก และทำให้ผลผลิตของพืชลดลง

หุ่่งหญ้าจะช่วยให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ด้วยสาเหตุหลายประการประกอบกัน อันได้แก่ สารที่รากขับออกมา (root exudate) เป็นสารที่มีความเหนียว จะช่วยเชื่อมยึดอนุภาคดินให้เกาะกันเป็นเม็ดดิน (soil aggregate) (Oades, 1978; Campbell and Porter, 1982, อ้างตาม Lynch and Bragg, 1985) และลักษณะการประสานตัวกันเป็นร่างแหของรากหญ้า จะทำให้อนุภาคดินเกาะตัวกัน (Webley, 1965, อ้างตาม Payne, 1973) ดังนั้นดินภายใต้หุ่่งหญ้ามักมีปริมาณเม็ดดินมากกว่าในดินที่ปลูกพืชไร่ทั่วไป (Graecen, 1958, อ้างตาม Costin, 1964) Low [(1955) อ้างตาม Costin (1964)] พบว่าปริมาณดินที่จับตัวเป็นเม็ด (soil aggregate) ขนาด 2 มม. เพิ่มขึ้นตามอายุของหุ่่งหญ้า และเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ระหว่างดินที่ปลูกหญ้าและดินที่ปลูกพืชไร่ จะเห็นว่าดินที่ปลูกหญ้าจะมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินที่ปลูกพืชไร่ ดังในงานทดลองของ Juo และ Lal (1977) ที่ได้ทดลองได้เปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของดินที่ปลูกหญ้านกนี้ (*Panicum maximum*) เป็นเวลา 3 ปี ในประเทศไนจีเรีย ซึ่งเป็นการทดลองในดินเขตร้อนชื้น ได้แสดงว่าดินภายใต้หุ่่งหญ้ามักมีความหนาแน่นรวม = 1.37 กรัม/ลบ.ซม. แต่ดินชนิดเดียวกันที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี มีค่าความหนาแน่นรวม 1.56 กรัม/ลบ.ซม. Low (1973) ได้ทดสอบถึงอิทธิพลของคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่มีต่อผลผลิตพืช โดยปลูก beet root (*Beta vulgaris*) (พืชหัวเมืองหนาวชนิดหนึ่ง ซึ่งจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีลักษณะทางกายภาพที่ดี เช่น ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำ) และข้าวโอ๊ต ในดินที่ปลูกหญ้าติดต่อกันนาน 8 ปี เปรียบเทียบกับการปลูกพืชทั้งสองชนิดในดินที่เคยปลูกพืชไร่ติดต่อกันนาน 8 ปี เช่นเดียวกัน เมื่อพืชให้ผลผลิต พบว่าผลผลิตของ beet root เพิ่มขึ้นจาก 58 กรัม/

กระถาง เป็น 457 กรัม/กระถาง และผลผลิตของข้าวโอ๊ตเพิ่มจาก 210 กรัม/กระถาง เป็น 264 กรัม/กระถาง เมื่อปลูกในดินที่เคยปลูกพืชไร่เปรียบเทียบกับดินที่ปลูกหญ้า การที่ผลผลิตของ beet root ซึ่งเป็นพืชหัวเพิ่มขึ้นมาก แต่ผลผลิตของข้าวโอ๊ตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อาจจะใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ได้ว่าดินภายใต้ระบบทุ่งหญ้ามีลักษณะทางกายภาพดีกว่า ดินภายใต้ระบบพืชไร่ทั่วไป

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวภาพของดินภายใต้ระบบทุ่งหญ้า

จุลินทรีย์ดินหรือมวลชีวภาพของดิน เป็นองค์ประกอบในส่วนที่มีชีวิตของอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งมีปริมาณ 1-4% ของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน แต่เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของธาตุอาหาร จากสารประกอบอินทรีย์ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ที่พืชใช้ประโยชน์ได้ (Sparling, 1991) นอกจากนั้นจุลินทรีย์สะสมธาตุอาหารไว้ในเซลล์ที่มีชีวิต และจะปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็วเมื่อจุลินทรีย์ตาย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์มีอัตราการย่อยสลายเร็วกว่าอินทรีย์วัตถุอื่น (John et al., 1989)

Tate และ Jenkinson (1982) ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในดินจากสถานีทดลอง Rothamsted ในประเทศอังกฤษ โดยศึกษาจากสารประกอบ ATP ของเซลล์จุลินทรีย์ในดินที่ปลูกข้าวสาลีติดต่อกัน เปรียบเทียบกับปริมาณ ATP ของเซลล์จุลินทรีย์ในดินที่ปลูกหญ้าติดต่อกันนานประมาณ 100 ปี พบว่าปริมาณ ATP จากเซลล์จุลินทรีย์ที่มีในดินปลูกหญ้ามักกว่าในดินที่ปลูกข้าวสาลีประมาณ 3 เท่า และในห่านองเดียวกัน Patra และคณะ (1990) ศึกษาปริมาณธาตุอาหาร คาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในเซลล์ของจุลินทรีย์จากดินที่สถานีทดลอง Rothamsted โดยเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวจากเซลล์จุลินทรีย์ในดินที่ปลูกข้าวสาลี เขาพบว่าปริมาณธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากเซลล์จุลินทรีย์ในดินที่ปลูกหญ้ามักกว่าในดินที่ปลูกข้าวสาลี ผลงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ดินภายใต้ระบบทุ่งหญ้ามีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าในดินในระบบพืชไร่ต่อเนื่อง ส่งผลให้การหมุนเวียนธาตุอาหารในดินทุ่งหญ้าเร็วกว่าดินภายใต้ระบบพืชไร่

2.3.5 การเพิ่มของผลผลิตพืชที่ปลูกตามหลังหรือสลับกับทุ่งหญ้า

ดินที่ปลูกทุ่งหญ้าเป็นระยะเวลาหนึ่งจะมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มมากขึ้น คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ของดินดีขึ้น เมื่อนำดินนั้นมาปลูกพืชไร่ชนิดอื่นๆจะทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มมากขึ้น ดังในงานของ Hanley และคณะ (1973) ที่พบว่าน้ำหนักของผลผลิตข้าวสาลีเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในดินที่เคยปลูกหญ้า และในทำนองเดียวกัน Vine [(1953) อ้างตาม Juo and Lal (1977)] พบว่า การปลูกข้าวโพดในฤดูฝนสลับกับการปลูกหญ้าในฤดูแล้ง ในประเทศออสเตรเลีย จะทำให้ผลผลิตของข้าวโพดไม่ลดลง แม้มิได้ใส่ปุ๋ยเคมีเลยเป็นเวลาถึง 20 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกหญ้าทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การปลูกพืชไร่ตามหลังทุ่งหญ้า หรือที่เรียกการปลูกพืชระบบนี้ว่า ระบบปลูกพืชไร่สลับทุ่งหญ้า (ley farming system) เป็นแนวทางการพัฒนาการเกษตรที่ค่อนข้างใหม่ โดยเริ่มต้นภายหลังจากทำทุ่งหญ้าเพื่อเลี้ยงโคเนื้อและโคนมในปี พ.ศ.2522 (Ley Farming Project, 1987 อ้างตาม พรรณทิพา และคณะ, 2532) งานทดลองปลูกพืชไร่สลับทุ่งหญ้าเป็นงานทดลองที่ใหม่และยังไม่มีใครหลายนัก Gibson (1988) ได้ทดลองปลูกมันสำปะหลังและปอในดินชุดโคราช (Oxic Paleustults) ที่เคยปลูกถั่วอาหารสัตว์นาน 2 ปี พบว่าผลผลิตของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจาก 2.4 ตัน/ไร่ เป็น 4.6 ตัน/ไร่ และผลผลิตเส้นใยปอเพิ่มจาก 144 กิโลกรัม/ไร่ เป็น 318 กิโลกรัม/ไร่ เนื่องจากสาเหตุหลักคือ ดินมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น พรรณทิพา และคณะ (2532) ได้ทดลองปลูกมันสำปะหลังในดินที่เคยปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆที่มีอายุ 2 ปี เปรียบเทียบกับดินที่ปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงที่เคยปลูกถั่วเจริญเติบโตมากกว่า และให้ผลผลิตมากกว่าการปลูกในดินที่เคยปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง คณะทำงานได้เสนอแนะว่า การที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นเกิดจากอิทธิพลของการปรับปรุงดินของพืชตระกูลถั่ว

2.4 ส่วนประกอบ (Pool) ของอินทรีย์วัตถุในดิน และอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

อินทรีย์วัตถุในดินเป็นส่วนประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของดิน ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ Theng [(1987) อ้างตาม Theng et al. (1989)] ได้แบ่งองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุตามแหล่งที่มาได้เป็น

1. อินทรีย์วัตถุส่วนที่มาจากเซลล์ที่มีชีวิต (living cells) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดกิจกรรมทางชีวเคมีขึ้นในดิน เช่น กระบวนการหายใจ และกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ เป็นต้น อินทรีย์วัตถุส่วนนี้มีปริมาณน้อยกว่า 4% ของอินทรีย์วัตถุในดิน แต่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร องค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุที่มาจากเซลล์ที่มีชีวิต ประกอบด้วย รากพืช (plant roots) สัตว์ในดิน (fauna) และมวลจุลินทรีย์ (microbial biomass)

2. อินทรีย์วัตถุส่วนที่มาจากเซลล์ที่ตาย (dead cells) ประกอบด้วยซากพืชและซากสัตว์ที่มีขนาดโตกว่า 250 μm (macro organic matter) ที่กำลังสลายตัว และฮิวมัส (humus) อินทรีย์วัตถุส่วนที่มาจากเซลล์ที่ตายมีปริมาณ 96-98% และจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน

เมื่อพิจารณาอินทรีย์วัตถุในแง่ของการให้ธาตุอาหารกับพืช จะเห็นว่าอินทรีย์วัตถุจะปลดปล่อยธาตุอาหารเมื่อผ่านกระบวนการสลายตัว Paul และ van Veen (1978) และ van Veen และคณะ [(1984) อ้างตาม Theng และคณะ (1989)] ได้แบ่งอินทรีย์วัตถุตามอัตราของการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารแวกดินเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. อินทรีย์วัตถุส่วนที่สลายตัวได้ง่าย (labile or active pool of organic matter) เป็นอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวได้เร็วภายใน 2-3 สัปดาห์ หรือ 2-3 เดือน และจะค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชในระหว่างที่มีการสลายตัว อินทรีย์วัตถุกลุ่มนี้ประกอบด้วยซากพืชซากสัตว์ที่เริ่มสลายตัว ซากจุลินทรีย์ในดิน และสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นต้น

2. อินทรีย์วัตถุส่วนที่เสถียร (stable pool of organic matter) เป็นอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวช้า ใช้เวลาเป็นปีจนถึงหลายสิบปีหรือมากกว่านั้น ประกอบด้วยสารฮิวมิก (humic substance) สารประกอบอินทรีย์ที่มีเยื่อใยสูงที่ถูกคูดักไว้ที่ผิวของแร่ นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ของส่วนต่างๆของอินทรีย์วัตถุในแง่ของการปลดปล่อยธาตุอาหาร อาจพิจารณาได้โดยใช้ค่า "turnover time"

เมื่อพิจารณา turnover time เราพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินที่อยู่ในสภาพสมดุลที่มีพลวัต (dynamic equilibrium) ซึ่งหมายถึงการได้รับอินทรีย์วัตถุใหม่เข้ามา(input) และการสูญเสียออกไป(output) จะเท่ากัน ถ้าให้คาร์บอนเป็นตัวแทนของอินทรีย์วัตถุ turnover time คือ ปริมาณคาร์บอนที่มีในดิน หาคด้วยคาร์บอนที่ได้รับหรือสูญเสียไปเนื่องจากถูกย่อยสลายในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 1 ปี หรือ 1 เดือน เป็นต้น (Jenkinson, 1988a)

ส่วนประกอบใดที่มี "turnover time" ต่ำ จะปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็ว และส่วนประกอบใดที่มี "turnover time" สูง จะปลดปล่อยธาตุอาหารช้า John และคณะ (1989) ได้ศึกษา "turnover time" ของส่วนประกอบต่างๆของอินทรีย์วัตถุในดิน และพบว่าจุลินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็วที่สุดโดยใช้เวลา 0.25 ปี หรือ 3 เดือน ในขณะที่อินทรีย์วัตถุส่วนที่เสถียร (stable organic matter) จะใช้เวลายาวนานถึงกว่า 1,000 ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ส่วนต่างๆของอินทรีย์วัตถุในดิน และ "turnover time"

ส่วนของอินทรีย์วัตถุ	turnover time (ปี)
จุลินทรีย์ในดิน	2.5 (เขตอบอุ่น) 0.25 (เขตร้อนชื้น)
อินทรีย์วัตถุที่สลายตัวได้ง่าย	20 (เขตอบอุ่น) 5 (เขตร้อนชื้น)
อินทรีย์วัตถุที่เสถียร	1,000

ที่มา : คัดแปลงจาก John *et al.*, 1989

van Veen และคณะ (1987) ได้ศึกษาการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินเขตอบอุ่น โดยใช้แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ทดสอบ ซึ่งภายในเซลล์ของแบคทีเรียประกอบด้วย ^{15}N จำนวนหนึ่ง นำแบคทีเรียดังกล่าวมาบ่ม (incubate) ในดินที่มี ^{15}N อยู่ตามธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไป 10 วันพบว่าแบคทีเรียที่บ่มไว้ลดจำนวนลง ในขณะที่เดียวกันพบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเป็น ^{15}N ในสารละลายดินเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์แบคทีเรียมี turnover time ที่สั้น ถูกทำให้สลายตัวและปลดปล่อย ^{15}N ภายในเวลาเพียง 10 วัน

2.5 การประเมินปริมาณจุลินทรีย์โดยการวัดปริมาณธาตุอาหารในเซลล์ของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุซึ่งมีปริมาณเพียง 1-4% แต่นับเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน (Sparling, 1991) การประเมินปริมาณจุลินทรีย์ในดินทำได้หลายวิธี ทั้งโดยการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตโดยตรง หรือโดยการวัดปริมาณธาตุอาหารและสารประกอบบางชนิดที่ออกมาจากเซลล์ของจุลินทรีย์ วิธีที่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ วิธีการวัดมวลจุลินทรีย์ในดิน โดยวัดจากปริมาณธาตุอาหารจาก

เซลล์จุลินทรีย์ เนื่องจากวิธีวัดปริมาณจุลินทรีย์โดยนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย หากผู้ทำการทดลองขาดความชำนาญในการแยกเซลล์ที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต

การประเมินปริมาณจุลินทรีย์ในดินโดยวัดจากปริมาณธาตุอาหารจากเซลล์จุลินทรีย์ เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือได้ดีกว่าการนับจำนวนเซลล์ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารต่างๆ เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส หรือกำมะถัน ในเซลล์จุลินทรีย์มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณมวลชีวภาพ(biomass) ของจุลินทรีย์ กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณธาตุอาหารต่างๆในเซลล์จุลินทรีย์มากก็จะมีมวลชีวภาพมาก

การวัดปริมาณธาตุอาหารจากเซลล์ทำได้โดยทำให้เซลล์แตก(autolysis) โดยใช้วิธีรมดิน(fumigation) ด้วยสารเคมีต่างๆ เช่น คลอโรฟอร์ม เมทิลโบรไมด์ หรือ คาร์บอนไดซัลไฟด์ แล้วจึงวัดปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารจากเซลล์จุลินทรีย์ที่แตกตามสมการที่ 1

$$\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการรมดิน} = \frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก การรมดิน}}{\text{ค่าที่แสดงการ recovery ของธาตุอาหาร จากปริมาณที่มีจริงในเซลล์จุลินทรีย์}} \dots (1)$$

การหาปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยจากเซลล์จุลินทรีย์ในดิน ทำได้โดยการบ่ม (incubation) และการสกัด(extraction) ซึ่งมีผลให้การวัดปริมาณจุลินทรีย์จากธาตุอาหารในเซลล์โดยการรมดินมี 2 วิธี คือ

2.5.1 วิธี การรมดินด้วยสารเคมีตามด้วยการบ่มดิน (Fumigation-incubation technique)

วิธีนี้นิยมใช้กับการหาปริมาณจุลินทรีย์ในดิน โดยวัดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) และอนินทรีย์ไนโตรเจน(inorganic-N) ซึ่งเกิดจากประชากรของจุลินทรีย์ใหม่ที่เข้าย่อยสลายประชากรเดิมที่ถูกทำลาย(autolysis)ในดิน

Jenkinson (1988b) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคาร์บอน(C)ในเซลล์จุลินทรีย์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายเซลล์เดิมที่มีอยู่ โดยใช้ค่าเป็นตัวจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 2

$$\text{ปริมาณคาร์บอนจากเซลล์ จุลินทรีย์} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายเซลล์ที่ถูกทำลาย}}{K_c} \dots\dots (2)$$

K_c คือ ค่าการ recovery ของธาตุคาร์บอนในเซลล์จุลินทรีย์ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ในดินที่มี pH มากกว่า 5.5 มีค่าไม่เกิน 0.45 อย่างไรก็ตาม Nicolardot และคณะ [(1984) อ้างตาม Jenkinson (1988b)] กล่าวว่า pH จะควบคุมปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ในดินที่มี pH ต่ำจะทำให้จุลินทรีย์ในดินมีกิจกรรมต่ำกว่าปกติ ซึ่งมีผลทำให้ค่า K_c ต่ำกว่า 0.45 ดังนั้นค่า $K_c = 0.45$ จะใช้ได้เฉพาะในกรณีที่ดินมี pH 5.0–8.5 เท่านั้น นอกจากนั้นการวัดปริมาณคาร์บอนในเซลล์จุลินทรีย์โดยวัดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังไม่สามารถใช้ได้กับดินที่ได้รับอินทรีย์วัตถุใหม่เป็นปริมาณมาก เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเองจะทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น

Shen และคณะ (1984) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณจุลินทรีย์ในดินกับปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน ที่ได้จากกระบวนการ mineralization โดยจุลินทรีย์ที่เดิมไปใหม่ โดยบ่มดินที่ถูกรวมแล้วกับจุลินทรีย์ที่เดิมเข้าไปใหม่ไว้ระยะเวลาหนึ่ง (10 วัน) เพื่อก่อให้เกิดกระบวนการ mineralization แล้วจึงสกัดอนินทรีย์ไนโตรเจนจากดินด้วย 0.5 M K_2SO_4 จากนั้นวัดปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+-N และ NO_3^-N) โดยวิธี Kjeldahl ปริมาณ (ความเข้มข้น) ของอนินทรีย์ไนโตรเจน และมวลชีวภาพของจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กันดังในสมการที่ 3

$$\frac{\text{ความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจนจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์}}{\text{ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่เพิ่มขึ้นจากการย่อยของเซลล์จุลินทรีย์}} = \dots\dots (3)$$

K_n

K_n คือ ค่าการ recovery ของอินทรีย์ไนโตรเจนที่ประชากรจุลินทรีย์ใหม่ทำการ mineralize อินทรีย์ไนโตรเจน จากประชากรเดิม = 0.68 แต่อย่างไรก็ตามค่า $K_n = 0.68$ ที่ใช้มีข้อจำกัดใช้ได้กับดินที่มี pH 5.0-8.5 และไม่อาจใช้กับดินที่ได้รับอินทรีย์วัตถุเป็นปริมาณมากๆ ได้ (Shen et al., 1984)

2.5.2 วิธีการรมดินด้วยสารเคมีตามด้วยการสกัดดิน (fumigation-extraction technique)

วิธีการนี้เป็นการหาปริมาณธาตุอาหารในดินที่มาจากเซลล์จุลินทรีย์ดินที่ถูกทำลายโดยทำให้เซลล์แตก ใช้สารสกัดทางเคมีที่เหมาะสมสกัดธาตุอาหาร แล้วจึงนำมาวัดความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินส่วนที่มาจากเซลล์จุลินทรีย์ นิยมใช้กับธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน Brookes และคณะ (1985a) กล่าวว่า วิธีการประเมินธาตุอาหารในดินโดยวิธีนี้จะให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าโดยวิธีการรมดินแล้วตามด้วยการบ่ม เนื่องจากธาตุอาหารบางส่วนวัดไม่ได้ เนื่องจากเกิดกระบวนการ immobilization ในระหว่างขั้นตอนของการบ่มดิน นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่หาความเข้มข้นของธาตุอาหารจากเซลล์จุลินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าวิธีรมดินตามด้วยการบ่มอีกด้วย (Tate et al., 1988) วิธีการสกัดหาปริมาณธาตุอาหารต่างๆหลังจากการรมดิน มีดังต่อไปนี้

1. การหาปริมาณมวลชีวภาพจากอินทรีย์คาร์บอน(organic-C) หลังจากรมดินแล้วสกัดอินทรีย์คาร์บอนในสารละลายดินด้วย $0.5 \text{ M K}_2\text{SO}_4$ ทันที โดยหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีของ Walkley และ Black (1934) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและมวลชีวภาพของจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กัน ดังในสมการที่ 4

$$\text{ความเข้มข้นของคาร์บอนจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์} = \frac{\text{ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่เพิ่มขึ้นจากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์}}{K_{ec}} \dots (4)$$

K_{ec} คือ ค่าการ recovery ของอินทรีย์คาร์บอนจากธาตุคาร์บอนทั้งหมดในเซลล์จุลินทรีย์ซึ่งมีค่าเฉลี่ย = 0.33 (Tate et al., 1988)

อย่างไรก็ตาม Sparling และ West (1988) ให้ความเห็นว่า ค่า K_{ec} จะเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน เมื่อดินมีอินทรีย์วัตถุมากกว่า 10% K_{ec} จะเท่ากับ 0.37 เนื่องจากอินทรีย์วัตถุสามารถสลายตัวให้อินทรีย์คาร์บอนได้ ทำให้วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าในความเป็นจริง และในกรณีที่ดินมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 10% จึงจะใช้ค่า K_{ec} เท่ากับ 0.33 อย่างไรก็ตาม Sparling (1991) ได้เสนอว่าควรใช้ค่าเฉลี่ยของ K_{ec} คือ 0.35

2. การหาปริมาณมวลชีวภาพในไตรเจน (microbial biomass N) ทำได้ 2 วิธี คือ 1) การหาปริมาณมวลชีวภาพในไตรเจนจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) จากเซลล์ และ 2) จากปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+-N) จากเซลล์

2.1 การหาปริมาณไนโตรเจนจากมวลชีวภาพในรูปไนโตรเจนทั้งหมด (total N) จากเซลล์จุลินทรีย์ หลังจากกรมดินแล้วสกัดดินด้วย 0.5 M K_2SO_4 หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนจากมวลชีวภาพ หาได้จากสมการที่ 5 (Brookes et al., 1985b)

$$\text{ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่} \\ \text{ความเข้มข้นของไนโตรเจน} \quad \text{เพิ่มขึ้นจากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์} \\ \text{จากมวลชีวภาพ} = \frac{\text{เพิ่มขึ้นจากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์}}{K_m} \dots\dots\dots (5)$$

K_m คือ ค่า recovery ของการ mineralization ของธาตุไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.68 (Brookes et al., 1985b)

Brookes และคณะ (1985a) ได้ศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนียมที่ถูกปลดปล่อยจากเซลล์จุลินทรีย์ หลังจากถูกรมด้วยคลอโรฟอร์ม พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเซลล์จุลินทรีย์ที่ปลดปล่อยสู่สารละลายดินจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาผ่านไป และคงที่เมื่อใช้ระยะเวลาการหมักนานกว่า 5 วัน แต่ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยจากเซลล์จุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้น ทำให้ Brookes และคณะ (1985a) เสนอว่าควรใช้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในการศึกษา

ไนโตรเจนในมวลชีวภาพจะมีความแน่นอนกว่าใช้ปริมาณแอมโมเนียม และยังพบว่าความยาวนานของการรบกวนดินจะทำลายเซลล์จุลินทรีย์ได้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณในมวลชีวภาพมีความถูกต้องยิ่งขึ้น จึงได้เสนอสมการในการคำนวณมวลชีวภาพดังในสมการที่ 6

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของไนโตรเจน} & \text{ทั้งหมดในดินที่} \\ \text{ในมวลชีวภาพเมื่อรบกวน} & \text{เพิ่มขึ้นจากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์} \\ \text{นาน 1 วัน และ 5 วัน} & = \frac{\text{ประสิทธิภาพของการทำลายเซลล์เมื่อรบกวน}}{\text{ดินนาน 1 วัน และ 5 วัน}} \times K_m \dots (6) \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพของการทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ 1 วัน = 0.79 และ 5 วัน = 1.01 และ K_m คือ ค่า recovery ของการ mineralized ของธาตุไนโตรเจน = 0.68 ซึ่งมีค่าเดียวกับ K_m ซึ่งใช้วิธีการรบกวนดินตามด้วยการบ่มดิน (Brookes *et al.*, 1985a)

2.2 การหาปริมาณไนโตรเจนในมวลชีวภาพจากปริมาณแอมโมเนียม ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) จากเซลล์ของจุลินทรีย์

เซลล์ที่ถูกทำให้แตกจะปลดปล่อย α -amino acid สู่สารละลายดิน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ได้ (Jenkinson, 1988b) Amato และ Ladd (1988) ได้สกัดแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่ได้โดยใช้ 2 M KCl แล้วนำสารละลายนี้ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ninhydrin ซึ่งจะเกิดสารละลายสีม่วงแดงตามปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียมในสารละลาย ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนมวลชีวภาพหาได้จากสมการที่ 7

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของไนโตรเจนจากมวลชีวภาพ} & = m \times \text{ความเข้มข้นของแอมโมเนียม} \\ & \text{ที่ได้จากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์} \dots (7) \\ & = 3.1 \times \text{ความเข้มข้นของแอมโมเนียม} \\ & \text{ที่ได้จากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์} \dots (8) \end{aligned}$$

(Jenkinson, 1988b)

3. การหาปริมาณมวลชีวภาพจากปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ หลังจากที่เซลล์ถูกทำให้แตก สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดิน ซึ่งสามารถสกัดด้วย 0.5 M NaHCO_3 แล้วจึงวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยวัดความเข้มข้นของสีน้ำเงินตามวิธีของ Murphy และ Riley [(1962) อ้างตาม Brookes *et al.* (1982)] ปริมาณฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพหาได้จากสมการที่ 8 (Brookes *et al.*, 1982)

$$\text{ความเข้มข้นของอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นจากการแตกเซลล์จุลินทรีย์} = \frac{\text{ความเข้มข้นของอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นจากการแตกเซลล์จุลินทรีย์}}{K_p} \dots\dots\dots (9)$$

K_p คือ ค่าการ recovery ของอินทรีย์ฟอสฟอรัส = 0.40 (Brookes *et al.*, 1982)

อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อจำกัดคือ สารสกัด NaHCO_3 ไม่สามารถสกัดอินทรีย์ฟอสฟอรัสจากดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 ได้ (Klages *et al.*, 1988)

4. การหาปริมาณมวลชีวภาพจากปริมาณอินทรีย์กำมะถันในเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยสกัดดินที่ผ่านการรมด้วยสารสกัด 0.1 M CaCl_2 หรือ 0.1 M NaHCO_3 แล้วจึงนำวัดหาปริมาณกำมะถันทั้งหมด (total S) ความสัมพันธ์ของอินทรีย์กำมะถันและมวลชีวภาพหาได้จากสมการที่ 10 (Saggar *et al.*, 1981)

$$\text{ความเข้มข้นของกำมะถันจากมวลชีวภาพ} = \frac{\text{ความเข้มข้นของอินทรีย์กำมะถันทั้งหมดในดินที่เพิ่มขึ้นจากการแตกของเซลล์จุลินทรีย์}}{K_s} \dots\dots (10)$$

K_s คือ ค่าการ recovery ของกำมะถันทั้งหมด = 0.31 เมื่อสกัดกำมะถันด้วย CaCl_2 และ = 0.41 เมื่อสกัดด้วย NaHCO_3 (Saggar *et al.*, 1981)

อย่างไรก็ตามวิธีการหามวลชีวภาพจากปริมาณอินทรีย์กำมะถันในเซลล์จุลินทรีย์ ยังไม่สามารถใช้ได้ดีในดินที่มีอินทรีย์กำมะถันน้อยกว่า 2 ppm ได้ (Tabatabai [(1982) อ้างตาม Wu *et al.*, (1994)] ทำให้วิธีการนี้ยังไม่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย

การศึกษามวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน ใช้ทำนายความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะในส่วนของ การหมุนเวียนธาตุอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์มี turnover time ที่สั้น

การศึกษามวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน ทำได้ทั้งทางตรงโดยการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต และโดยทางอ้อมโดยการวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ หรือธาตุอาหาร หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จุลินทรีย์ปลดปล่อยออกหลังจากถูกทำให้เซลล์แตก วิธีประเมินปริมาณจุลินทรีย์วิธีอ้อมเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีตรง เนื่องจากมีความผิดพลาดน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามการวัดปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์โดยวิธีอ้อมยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่

1. ค่าการ recovery ที่หาได้จากปริมาณธาตุอาหารจากเซลล์จุลินทรีย์ ได้แก่ ค่า recovery จากปริมาณมวลชีวภาพคาร์บอน (K_{ec}) มวลชีวภาพไนโตรเจน (K_n) และมวลชีวภาพฟอสฟอรัส (K_p) จะเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ใช้โดยทั่วไป หากดินมี pH ต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 8.5

2. วิธีการหามวลชีวภาพกำมะถันยังไม่สามารถใช้ได้ดีในดินที่มีอินทรีย์กำมะถันน้อยกว่า 2 ppm

งานที่ศึกษาทางด้านมวลชีวภาพในดิน ส่วนใหญ่นิยมศึกษาโดยใช้มวลชีวภาพคาร์บอนและมวลชีวภาพไนโตรเจน ดังเช่นในงานของ Jenkinson และ Powlson (1976); Lynch และ Panting (1980); Powlson และ Brookes (1987) และ Martikainen และ Palojarvai (1990) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการหามวลชีวภาพคาร์บอนและมวลชีวภาพไนโตรเจน เป็นวิธีการที่ให้ข้อมูลเที่ยงตรงกว่าวิธีการหามวลชีวภาพฟอสฟอรัสและมวลชีวภาพกำมะถัน

งานทางด้านอิทธิพลของทุ่งหญ้าที่มีต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำในเขตอบอุ่นและเขตกึ่งร้อน ได้แสดงให้เห็นว่าทุ่งหญ้าทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นกว่าดินที่ไม่ทำทุ่งหญ้า ทั้งนี้เนื่องจากดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น โดยทำให้ดินมีเม็ดดิน (soil aggregate) เพิ่มมากขึ้น และความหนาแน่นรวม (bulk density) ลดน้อยลง คุณสมบัติทางเคมีดีขึ้น โดยทำให้ดินมีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น และอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น ส่วนคุณสมบัติทางชีวภาพนั้น ดินทุ่งหญ้ามีมวลชีวภาพคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เพิ่มมากขึ้น

งานศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภายใต้ระบบทุ่งหญ้า ซึ่งส่งผลถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่ที่ปลูกตาม ได้เริ่มศึกษาโดย Gibson (1988) และตามมาด้วยงานของ พรรณทิพา และคณะ (2532) โดยศึกษาการเจริญเติบโตของพืชไร่ที่ปลูกตามดินปลูกทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ที่เป็นถั่วลิ้วน อายุ 2 ปี พบว่าพืชไร่มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตพืชไร่ชนิดเดียวกันที่ปลูกในบริเวณใกล้เคียงที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนในดินทุ่งหญ้า งานศึกษาอิทธิพลของทุ่งหญ้าต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินต่างที่กล่าวมา ส่วนใหญ่ยังไม่มีการศึกษาปัจจัยชนิดทุ่งหญ้า และความยาวนานของการปลูกทุ่งหญ้า นอกจากนี้ยังมิได้มีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยมวลชีวภาพภายใต้ระบบทุ่งหญ้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

งานทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเอาปัจจัยชนิดของทุ่งหญ้า และปัจจัยความยาวนานของการปลูกหญ้ามาทำการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และได้ศึกษาเพิ่มเติมในด้านการวินิจฉัยคุณสมบัติทางเคมีและจุลชีววิทยาที่เป็นตัวชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืชไร่ที่ปลูกตาม จึงนับว่าเป็นการทำงานต่อเนื่องจากข้อมูลที่ได้มาแล้วจากงานวิจัยก่อนหน้า