เค้าโครงผลงานที่จะส่งประเมิน ตำแหน่งประเภทวิชาการ ระดับผู้เชี่ยวชาญ

ของ นางจันจิรา แสงสีเหลือง

เพื่อประกอบการพิจารณาประเมินบุคคล ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ

(นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ)

ตำแหน่งเลขที่ ๕ สังกัด กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

ลำดับที่ ๓

๑. เรื่อง การจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน

๒. วัตถุประสงค์

๒.๑ จัดทำเอกสารวิชาการการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน

๒.๒ รวบรวมข้อมูลปริมาณ ชนิด องค์ประกอบของธาตุอาหาร และเทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร และการใช้ประโยชน์ในการบำรุงดินเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช

๒.๓ ใช้เป็นแนวทางในการจัดทำเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการจัดการอินทรียวัตถุและการฟื้นฟูคุณภาพดินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่

๓. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินงาน ดำเนินการ ๖ เดือน (มกราคม ๒๕๖๖ - มิถุนายน ๒๕๖๖)

๔. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

๔.๑ ความรู้ด้านปฐพีวิทยา

๔.๒ ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

๔.๓ ความรู้ด้านเกษตรศาสตร์

๕. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

๕.๑ หลักการเหตุผล

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) ได้มีการสำรวจข้อมูลความมั่นคงทางอาหารเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) เป้าหมายที่ ๒ การยุติความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหาร ยกระดับโภชนาการ และส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืน พบสัดส่วนของประชากรที่เผชิญกับความยากลำบากปานกลางหรือรุนแรงในการเข้าถึงอาหารในระดับบุคคลและระดับครัวเรือน (Severity of food insecurity) ซึ่งความรุนแรงของความไม่มั่นคงทางอาหาร (Severe Food Insecurity) ไม่เฉพาะประเทศที่ด้อยพัฒนาหรือกำลังพัฒนาเท่านั้น แต่ประเทศที่พัฒนาแล้วก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน ในปี ค.ศ. ๒๐๑๗ ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีประชาชนที่เผชิญกับความรุนแรงมีจำนวน ๖๖ ล้านคน ซึ่งเพิ่มมากขึ้นกว่าปี ค.ศ. ๒๐๑๔ จำนวน ๒๐ ล้านคน (FAO, ๒๐๑๙) ประชากรโลกจำนวน ๘๒๑ ล้านคน (หรือ ๑ ใน ๙ ของประชากรทั่วโลก) กำลังตกอยู่ภายใต้ภาวะขาดสารอาหาร โดยภูมิภาคที่มีการเผชิญกับการขาดสารอาหารมากที่สุดได้แก่ ภูมิภาคเอเชีย จำนวน ๕๑๒ ล้านคน รองลงมาคือ ภูมิภาคแอฟริกา จำนวน ๒๕๗ ล้านคน ภูมิภาคอเมริกาใต้ และ อเมริกาเหนือ จำนวน ๔๐ และ ๒๘ ล้านคน ตามลำดับ และจากการ

คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. ๒๐๕๐ ประชากรจะมีจำนวนเพิ่มสูงถึง ๙.๗ พันล้านคน (UN, ๒๐๑๙) ซึ่งสะท้อนถึงวิกฤตความมั่นคงทางอาหาร ขณะที่ประเทศไทยมีแนวทางพัฒนาเพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยได้กำหนดไว้ในแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี ประเด็น การพัฒนาการเกษตร แผนย่อยการพัฒนาระบบนิเวศการเกษตร เกี่ยวกับแนวทางการสร้างความมั่นคงอาหารให้กับครัวเรือนเกษตรกรและชุมชน แต่ประเทศไทยมีปัญหาด้านทรัพยากรดินมีความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว เนื่องการชะล้างพังทลายของดินโดยการพัดพาของน้ำ และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่องแต่ขาดปรับปรุงดินอย่างจริงจัง ประกอบกับปัญหาการบุกรุกทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่ทำการเกษตรกรรมในพื้นที่ลาดชัน ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุในดินลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อตัวทรัพยากรดินเป็นเหตุให้ดินมีกำลังการผลิต (productivity) ลดลง และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่อยู่ระดับต่ำ สถานภาพดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทยภาพรวมของปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีระดับปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (< ๑.๕ เปอร์เซ็นต์) มากที่สุดคือ ร้อยละ ๘๖.๓๖ รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ ๕๙.๙๕ ๕๒.๔๗ ๔๓.๖๗ และ ๒๙.๑๔ ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, ๒๕๕๘) และมีพื้นที่การชะล้างพังทลาย ๑๐๘.๘๗ ล้านไร่ (กองแผนงาน, ๒๕๕๙) ดังนั้นการฟื้นฟูดินทั้งด้านการปรับปรุงดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ จึงเป็นแนวทางที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่นำไปสู่การแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรม และเพิ่มผลิตภาพของดิน

อย่างไรก็ตามประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการปลูกพืชหลากหลายชนิด และมีการขยายตัวอย่างมากทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรโดยการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่าง ๆ จึงทำให้วัสดุเหลือใช้มีหลากหลายชนิด มีสมบัติที่แตกต่างกัน และมีศักยภาพในการนำมาปรับปรุงบำรุงดิน ประกอบกับข้อมูลทางด้านนี้ยังมีไม่มากนัก ซึ่งเป็นข้อจำจัดในการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ นอกจากนี้การทิ้งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้โดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการเผาทิ้งทำให้เกิดมลพิษ และปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นได้ (Sadh *et al*., ๒๐๑๘) แต่ในทางตรงกันข้ามหากมองถึงศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวแล้ว สามารถสร้างประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการนำไปทิ้งหรือทำลาย ไม่ว่าจะเป็นการนำมาผลิตและเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานหรือการนำกลับมาใช้ภาคการเกษตร ซึ่งวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวเป็นแหล่งอินทรีย์คาร์บอน ธาตุอาหารพืช สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์จากธรรมชาติที่สำคัญ สามารถนำมาผลิตและเปลี่ยนแปลงเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและวัสดุปรับปรุงดิน เช่น เศษพืช มูลสัตว์ หรือผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่จากของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร เช่น วัสดุเหลือใช้จากผลิตน้ำตาล อาหารทะเลแปรรูป น้ำมันปาล์ม แป้งและผลิตภัณฑ์ และผักและผลไม้กระป๋อง เป็นต้น ปัจจุบันวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรภายในประเทศมีกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของแต่ละพื้นที่ ซึ่งข้อมูลปริมาณและชนิดวัสดุเหลือใช้ยังไม่ถูกรายงานเป็นเอกสารหรือฐานข้อมูลที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในระดับนโยบายและเชิงพื้นที่ได้ ดังจะเห็นได้มีการประเมินวัสดุเหลือใช้จากหลายหน่วยงาน และหลักเกณฑ์ในการประเมินที่แตกต่างกัน เช่น กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (๒๕๕๖) ใช้วิธีการประเมินจากผลผลิตพืชคูณด้วยค่าคงที่เป็นต้น ดังนั้นหากพื้นที่เกษตรกรรมมีการหมุนเวียนชีวมวลที่เหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์จากวัสดุดังกล่าวจะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรดิน และคุณภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้วัสดุเหลือใช้ชนิดต่าง ๆ ยังมีธาตุอาหารหลายชนิด ซึ่งสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมี (Amundson *et al*., ๒๐๑๕) ปริมาณและคุณภาพของอินทรียวัตถุจากภายนอกที่นำไปใช้มีผลต่อคุณสมบัติของดิน (Diacono และ Montemurro, ๒๐๑๐) นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อการฟื้นฟูดินเพิ่มศักยภาพของดินให้สูงขึ้น ซึ่งจากการประเมินวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในปีการผลิต พ.ศ. ๒๕๕๖ มีปริมาณมากถึง ๑๓๔.๑๓ ล้านตัน

(กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๖) ถ้าใช้ผลิตเป็นปุ๋ยหมักเทียบเท่ากับปริมาณ ๕๓.๖๕ ล้านตัน จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงดิน สามารถนำมาวางแผนเพื่อขับเคลื่อนนโยบายใช้สารอินทรีย์ทดแทนสารเคมีทางการเกษตร/เกษตรอินทรีย์ โดยจำเป็นต้องพิจารณารายละเอียด ชนิด ปริมาณวัสดุ ซึ่งปัจจุบันมีการประเมินปริมาณชีวมวลวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลากหลายวิธีการ จึงจำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์วิธีการประเมินชีวมวลที่เหมาะสมเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

ดังนั้นเอกสารวิชาการ เรื่อง การจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณ ชนิด องค์ประกอบของธาตุอาหาร และเทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลวิธีการประเมินศักยภาพวัสดุ และเทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม รวมทั้งเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการจัดการอินทรียวัตถุ และการใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดินเพิ่มธาตุอาหารเพื่อฟื้นฟูดิน อีกทั้งจัดทำแนวทางการจัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรในการปรับปรุงบำรุงดินในการนำมาใช้ประโยชน์การส่งเสริมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการวางแผนการผลิตของกลุ่มผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์และภาคอุตสาหกรรมสามารถจัดการวัสดุเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ และแนวทางประยุกต์นำไปใช้ประโยชน์ในระบบเกษตรอัจฉริยะ เพื่อช่วยทำให้ทรัพยากรดินกลับมามีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช

๕.๒ ขั้นตอนและวิธีการ

๕.๒.๑ กำหนดกรอบ ขอบเขตของเนื้อหาของเอกสารคู่มือทางวิชาการ

๕.๒.๒ รวบรวมเอกสารข้อมูล ได้แก่

(๑) รวบรวมเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานภาพของทรัพยากรดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินประเทศไทย

(๒) รวบรวมเอกสารข้อมูล ผลงานวิจัย แหล่งวัสดุ ปริมาณธาตุอาหาร วิธีการประเมินประมาณมวลชีวภาพ และการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

(๓) รวบรวมเอกสารข้อมูล ผลงานวิจัย แหล่งวัสดุ ปริมาณธาตุอาหาร การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตร

(๔) รวบรวมเอกสารข้อมูลเทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อใช้ประโยชน์ในการบำรุงดิน เพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชในดิน

๕.๒.๓ วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดเตรียมเค้าโครงการจัดทำคู่มือ และรายละเอียดของเนื้อหา

๕.๒.๔ จัดทำเอกสารวิชาการ

๕.๓ ผลการศึกษา

๕.๓.๑ สถานภาพของทรัพยากรดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ทรัพยากรดินที่ใช้ทำการเกษตรของประเทศไทยพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยมีปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (๒๕๕๘) ว่า พื้นที่ในประเทศไทยมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำมากสุดถึงร้อยละ ๔๙.๓๘ ระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางร้อยละ ๔๔.๐๗ และระดับความอุดมสมบูรณ์สูงร้อยละ ๖.๕๘ โดยพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำมากที่สุดคือ ร้อยละ ๗๑.๕๓ รองลงมาได้แก่ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ ๖๗.๒๘ ๔๗.๖๘ ๒๕.๑๐ และ ๑๑.๑๙ ตามลำดับ สาเหตุที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินทรายมีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในดินต่ำ นอกจากสาเหตุทางธรรมชาติแล้ว

ยังพบว่ากิจกรรมของมนุษย์ก็ส่งผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยในอดีตมากกว่า ๕๐ ปีที่ผ่านมานี้ มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระบบนิเวศป่าไม้มาเพื่อทำการเกษตร โดยเฉพาะระบบการเกษตรเชิงเดี่ยวซึ่งเป็นระบบที่ขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและอนุรักษ์ดินอย่างเพียงพอ ทำให้ดุลยภาพของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงไปในทางลบ ดินเกิดการกร่อน และการชะล้างธาตุอาหารสูง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง ส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง และมีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงและดินเกิดสภาพเสื่อมโทรมเพิ่มขึ้น

ทรัพยากรดินของประเทศมีลักษณะและสมบัติดินเฉพาะตัวแตกต่างกันไป ดินส่วนใหญ่ที่พบในประเทศไทยเป็นดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ กรมพัฒนาที่ดิน (๒๕๕๘) ได้จัดข้อมูลทรัพยากรดินในแต่ละภูมิภาคตามกลุ่มชุดดิน และกลุ่มเนื้อดินได้จากการรวมกลุ่มชุดดินที่มีลักษณะเนื้อดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรไม่แตกต่างกันมากนักมาอยู่ในกลุ่มเนื้อดินเดียวกัน ประกอบด้วย ทรัพยากรดินของภาคเหนือ ทรัพยากรดินของภาคเหนือ ทรัพยากรดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทรัพยากรดินภาคตะวันออก และทรัพยากรดินภาคใต้

๕.๓.๒ ความสำคัญ การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน และอินทรียวัตถุต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

๑) สถานภาพของอินทรีย์คาร์บอนในดินของโลก

แหล่งคาร์บอน (carbon pools) บนโลกสามารถแบ่งออกเป็นแหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่ แหล่งที่อยู่ในดิน (pedosphere) แหล่งที่อยู่ในบรรยากาศ (atmosphere) แหล่งที่อยู่ในน้ำ (hydrosphere) แหล่งที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตบนบก (biosphere) และแหล่งที่อยู่ในชั้นหิน (lithosphere) โดยดินมีปริมาณคาร์บอนในรูปของอินทรีย์คาร์บอนประมาณ ๒,๔๐๐ เพตะกรัม (Pg) (๑ Pg = $๑๐^{๑๕}$ กรัม) หรือคิดเป็น ๓.๒ เท่าของปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในบรรยากาศ และคิดเป็น ๔.๔ เท่าของปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในชีวมวลของสิ่งมีชีวิตบนบก (อภิรักษ์ และคณะ, ๒๕๖๐) ดังนั้นการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนในดิน (soil organic carbon; SOC) ส่งผลเสียไม่เพียงแต่สุขภาพของดินและการผลิตอาหาร แต่ยังทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงขึ้น อินทรีย์คาร์บอนในดิน คือ คาร์บอนที่ยังคงอยู่ในดินหลังจากย่อยสลายบางส่วนของวัสดุโดยสิ่งมีชีวิต ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของวัฏจักรคาร์บอน อินทรีย์คาร์บอนในดิน มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องผลิตผลที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตในดินและอินทรีย์คาร์บอนในดินเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุในดินประมาณร้อยละ ๕๘ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในดิน สนับสนุนบทบาทสำคัญของดิน รักษาเสถียรภาพของโครงสร้างดิน การเก็บรักษาและการ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืช การแทรกซึมและการจัดเก็บน้ำในดิน ดังนั้นอินทรีย์คาร์บอนในดินจึงมีความจำเป็นต่อสุขภาพของดิน ความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพการผลิตอาหารของดิน และการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนในดินบ่งชี้บ่งถึงระดับความเสื่อมโทรมของดินด้วย ซึ่งอินทรีย์คาร์บอนในดินมีทั้งในรูปที่เป็นสารประกอบอย่างง่ายและสารประกอบที่ซับซ้อนซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการสลายตัวและบทบาทภายในระบบดิน โดยปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินจะผันแปรไปตามสมบัติและลักษณะของดิน พืชพรรณธรรมชาติ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในอดีตและปัจจุบัน (FAO, ๒๐๑๗; อรรณพ, ๒๕๕๙; อภิรักษ์ และคณะ, ๒๕๖๐)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินทั่วโลกมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จากรายงานของ Govers *et al*. (๒๐๑๓) รายงานว่า ที่ระดับความลึกของดิน ๐ - ๓ เมตร มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่งต่างกัน โดยในพื้นที่ป่าเขตร้อนมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ๒๙๑ เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Mg C $ha^{-๑}$) (๑ Mg = ๑๐๖ กรัม) สำหรับพื้นที่ป่าบอเรียลมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ๙๑ Mg C $ha^{-๑}$ ในขณะที่ป่าพรุจะมีปริมาณความหนาแน่นของอินทรีย์คาร์บอนในดินในระดับที่สูงมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งมีมากกว่า ๑,๐๐๐ Mg C $ha^{-๑}$ ส่วนพื้นที่ทำการเกษตรในแคลิฟอร์เนีย โดยเฉลี่ยจะพบอินทรีย์คาร์บอนในดินมีปริมาณค่อนข้างต่ำประมาณ ๑๗๗ Mg C $ha^{-๑}$ ซึ่งการกระจายหรือปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินถูก

ควบคุมโดยทั้งปัจจัยทางธรรมชาติและมนุษย์ ซึ่งดินสามารถกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนได้มากเมื่อมีอัตราการสลายตัวต่ำ (เช่น ในพื้นที่พรุ) หรือเมื่อมีพืชพรรณมาก (เช่นในพื้นที่ป่าฝนเขตร้อน) ในขณะที่ความหนาแน่นปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำจะพบในพื้นที่ทะเลทราย และพื้นที่การเกษตร เนื่องจากมีแหล่งของอินทรีย์คาร์บอนต่ำหรือการกำจัดเศษวัสดุอินทรีย์เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช รวมทั้งมีอัตราการสลายตัวอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงเนื่องจากสภาพอากาศอบอุ่นหรือการรบกวนของดิน หรือรวมกันของทั้งสองอย่าง โดยการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณความหนาแน่นของอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่ละชีวนิเวศ แสดงดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ปริมาณคาร์บอนสต๊อก (C stocks) และความหนาแน่นของคาร์บอนในดินแต่ละชีวนิเวศ

ชีวนิเวศ	พื้นที่ ($๑๐^{๑๒}$ $m^{๒}$)	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Mg C $ha^{-๑}$) ๐ - ๑ m	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Mg C $ha^{-๑}$) ๐ - ๓ m	ปริมาณการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Mg C $ha^{-๑}$) ๐ - ๑ m	ปริมาณการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Mg C $ha^{-๑}$) ๐ - ๓ m
ป่าบอเรียล	๑๒	๙๓	๑๒๕	๑๑๒	๑๕๐
พื้นที่เกษตร	๑๔	๑๑๒	๑๗๗	๑๕๗	๒๔๘
ทะเลทราย	๑๘	๖๒	๑๑๕	๑๑๒	๒๐๘
Sclerophyllous shrubs	๘.๕	๘๙	๑๔๖	๗๖	๑๒๔
ป่าผลัดใบ	๗	๑๗๔	๒๒๘	๑๒๒	๑๖๐
ป่าไม่ผลัดใบเขตอบอุ่น	๕	๑๔๕	๒๐๔	๗๓	๑๐๒
ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น	๙	๑๑๗	๑๙๑	๑๐๕	๑๗๒
ป่าผลัดใบเขตร้อน	๗.๕	๑๕๘	๒๙๑	๑๑๙	๒๑๘
ป่าไม่ผลัดใบเขตร้น	๑๗	๑๘๖	๒๗๙	๓๑๖	๔๗๔
ทุ่งหญ้าสวันนาเขตร้อน	๑๕	๑๓๒	๒๓๐	๑๙๘	๓๔๕
Tundra	๘	๑๔๒	๑๘๐	๑๑๔	๑๔๔
พื้นที่พรุ Peatlands	๓.๕	-	๑๑๔๐-๑๔๓๐	-	๔๐๐-๕๐๐

ที่มา: Govers *et al*. (๒๐๑๓)

การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินพื้นที่เกษตรกรรมประเทศต่าง ๆ ดังนี้ ในประเทศอังกฤษจากรายงานของสถานีทดลองโรแทมสเตท (Rothamsted) พบว่า ระบบการปลูกพืชมีผลต่อการลดความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะการปลูกพืชเชิงเดี่ยวทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลของระบบการปลูกพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินในดินเขตร้อนแถบแอฟริกา ส่งผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และระบบการปลูกพืชแบบชนิดเดียวอย่างต่อเนื่อง เช่น อ้อย พืชเส้นใย ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงมากกว่าระบบพืชหลายชนิด สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากการชะล้างการกร่อนของดินและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่เพียงพอ (Hartemink, ๒๐๐๓) สถานีทดลองประเทศแคนาดา ได้รายงานการจัดการระบบการปลูกพืชหมุนเวียนกับการใส่เศษซากพืชสู่ดินทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดินเพิ่มสูงกว่าดินที่ไม่ใส่ นอกจากนี้การศึกษาทดลองที่สถานีมอร์โรว์ (Morrow) เมืองอิลลินอยส์ประเทศสหรัฐอเมริกา เกี่ยวกับการปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างต่อเนื่อง และการปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างข้าวโพดกับพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวโอ๊ต และพืชตระกูลถั่วสลับกันต่อปริมาณอินทรีย์

คาร์บอนในดินผลการศึกษา พบว่า ระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงถึงร้อยละ ๕๒ เมื่อเทียบกับดินเดิม ในขณะปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินภายใต้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนมีปริมาณลดลงในระดับที่ต่ำกว่าร้อยละ ๑๑ และสะท้อนให้เห็นว่าระบบปลูกพืชหมุนเวียนที่มีการจัดการดินร่วมด้วยอย่างต่อเนื่องนานกว่า ๗๒ ปี สามารถรักษาและเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษาจากแปลงทดลอง มหาวิทยาลัยออเบิร์นในตะวันออกกลางของรัฐอะลาบะมา และแซนบอร์น (Sanborn field) มหาวิทยาลัยมิสซูรี่ เมืองโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ยังพบว่าการจัดการเศษซากพืชสู่ดินมีบทบาททำให้โครงสร้างของดินดีขึ้นเกิดเม็ดดินที่มีความคงทนสูงส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นลดลงมีความซึมผ่านของน้ำเพิ่มขึ้น และสะท้อนให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชหมุนเวียนส่งผลให้ดินมีศักยภาพการผลิตในระยะยาวในขณะที่การปลูกพืชเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นเวลากว่า ๖๐ ปี ทำให้เกิดการกร่อนดินสูงและปริมาณไนโตรเจนลดลงมากกว่าร้อยละ ๓๕ เมื่อเทียบกับดินเดิม (Reeves, ๑๙๙๗; อรรณพ, ๒๕๕๙)

๒) สถานภาพของอินทรียวัตถุของประเทศไทย

อินทรียวัตถุในดินมีบทบาทที่สำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืชผ่านการหมุนเวียนจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน และมีบทบาทต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินบทบาทของอินทรียวัตถุในระยะสั้นมีความสำคัญมากในการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช โดยมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินจะสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็ว ขณะที่อินทรียวัตถุส่วนที่เป็นชิ้นปลดปล่อยธาตุอาหารออกอย่างช้า ๆ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (๒๕๕๘) พบว่า ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (< ๑.๕ เปอร์เซ็นต์) จนถึงปานกลาง (๑.๕ - ๓.๕ เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นร้อยละ ๖๒.๓๓ และ ๓๓.๐๒ ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุระดับต่ำ (< ๑.๕ เปอร์เซ็นต์) พบกระจายสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นร้อยละ ๖๑.๙๑ ของผลวิเคราะห์ดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำทั่วประเทศ เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณอินทรียวัตถุพบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีระดับปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (< ๑.๕ เปอร์เซ็นต์) มากที่สุดคือ ร้อยละ ๘๖.๓๖ รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ ๕๙.๙๕ ๕๒.๔๗ ๔๓.๖๗ และ ๒๙.๑๔ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณของมวลชีวภาพ (biomass) ที่มีน้อยตามธรรมชาติและความแห้งแล้ง ทำให้เกิดการสะสมอินทรียวัตถุในดินน้อยกว่าภาคอื่น ๆ อีกทั้งดินส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายที่มีคุณภาพต่ำ ปริมาณอนุภาคดินเหนียวน้อย ประกอบกับในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระบบนิเวศป่าไม้มาเพื่อทำการเกษตรโดยเฉพาะระบบการเกษตรเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นระบบที่ขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและอนุรักษ์ดินอย่างเพียงพอ ดินเกิดการกร่อนและการชะล้างสูง ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงการสูญเสียอินทรียวัตถุในดินเป็นการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตพืช จากรายงานของ Frances (๒๐๑๓) กล่าวถึงในธรรมชาติการกำเนิดดินเป็นไปอย่างช้า ๆ แต่กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุมีการหมุนเวียนแบบคงที่ คือเมื่ออินทรียวัตถุย่อยสลายไปจะเกิดการแทนที่ขึ้นมาใหม่จากเศษวัสดุ และรากพืชในดิน ซึ่งเป็นการสะสมอินทรียวัตถุ โดยการกระจายตัวของรากและเศษพืช มีผลต่อระดับอินทรีย์คาร์บอนในดิน การสูญเสียอินทรียวัตถุในดินเกิดได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ ทางตรงเกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน ทางอ้อมเกิดจากการสภาพอากาศ การรบกวนดิน การจัดการวัสดุอินทรีย์ และเสถียรภาพของคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในดิน (Yan *et al*., ๒๐๑๓)

๓) สถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินประเทศไทย

สถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินประเทศไทย ผลการตรวจวิเคราะห์และระดับประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินปี ๒๕๔๗ - ๒๕๕๒ แสดงให้เห็นว่าทรัพยากรดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ โดยมีผลการวิเคราะห์ดินจำนวน ๓๕,๕๕๘ จุด หรือคิดเป็นร้อยละ ๔๙.๓๘ ของจุดเก็บตัวอย่างดินทั่วประเทศทั้งหมด รองลงมาคือความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ ๔๔.๐๗ ส่วนระดับความอุดมสมบูรณ์สูงมีเพียงร้อยละ ๖.๕๕ เท่านั้น ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ดินของจุดเก็บตัวอย่างดินที่กระจายตัวตามรายภาค แสดงให้เห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าภาคอื่น ๆ โดยมีผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินร้อยละ ๗๑.๕๓ ที่แสดงถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีการกระจายตัวครอบคลุมแทบทั้งภาค ขณะที่ภาคเหนือและภาคกลางมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง โดยมีผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับปานกลางที่ร้อยละ ๗๐.๔๓ และ ๕๘.๙๕ ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, ๒๕๕๘)

๕.๓.๓ หลักการประเมินคุณภาพดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หลักเกณฑ์การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และวิธีการจัดการคุณภาพดินสำหรับพื้นที่เพาะปลูก (ยงยุทธ, ๒๕๕๗)

๑) หลักการของคุณภาพดิน

คุณภาพดิน เน้นขีดความสามารถของดินแต่ละชนิดในการทำหน้าในสภาพธรรมชาติหรือภายในขอบเขตที่มีการจัดการ เพื่อความสามารถในการผลิตพืชและผลิตสัตว์ โดยคุณภาพของมี ๒ ส่วน คือ

ส่วนที่ ๑ คุณภาพดินที่มาจากภายใน (inherent soil quality) ขึ้นอยู่กับวัตถุธรรมชาติเป็นองค์ประกอบของดิน ซึ่งได้มาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด

ส่วนที่ ๒ คุณภาพดินส่วนที่มีพลวัต (dynamic soil quality) ได้มาจาการประมวลสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงง่าย เมื่อกิจกรรมหรือการจัดการของมนุษย์ ดังนั้นการจัดการที่ทำให้คุณภาพดินส่วนนี้ดีขึ้น หรือดำรงรักษาคุณภาพดินที่ดีอยู่แล้วให้ดีขึ้น จึงจะถือว่าเป็นการจัดการที่นำไปสู่ความยั่งยืน

๒) ตัวชี้วัดบอกคุณภาพดิน

ตัวชี้วัดบอกคุณภาพดิน (Indicators of soil quality) มี ๓ ประเภท คือ ตัวชี้บอกด้านฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ (Alabouvette *et al*., ๒๐๐๔) ดังตารางที่ ๒

๒.๑) ตัวชี้บอกด้านฟิสิกส์ เสถียรภาพทางกายภาพและการค้ำจุน ความสัมพันธ์ของน้ำในดินและพืช ถิ่นที่อยู่ ตัวชี้บอกที่สำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพดิน ได้แก่ โครงสร้างดิน ความหนาแน่นรวม การระบายน้ำ อัตราการซึมน้ำ ความจุความชื้น ความแข็งหรือความทนทานต่อการสอดแทรก

๒.๒) ตัวชี้บอกด้านเคมี วัฏจักรธาตุอาหาร การกรอง ภาวะบัฟเฟอร์ ตัวชี้บอกที่สำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพดิน ได้แก่ pH CEC ธาตุหารพืชที่เป็นประโยชน์ อินทรียวัตถุ เกลือที่ละลายได้ และการปนเปื้อน (โลหะและสารชีวพิษ)

๒.๓) ตัวชี้บอกด้านชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ วัฏจักรธาตุอาหาร การกรอง ตัวชี้บอกที่สำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพดิน ได้แก่ อัตราการหายใจ ไส้เดือน ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ มวลชีวภาพของจุลินทรีย์ ความหลากหลายทางชีวภาพ และเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ อาจทำได้ ๓ วิธี คือ

(1) นับจำนวน หรือหามวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน

(2) วัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น การหายใจของดิน หรือ ศักย์การมินเนอราลไลส์ไนโตรเจน

(3) วัดความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ ความหลากหลายด้านชนิด การทำหน้าที่ และด้านองค์ประกอบเชิงโครงสร้างทางเคมีของเซลล์

ตารางที่ ๒ ตัวชี้บอก (indicators) ที่แนะนำให้ทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพดินในแต่ละด้าน

ปัญหาของดินด้าน	ปัญหาเฉพาะ	ตัวชี้วัดที่ควรประเมิน
ฟิสิกส์	การอัดแน่นของดิน	ความหนาแน่นรวม อัตราการซึมน้ำ ความพรุน การเจริญเติบโตของราก
	แผ่นแข็งผิวดิน	เสถียรภาพของเม็ดดิน การยุ่ยของก้อนดิน สังเกตด้วยสายตา
	การระบายน้ำ	อัตราการซึมน้ำ สภาพการนำน้ำ
	การซึมน้ำของดิน	อัตราการซึมน้ำ เสถียรภาพของเม็ดดิน โครงสร้างดิน
	การกร่อนดิน	สังเกตร่องรอยการกร่อนในพื้นที่ ความลึกของดินเสถียรภาพเม็ดดิน
	กายภาพสมบูรณ์/เสถียรภาพ	เสถียรภาพของเม็ดดิน โครงสร้างดิน การยุ่ยของก้อนดินปริมาณอินทรีย์คาร์บอน
	ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม ความพรุน
เคมีและความอุดมสมบูรณ์	อินทรียวัตถุ/เศษซากพืช	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ร้อยละของพื้นผิวดินที่ปกคลุมด้วยเศษซากพืช
	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	อินทรีย์คาร์บอน pH, CEC, ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ
	สภาพกรดด่าง	pH ความต้องการปูน
	ความเค็ม	การนำไฟฟ้า สังเกตคราบเกลือบนผิวดิน
	สภาพโซดิก	Sodium adsorption ratio (SAR) pH โครงสร้างดิน
ชีวภาพ	สิ่งมีชีวิตในดิน	ไส้เดือนดิน การหายใจของดิน มวลชีวภาพจุลินทรีย์
	พืชเป็นโรค	ความแข็งแรงของพืช สุขภาพของราก ผลผลิต

ที่มา: USDA (๒๐๐๑a, ๒๐๐๑b)

๓) การประเมินคุณภาพดิน ประกอบด้วย แผนงาน ๙ ขั้นตอน (USDA, ๒๐๐๙a) ดังนี้

๓.๑) จำแนกปัญหา ขั้นตอนแรกของการทำงานคือค้นให้พบปัญหาในพื้นที่ โดยศึกษาข้อมูลต่างๆ มีเคยศึกษาและรายงานมาแล้ว

๓.๒) หาเป้าหมายด้านคุณภาพดินที่มุ่งหวัง เพื่อให้ทราบเป้าหมายที่แท้จริงของเกษตรกร เช่น บางรายต้องการปรับปรุงคุณภาพดินในพื้นที่ทั้งแปลง เพื่อเพิ่มรายได้จากการผลิตพืช บางรายพื้นที่ซึ่งมีอยู่บางแปลงดินเสื่อมโทรม ต้องการปรับปรุงเฉพาะแปลงนั้น และบางรายต้องการแก้ปัญหาบางอย่างในพื้นที่

๓.๓) รวบรวมข้อมูลภูมิหลัง ด้วยการปฏิบัติ ๓ ประการ คือ

(๑) สัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของพื้นที่ และบันทึกข้อมูลด้านการใช้และวิธีการจัดการพื้นที่ในอดีต และปัจจุบัน รับทราบประสบการณ์ของเกษตรกรในการใช้ที่ดินและปัญหาที่พบ

(๒) รวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

(๓) รวบรวมข้อมูลดินจากรายงานการสำรวจดิน เพื่อประเมินสมบัติดินจากภายใน นำข้อมูลทั้งหมดมาใช้ประกอบการวางแผนการประเมินคุณภาพดินในขั้นต่อไป การกำหนดตัวชี้บอกซึ่งต้องระบุไว้ในแผนการประเมินคุณภาพดินก็เป็นภาระงานในข้อนี้ ส่วนการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพดิน ต้องให้ความสำคัญในเรื่องข้อมูลชุดดิน ระดับปัญหาการกร่อนดิน ประวัติการจัดการดินของแต่ละแปลง แล้วจึงกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินเพื่อให้ได้ตัวแทนที่เหมาะสม

๓.๔) วิเคราะห์ข้อมูลด้านทรัพยากรดิน ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของทรัพยากรดิน และผลการประเมินตัวชี้บอกตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับระดับคุณภาพของตัวชี้บอกแต่ละตัวและภาพรวมของคุณภาพดิน

๓.๕) วางเกณฑ์ทางเลือก จากผลการประเมินคุณภาพดิน กำหนดแนวทางการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินที่เหมาะสมทั้งแง่หลักการและภาคปฏิบัติ โดยให้ทางเลือกตามสมควร เพื่อเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้เลือกแนวทางที่ตนพึงพอใจและเหมาะกับสภาพเศรษฐกิจของแต่ละราย

๓.๖) ประเมินทางเลือก สำหรับทางเลือกต่างๆ ที่นำเสนอให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินนั้น ควรวิเคราะห์ข้อด้อยและจุดเด่นของแต่ละทางเลือก นอกจากนี้ยังต้องอธิบายผลข้างเคียงทั้งด้านบวกและด้านลบของแต่ละทางเลือกต่อระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ สังคม และวัฒนธรรมความเกี่ยวข้องกับขนาดของฟาร์ม รูปแบบของการทำงานในฟาร์ม ทรัพยากรที่มีใช้ ตลอดจนระบบการทำฟาร์มของเกษตรกร ช่วยเหลือเกษตรกรในการพิจารณาทางเลือกต่างๆ อย่างรอบคอบ

๓.๗) ตัดสินใจ เมื่อเกษตรกรเลือกวิธีการที่เหมาะสมและถูกใจแล้ว ควรช่วยวางแผนการปฏิบัติงานและกำหนดรายละเอียดของการทำงานแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน ในรูปของเอกสารที่เข้าใจง่าย

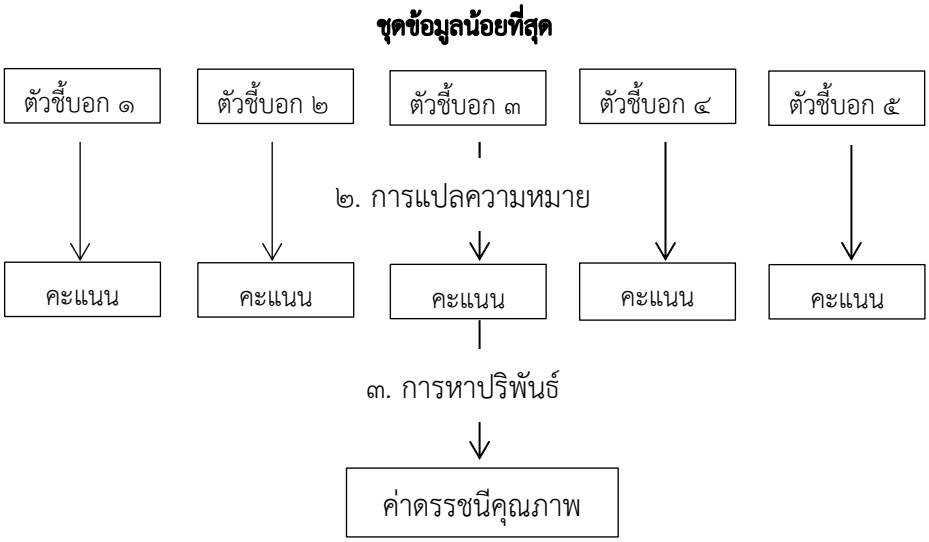
๓.๘) ผลักดันให้บรรลุผลตามแผนงาน ช่วยเหลือเกษตรกรทางเทคนิคที่จำเป็น เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามแผนงานครบถ้วนทุกขั้นตอนและราบรื่น

๓.๙) ประเมินผลสัมฤทธิ์ของแผนงาน เพื่อหาว่า (๑) เกษตรกรปฏิบัติได้ครบทุกขั้นตอนหรือไม่ (๒) มีปัญหาและอุปสรรคใดบ้างในการปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดไว้ (๓) การปฏิบัติตามแผนก่อให้เกิดผลตามความคาดหมายหรือไม่ และ (๔) ควรปรับปรุงแผนงานอย่างไรบ้างเพื่อให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

๔) การออกแบบกรอบของการประเมินด้านการจัดการดิน

การออกแบบกรอบของการประเมินด้านการจัดการดิน (soil management assessment framework, SMAF) มี ๓ ขั้นตอน คือ การเลือกตัวชี้บอก การแปลความหมายตัวชี้บอก และการเลือกตัวชี้บอก การแปลความหมายตัวชี้บอก และการหาปริพันธ์ของข้อมูล (information integration) ซึ่งหมายถึง การนำข้อมูลผลการประเมินตัวชี้บอกทั้งหมดมาคำนวณ แล้วนำผลลัพธ์มาแปลความหมายคุณภาพดิน หรือแปลงไปเป็นค่าดรรชนีคุณภาพดิน หรือแปลงไปเป็นค่าดรรชนีคุณภาพดิน (soil quality index value) ตามกรอบแนวคิดในการวิจัย (conceptual framework) (Anonymous, ๒๐๐๙; Keoepp *et al*, ๒๐๐๐; Parkin *et al,* ๑๙๙๖; Seybold *et al*, ๑๙๙๘; Uphoff, ๒๐๐๖)

๔.๑) กรอบแนวคิดในการวิจัย (conceptual framework) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสำหรับการจัดการดิน (Andrews *et al*., ๒๐๐๔) ดังภาพ



๔.๒) การเลือกตัวชี้บอก

ขั้นตอนแรกของการออกแบบกรอบของการประเมินด้านการจัดการดิน คือ การคัดเลือกสมบัติดินต่างๆ ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายนั้น มาจัดเป็นชุดข้อมูลน้อยที่สุดของตัวชี้บอก (minimum data set of indicators, MDSI) ตัวอย่างของสมบัติดินที่นำมาเลือกเฟ้น แสดงไว้ในตารางที่ ๓

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกตัวชี้บอก คือ

(๑) กำหนดเป้าหมายหลักในการจัดการดินสำหรับพื้นที่นั้นให้ชัดเจน

(๒) เมื่อทราบเป้าหมายหลักในการจัดการดินแล้ว ก็เลือกหน้าที่สำคัญยิ่งของดินที่สัมพันธ์กับเป้าหมายการจัดการนั้น

จำแนกเป้าหมายการจัดการไว้ ๓ อย่าง คือ

(๑) เป้าหมายด้านผลิตภาพ คือการจัดการเพื่อส่งเสริมเพิ่มพูนหรือดำรงไว้ซึ่งระดับของการผลิตพืชเศรษฐกิจ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

(๒) เป้าหมายด้านการหมุนเวียนของเสียจากคอกสัตว์ คือการจัดการมูลสัตว์และของเสียอื่นๆ มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยนำมาใช้ประโยชน์ด้านการปรับปรุงดิน อันเป็นการเพิ่มคุณค่าของสิ่งเหล่านี้

(๓) เป้าหมายด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม คือการใช้วิธีปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มพูนหรือดำรงไว้ซึ่งคุณภาพดิน อากาศและน้ำที่ดี ทั้งในไร่นาและระบบนิเวศ

ตารางที่ ๓ สมบัติต่างๆ ของดินที่มีศักยภาพในการใช้เป็นเครื่องชี้วัดคุณภาพดิน

สมบัติทางฟิสิกส์	สมบัติทางชีวภาพ	สมบัติทางเคมี
1. ความหนาแน่นรวม	17. สุขภาพของรากพืช	28. ฟอสฟอรัส
2. ความพรุน (ช่องขนาดใหญ่)	18. จำนวนไส้เดือนฝอยที่เป็นประโยชน์	29. ไนโตรเจนรูปไนเทรต

3. ความพรุน (ช่องขนาดกลาง)	19. จำนวนไส้เดือนฝอยสาเหตุของโรค	30. โพแทสเซียม
4. ความพรุน (ช่องขนาดเล็ก)	20. ศักย์การมินเนอราลไลส์ในโตรเจน	31. pH
5. ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์	21. อัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุ	32. แมกนีเซียม
6. Residual porosity	22. อินทรียวัตถุที่เป็นชิ้น	33. แคลเซียม
7. Penetration resistance at 10 kPa	23. คาร์บอนกัมมันต์	34. เหล็ก
8. สภาพการนำน้ำเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	24. ปริมาณเมล็ดวัชพืช	35. อะลูมินัม
9. ขนาดเม็ดดินขนาดเล็กที่แห้ง (<0.25 mm)	25. อัตราการหายใจของจุลินทรีย์	36. แมงกานีส
10. ขนาดเม็ดดินขนาดกลางที่แห้ง (0.25-2 mm)	26. โกลมาลิน (glomalin)*	37. สังกะสี
11. ขนาดเม็ดดินขนาดใหญ่ที่แห้ง (2-8 mm)	27. ปริมาณอินทรียวัตถุ	38. ทองแดง
12. เสถียรภาพของเม็ดดินเล็กที่เปียก (0.25-2 mm)		39. สภาพกรดแลกเปลี่ยนได้
13. เสถียรภาพของเม็ดดินโตที่เปียก (2-8 mm)		
14. ความแข็งของผิวดิน		
15. ความแข็งของชั้นดินล่าง		
16. การแทรกซึมน้ำของดิน		

หมายเหตุ: * โกลมาลิน (glomalin) : (1) เป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotian) ที่พบมากในเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราอะบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และ (2) โกลมาลินในโปรตีนที่พบในดินและกรดฮิวมิกมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมอนุภาคดินให้เป็นเม็ดดินมีเสถียรภาพ

๕) การประเมิณและการตัดสินคุณภาพดิน (ยงยุทธ, ๒๕๖๐)

การประเมินด้วยคู่มือประเมินสุขภาพดินของมหาคอร์เนล (Cornell soil health assessment training manual) จากการประเมินตัวชี้ ๓ ส่วน

ส่วนที่ ๑ การประเมินตัวชี้ทางฟิสิกส์ ชีวภาพและเคมี ในห้องปฏิบัติการ

ส่วนที่ ๒ แปลงผลการวิเคราะห์เป็นคะแนน (score) ระหว่าง ๐ – ๑๐๐ โดยมีเกณฑ์การใช้คะแนน ดังนี้

คะแนนต่ำ ๐ – ๓๐

คะแนนปานกลาง > ๓๐ – ๗๐

คะแนนสูง > ๐ – ๓๐

ส่วนที่ ๓ นำคะแนนจากตัวชี้วัดทุกตัวมาหาเฉลี่ยแล้วตัดสินระดับคุณภาพดิน

- ต่ำกว่า ๔๐ คุณภาพดินต่ำมาก

- ต่ำกว่า ๔๐ คุณภาพดินต่ำมาก
- ๔๐ - ๕๕ คุณภาพดินต่ำ
- > ๕๕ - ๗๐ คุณภาพดินปานกลาง
- > ๗๐ - ๘๕ คุณภาพดินสูง
- > ๘๕ คุณภาพดินสูงมาก

๕.๓.๔ หลักการข้อพิจารณาทางเทคนิคในการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

วัสดุใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างคุณค่า หากมีการจัดการอย่างถูกต้อง เนื่องจากวัสดุเศษเหลือมีหลายประเภทและมีความแตกต่างกันการนำมาใช้ประโยชน์ต้องคำนึงทั้งในเรื่องขององค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ การจัดการที่ดีในขบวนการผลิตจะลดผลกระทบต่อสภาะแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศ อันเกิดจากสลายตัวของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว อีกทั้งควรพิจารณาถึงสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ คุณค่าทางอาหารพืช ซึ่งวัสดุเหลือใช้ควรมีคุณค่าทางธาตุอาหารพืช ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในระดับที่พอใช้ แต่ถ้ามีธาตุอาหารที่น้อย ควรมีการจัดการการใช้ประโยชน์ร่วมกับวัสดุชนิดอื่นๆ หรือการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืชลงไป เช่น ปุ๋ยเคมี เป็นต้น

๑) ข้อพิจารณาทางเทคนิคในการนำวัสดุเศษเหลือไปใช้ประโยชน์

วัสดุเศษเหลือมีหลายประเภทและมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องขององค์ประกอบและปริมาณ การนำไปใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาปัจจัยในทางเทคนิค (Smith, ๑๙๘๑) ดังนี้

๑.๑) ความยากง่ายในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological availability) ความยากง่ายต่อการถูกย่อยสลายของวัสดุเศษเหลือมีผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตเนื่องจากวัสดุเศษเหลือที่ต้องผ่านกระบวนการแปรสภาพมีต้นทุนที่สูงขึ้น วัสดุเศษเหลือแบ่งตามความยากง่ายที่ถูกย่อยสลาย ดังนี้

๑.๑.๑) สารย่อยสลายยาก เช่น ชีวมวลหรือสารลิกโนเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เช่น เซลลูโลสมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะบีตา ๑,๔-กลูโคซิดิก ซึ่งทำให้เซลลูโลสถูกย่อยสลายได้ยากกว่าแป้ง

๑.๑.๒) สารย่อยสลายปานกลาง เช่น แป้ง ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะแอลฟา ๑,๔-กลูโคซิดิกซึ่งพันธะนี้ถูกย่อยสลายได้ง่ายกว่า

๑.๑.๓) สารย่อยสลายได้ง่าย เช่น กากน้ำตาล น้ำตาลจากเยื่อกระดาษ สารเหล่านี้ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย

๑.๒) ความเข้มข้น ระดับความเข้มข้นของสารอาหารในวัสดุเศษเหลือ แบ่งได้เป็น

๑.๒.๑) ความเข้มข้นสูงในรูปของแข็ง เช่น เศษเนื้อปลา

๑.๒.๒) ความเข้มข้นสูงในรูปของเหลว เช่น กากน้ำตาล มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ ๕๒

๑.๒.๓) ความเข้มข้นต่ำในรูปของเหลว เช่น แล็กโทส น้ำตาลจากเยื่อกระดาษ

๑.๒.๔) เจือจางมาก เช่น ของเหลวจากกระบวนการผลิตและการล้าง

๑.๓) คุณภาพ

คุณภาพของวัสดุเศษเหลือพิจารณาในเรื่องความบริสุทธิ์แบ่งเป็น

๑.๓.๑) คุณภาพดี มีความสะอาด เช่น กากน้ำตาล แล็กโทส การที่วัสดุเศษเหลือเหล่านี้มีความสะอาดปราศจากสารปนเปื้อน ทำให้มีโอกาสมากในการใช้เป็นสารอาหารสำหรับการเลี้ยงเชื้อ

๑.๓.๒) คุณภาพปานกลาง เช่น ฟางข้าว

๑.๓.๓) คุณภาพต่ำ มีความสกปรก เช่น ขยะ เศษอาหาร ของเสียบ่อบำบัด

๑.๔) แหล่งวัสดุเศษเหลือ แบ่งได้ดังนี้

๑.๔.๑) แหล่งที่มีการเก็บรวบรวม แหล่งที่มีปริมาณวัสดุเศษเหลือมาก เช่น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

๑.๔.๒) เหล่งที่มีการรวบรวมเฉพาะ โดยจำแนกวัสดุเศษเหลือตามชนิดของวัตถุดิบ เช่น น้ำมันปาล์ม ผัก ผลไม้ ยางพารา เป็นต้น

๑.๔.๓) แหล่งที่มีอยู่อย่างกระจายทั่ว ๆ ไป วัสดุเศษเหลือเหล่านี้ ได้แก่ วัสดุใช้ในไร่นา เช่น ฟางข้าว

๑.๕) ปริมาณในแต่ละฤดูกาล

วัตถุดิบบางชนิดที่นำมาแปรรูปในโรงงานอาจขึ้นกับฤดูกาล ซึ่งแปรเปลี่ยนระหว่างปี ส่งผลให้ชนิดและปริมาณของวัสดุเศษเหลือเปลี่ยนแปลงไปด้วย ระยะเวลาในฤดูกาลของวัตถุดิบ (และวัสดุเศษเหลือ)

๕.๓.๕ การจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการหมุนเวียนธาตุอาหาร ปรับปรุงดินบำรุงดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนี้

๑) การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตพืช และศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของประเทศไทย

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจนของพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต จากนั้นแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นเป็นแหล่งคาร์บอนอินทรีย์และธาตุอาหารที่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ที่สำคัญ ทั้งเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้

การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๖) มีสมการ ดังนี้

ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี) = ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี) x สัดส่วนชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต (ตันชีวมวล/ตันผลผลิต)

ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี) = ปริมาณพื้นที่โค่น (ไร่/ปี) x สัดส่วนชีวมวลต่อพื้นที่โค่น (ตันชีวมวล/ไร่)

วัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร มีข้อมูลปริมาณที่เกิดขึ้น การนำไปใช้ประโยชน์และปริมาณคงเหลือในแต่ละปี ปริมาณชีวมวลสูงจาก ๒๓ ชนิด ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ ใบและยอดอ้อย ชานอ้อย ยอดใบและลำต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง ลำต้นปาล์มน้ำมัน ใบและทางปาล์ม ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ใบและลำต้นถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วลิสง กิ่งก้านยางพารา ปีกไม้ยางพารา จั่นและทะลายมะพร้าว เปลือกและกาบมะพร้าว กะลามะพร้าว และเปลือกมะม่วงหิมพานต์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๖) แสดงดังตารางที่ ๔

ตารางที่ ๔ แสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตที่ใช้ประเมินการเกิดชีวมวลแต่ละชนิด ปีการเพาะปลูก พ.ศ. ๒๕๕๖

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต)	ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน)
๑. ข้าว	๑. ฟางข้าว	๐.๔๙	๑๙,๐๐๕,๖๒๘.๑๔
	๒. แกลบ	๐.๒๑	๘,๑๔๕,๒๖๙.๒๐
๒. อ้อย	๓. ใบ และยอดอ้อย	๐.๑๗	๑๗,๐๑๖,๒๔๘.๐๘
	๔. ชานอ้อย	๐.๒๘	๒๘,๐๒๖,๗๖๑.๕๔
๓. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	๕. ยอด ใบ และลำต้นข้าวโพด	๑.๘๔	๙,๓๑๕,๖๐๓.๕๒
	๖. ซังข้าวโพด	๐.๒๔	๑,๒๑๕,๐๗๘.๗๒
๔. มันสำปะหลัง	๗. เหง้ามันสำปะหลัง	๐.๒๐	๖,๐๔๕,๕๐๘.๔๐
	๘. กากมันสำปะหลัง	๐.๐๖	๑,๘๑๓,๖๕๒.๕๒
	๙. เปลือกมันสำปะหลัง	๐.๒๘	๘,๔๖๓,๗๑๑.๗๖
๕. ปาล์มน้ำมัน	๑๐. ลำต้นปาล์มน้ำมัน	๑.๐๐	๑,๙๕๗,๒๘๐.๐๐
	๑๑. ใบ และทางปาล์ม	๑.๔๑	๑๘,๐๖๕,๐๐๖.๐๑
	๑๒. ทะลายปาล์มเปล่า	๐.๓๒	๔,๐๙๙,๘๕๙.๕๒
	๑๓. เส้นใยปาล์ม	๐.๑๙	๒,๔๓๔,๒๙๑.๕๙
	๑๔. กะลาปาล์ม	๐.๐๔	๕๑๒,๔๘๒.๔๔
๖. ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง	๑๕. ยอด ใบ และลำต้น	๑.๑๗๗	๖๕,๐๑๗.๔๘
๗. ยางพารา	๑๖. ตอ ราก และกิ่งก้านไม้ยางพารา	๕ ตันต่อไร่	๑,๐๙๔,๓๖๕.๐๐
	๑๗. ปลายไม้ยางพารา	๑๒ ตันต่อไร่	๒,๒๖๒,๔๗๖.๐๐
	๑๘. ปีกไม้ยางพารา	๑๒ ตันต่อไร่	๒,๖๒๖,๔๗๖.๐๐
	๑๙. ขี้เลื่อย และเศษไม้ยางพารา	๓ ตันต่อไร่	๖๕๖,๖๑๙.๐๐
๘. มะพร้าว	๒๐.จั่น และทะลายมะพร้าว	๐.๒๙	๒๙๒,๙๐๙.๕๗
	๒๑. เปลือก และกาบมะพร้าว	๐.๓๓	๓๓๓,๓๑๐.๘๙
	๒๒. กะลามะพร้าว	๐.๒๕	๒๕๒,๕๐๘.๒๕
๙. มะม่วงหิมพานต์	๒๓. เปลือกมะม่วงหิมพานต์	๐.๗๔	๗๐,๐๓๘.๕๖

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (๒๕๕๖)

๒) การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลของเสียจากมูลสัตว์ที่มีอยู่ในประเทศไทย

รวบรวมข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย รวบรวมข้อมูลปริมาณการเกิด การนำไปใช้ประโยชน์และปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด ที่เกิดชีวมวลของเสียจากมูลสัตว์ที่มีอยู่ในประเทศไทย มูลสัตว์ชนิดต่างๆ คือ มูลโค มูลกระบือ มูลสุกร ไก่ มูลเป็ด มูลแพะ มูลนก และมูลช้าง แสดงดังตารางที่ ๕

ตารางที่ ๕ การประเมินปริมาณของเสียจากมูลสัตว์ของประเทศไทย

ชนิด	จำนวน[๑] (ตัว)	ปริมาณมูลสด[๒] (กก./ตัว/วัน)	อัตราส่วนมูลที่เก็บได้[๓]	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด[๔] (%)	อัตราส่วนของแข็งระเหยได้[๔] (%)	ปริมาณมูลแห้งที่ได้ (๑๐๖ กก.มูล-แห้ง/ปี)
๑. โค						
- โคเนื้อ	๔,๙๐๐,๖๑๔	๕.๐๐	๐.๕๐	๑๗.๔๔	๑๓.๓๗	๗๗๙.๘๘
- โคนม	๓๐๗,๙๒๗	๑๕.๐๐	๐.๘๐	๑๗.๔๔	๑๓.๓๗	๒๓๕.๒๒
๒. กระบือ	๑,๗๐๒,๒๒๓	๘.๐๐	๐.๕๐	๑๗.๗๗	๑๓.๖๔	๔๔๑.๖๓
๓. สุกร						
- สุกรแม่พันธุ์	๗๙๑,๐๒๔	๒.๐๐	๐.๘๐	๓๕.๒๒	๒๔.๘๔	๑๖๒.๗๐
	๑๒๐,๙๐๓	๒.๐๐	๐.๘๐	๓๕.๒๒	๒๔.๘๔	๒๔.๘๗
- สุกรพ่อพันธุ์	๒,๑๒๓,๖๖๓	๐.๕๐	๐.๘๐	๓๕.๒๒	๒๔.๘๔	๑๐๙.๒๐
	๔,๔๐๐,๓๒๖	๑.๒๐	๐.๘๐	๓๕.๒๒	๒๔.๘๔	๕๔๓.๐๕
- ลูกสุกร	๓๒๕๑๔๐	๑.๒	๐.๘	๓๕.๒๒	๒๔.๘๔	๔๐.๑๓
- สุกรขุน						
- สุกรพื้นเมือง						
๔. ไก่	๑๗๒,๒๔๗,๕๖๑	๐.๐๓	๐.๘๐	๓๓.๙๙	๒๒.๓๔	๕๑๒.๘๗
๕. เป็ด	๒๗,๘๘๔,๐๔๑	๐.๐๓	๐.๔๐	๒๖.๘๒	๑๗.๔๔	๓๒.๗๖
๖. ช้าง	๒,๑๗๘	๔๐.๐๐	๐.๕๐	๒๖.๖๔	๒๑.๖๑	๔.๒๔
รวมทั้งหมด						๕๕๙.๕๔

๓) องค์ประกอบและสมบัติทางเคมีของของเสียจากมูลสัตว์

รวบรวมข้อมูลแหล่งวัสดุเหลือใช้จากการผลิตพืชและของเสียจากมูลสัตว์ชนิด องค์ประกอบ และสมบัติทางเคมีของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่ในประเทศไทย แบ่งชนิดวัสดุเหลือใช้ตามแหล่งธาตุอาหาร แสดงดังตารางที่ ๖

องค์ประกอบทางเคมีของเสียจากสัตว์ มูล และปัสสาวะของสัตว์ต่าง ๆ เช่น โค กระบือ สุกร ม้า เป็ด ไก่ แพะ แกะ ค้างคาว และสัตว์อื่น ๆ ผสมกับเศษอาหารต่าง ๆ เข้าไปด้วย ในปุ๋ยคอกจึงมีจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ต่าง ๆ มากมาย มีทั้งพวกที่มีฮิวมัส และส่วนที่ยังสลายตัวไม่หมด มีทั้งส่วนที่เป็นเซลลูโลส ลิกนิน และสารอินทรีย์อื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่า มีวิตามิน และฮอร์โมนพืช เช่น กรดอะมิโน ไทอามีน (thiamine) ไบโอติน (biotin) และไพริด็อกซิน (pyridoxine) ในปุ๋ยคอกที่ได้จากสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณธาตุอาหารพืชแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นธาตุอาหารหลักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน คือ สภาพของการสะสมปุ๋ยคอก อาหารที่สัตว์ อายุของสัตว์และสภาพการเก็บรักษา โดยทั่วไปแล้วปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกจะมีสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แต่สัตว์บางชนิด ได้แก่ สัตวปีกบางชนิดจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอกสูง (ธงชัย, ๒๕๔๖)

ตารางที่ ๖ ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ

ชนิดปุ๋ยคอก	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)			
	ความชื้น	N	P_2O_5	K_2O
มูลโค	๔๗	๑.๑	๐.๔	๑.๖
มูลกระบือ (สด)	๕๗	๑.๑	๐.๗	๑.๕
มูลกระบือ (แห้ง)	๑๐	๑.๐	๐.๗	๑.๗
มูลเป็ด (สด)	๓๒	๑.๑	๑.๓	๐.๙
มูลเป็ด (แห้ง)	๘	๐.๘	๑.๘	๐.๔
มูลไก่	๙	๒.๗	๖.๓	๒.๐
มูลค้างคาว	๙	๓.๑	๑๒	๐.๖
มูลสุกร	๓๐	๑.๓	๒๒.๔	๑.๐

ที่มา: จุฑามาศ (๒๕๕๗)

๕.๓.๖ การจัดการและการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนี้

๑) ศักยภาพการใช้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศไทย

วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเกษตรในแต่ละปีมีวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ๖ แหล่ง ได้แก่

๑.๑) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

๑.๒) วัสดุเศษเหลือจากโรงงานน้ำมันพืช

๑.๓) วัสดุเศษเหลือของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

๑.๔) วัสดุเศษเหลือของโรงงานน้ำตาล

๑.๕) วัสดุเศษเหลือของโรงงานผลิตแอลกอฮอร์

แปรรูปอาหารทะเล น้ำมันพืช แป้ง น้ำตาล และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่ เช่น เอนไซม์ และปุ๋ยหมัก เป็นต้น (พูนสุข, ๒๕๕๘) วัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร แบ่งเป็น ๓ ประเภท คือวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ของเหลว (น้ำเสีย) และก๊าซ (ไอน้ำ และความร้อน) วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล ไขมัน รวมทั้งแร่ธาตุต่าง ๆ จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีมูลค่า โดยอาศัยกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ (Smith, ๑๙๘๑) ได้แก่ เทคโนโลยีการหมัก เทคโนโลยีการผลิตเอนไซม์ และผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่

๒) เทคโนโลยีการจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

๒.๑) ชนิดและปริมาณวัสดุเศษเหลือจากอาหารทะเลกระป๋อง อาหารทะเลแช่แข็ง อาหารทะเลตากแห้ง และอาหารทะเลแปรรูปอื่น ๆ มีอัตราการผลิต ๑๔๐,๐๐๐ ตันต่อปี โรงงานส่วนใหญ่กระจายอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ ที่ติดกับชายฝั่งทะเล ได้แก่ สมุทรสาคร สมุทรปราการ สงขลา สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล ภูเก็ต ปัตตานี ชลบุรี ตราด ระยอง และประจวบคีรีขันธ์ มีวัสดุเศษเหลือปริมาณตั้งแต่ร้อยละ ๓๐ - ๘๕ ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิต (พูนสุข, ๒๕๕๘) การแปรรูปกุ้งกุลาดำส่วนใหญ่ (ร้อยละ ๙๘) ผลิตกุ้งแช่แข็งมีประมาณ ๒๗๐,๐๐๐ ตันต่อปี ให้วัสดุเหลือทิ้งที่เป็นส่วนหัวกุ้งร้อยละ ๓๘

เปลือกกุ้งร้อยละ ๗ และหางกุ้งร้อยละ ๕ คิดเป็นปริมาณวัสดุเหลือทิ้งสูงถึงร้อยละ ๕๐ หรือเท่ากับ ๑๓๕,๐๐๐ ตันต่อปี (สุมาลัย, ๒๕๔๑)

ตารางที่ ๗ วัสดุเศษเหลือจากอาหารทะเลแปรรูป

วัสดุเศษเหลือจากอาหารทะเลแปรรูป	ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ร้อยละ)	ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตันต่อปี)
ปลา	๓๐-๖๐	มากกว่า ๖๐๐,๐๐๐
กุ้ง	๔๐-๘๐	๑๓๕,๐๐๐
ปลาทูแขก/ปลาหลังเขียว	๓๐	๔๐,๐๐๐
ปลาทูน่า	๓๐	๑,๕๐๐-๒,๐๐๐

ที่มา: สุมาลัย และคณะ (๒๕๓๘)

ตารางที่ ๘ ลักษณะของน้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช	๖.๒
ซีโอดี	๒๔๖,๒๐๐
ไนโตรเจนทั้งหมด	๑,๕๒๒
ของแข็งทั้งหมด	๗๖๐
ของแข็งแขวนลอย	๑๘๒
น้ำมันและกรีส	๒๔๕

ที่มา: พูนสุข (๒๕๕๘)

ตารางที่ ๙ องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งกุลาดำ

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	เปลือกส่วนลำตัว	เปลือกส่วนหัว
เถ้า	๓๑.๕๓±๐.๑๖	๔๐.๙๖±๐.๒๐
ไขมัน	๑๑.๑๑±๐.๑๔	๑.๐๗±๐.๒๔
โปรตีน	๒๙.๔๒±๐.๑๘	๑๗.๓๔±๐.๑๙
ไคติน	๒๔.๗๔±๐.๓๔	๑๓.๒๖±๐.๑๗
ความชื้น	๑๐.๙๙±๐.๒๐	๙.๔๑±๐.๑๕
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/๑๐๐กรัม)	๑๐.๕๒±๐.๑๙	๓.๓๖±๐.๑๘

ที่มา: เสาวลักษณ์ (๒๕๔๓)

๒.๒) เทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอาหารทะเลแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยวิธีการทางชีวภาพ เช่น ปุ๋ยปลาหมักจากวัสดุเศษเหลือโรงงานปลากระป๋อง พบว่า คุณภาพของปุ๋ยปลา นอกเหนือจากปริมาณธาตุอาหารที่พืชจะได้รับแล้ว ไขมันปลาที่ติดมากับชิ้นส่วนปลายังทำ

หน้าที่เป็นสารจับใบ ช่วยทำให้การใช้ปุ๋ยทางใบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (สุริยา, ๒๕๔๒) วัสดุเศษเหลือของโรงงานแปรรูปกุ้ง และปู เช่น เปลือกกุ้ง ประกอบด้วย แคลเซียมในปริมาณร้อยละ ๓๐ - ๕๐ โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แต่อาจมีแคลเซียมฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ ๘ - ๑๐ ของสารอนินทรีย์ (Middlebrook, ๑๙๗๙) ใช้ในการผลิตไคติน และอนุพันธ์ของไคตินโดยวิธีทางชีวภาพ เป็นสารช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์พืช และลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น

- วัสดุเศษเหลือใช้จากบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานอาหารทะเลแปรรูป เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่ เช่น ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียสังเคราะห์แสง ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผลิตกรด ๕ - อะมิโนลีวูลินิก (ALA) กลุ่มที่สร้างรงควัตถุสีแดง จากการใช้น้ำเสียในบ่อบำบัดเป็นแหล่งอาหารมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วในน้ำเสียจากบ่อบำบัด เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตสารเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืช เช่น ฮอร์โมนออกซิน และมีประสิทธิภาพในการลดแก๊สไข่เน่า และใช้ประโยชน์พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ เช่น จุลินทรีย์ผลิตกรด ๕ - อะมิโนลีวูลินิก (ALA) เป็นสารที่สำคัญในการสังเคราะห์ของพอร์ไฟริน เช่น คลอโรฟิลล์ และฮีม ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร โดยการใช้ในความเข้มข้นต่ำ จะช่วยเพิ่มคลอโรฟิลล์ในพืช ส่งเสริมศักยภาพในการสังเคราะห์แสง และผลผลิตพืช ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่นำสารดังกล่าวมาใช้ประโยชน์กับพืชหลายชนิด เช่น ถั่ว ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี มันฝรั่ง กระเทียม ข้าว และข้าวโพด ซึ่งเพิ่มการเจริญเติบโตและผลิตได้ถึง ๑๐ - ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ต่อฤดูกาลผลิต (Wettstein *et al*., ๑๙๙๕)

- กากตะกอนเร่ง (activated sludge, AS) จากบ่อบำบัดน้ำเสีย มีวัสดุเหลือที่เป็นกากตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากมีสารอินทรีย์สูง เป็นแหล่งไนโตรเจน (จากเซลล์) มีไนโตรเจนทั้งหมด ๔๔๓ – ๑,๕๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพในการส่งแหล่งธาตุอาหารให้กับพืช และจุลินทรีย์ในดิน

๓) เทคโนโลยีการจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากโรงงานน้ำมันพืช

๓.๑) ชนิดและปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวและของแข็งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า กะลา กากตะกอนจากเครื่องดีแคนเตอร์ เส้นใยปาล์มน้ำทิ้งจากการนึ่งปาล์ม น้ำทิ้งจากเครื่องดีแคนเตอร์ และน้ำทิ้งจากเครื่องทำบริสุทธิ์ ซึ่งพืชปาล์มน้ำมัน มีพื้นที่ปลูกมากในจังหวัด กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มใน ๕ จังหวัดนี้ คิดเป็นกว่าร้อยละ ๙๕ ของพื้นที่การปลูกปาล์มทั้งหมดของประเทศ ซึ่งมีอยู่ ๒.๗๓๙ ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ๒๕๕๐) จังหวัดที่ถือว่าเป็นเขตเศรษฐกิจปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง นครศรีธรรมราช สงขลา และพังงา

ตารางที่ ๑๐ ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวและของแข็งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

วัสดุเศษเหลือ	ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวและของแข็ง
ทะลายปาล์มเปล่า	๒๐ เปอร์เซ็นต์ของทะลายปาล์ม
กะลา	๖ เปอร์เซ็นต์ของทะลายปาล์ม
กากตะกอนจากเครื่องดีแคนเตอร์	๔ เปอร์เซ็นต์ของทะลายปาล์ม
เส้นใยปาล์ม	๑๑ เปอร์เซ็นต์ของทะลายปาล์ม
น้ำทิ้งจากการนึ่งปาล์ม	๐.๒๐ ลูกบาศก์เมตร/ตัน
น้ำทิ้งจากเครื่องดีแคนเตอร์	๐.๓๕ ลูกบาศก์เมตร/ตัน
น้ำทิ้งจากเครื่องทำบริสุทธิ์	๐.๒๐ ลูกบาศก์เมตร/ตัน

ที่มา: Fries (๑๙๙๐)

ตารางที่ ๑๑ องค์ประกอบของในวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลักษณะสมบัติ	วัสดุเหลือทิ้ง		
	ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการหีบ	ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหีบ	กากตะกอนดีแคนเตอร์
พีเอช	๖.๑๙±๐.๐๓	๖.๙๗±๐.๐๗	๕.๒๕±๐.๐๗
ความชื้น (%)	๕๒.๗๔±๒.๑๔	๓๖.๐๐±๐.๗๘	๕๑.๗๒±๐.๗๖
อินทรีย์คาร์บอน	๔๔.๓๘±๑.๑๕	๔๑.๓๓±๑.๑๒	๔๒.๕๕±๐.๘๕
อินทรียวัตถุ	๗๖.๕๒±๑.๓๒	๗๑.๒๖±๐.๙๙	๗๓.๖๓±๑.๒๗
ไนโตรเจนทั้งหมด	๐.๖๒±๐.๐๖	๐.๗๐±๐.๐๑	๒.๒๘±๐.๑๐
ฟอสฟอรัส	๐.๐๒±๐.๐๐	๐.๐๓±๐.๐๐	๐.๐๘±๐.๐๑
โพแทสเซียม	๐.๘๒±๐.๐๓	๐.๖๗±๐.๐๓	๐.๓๖±๐.๐๘
คาร์บอนต่อไนโตรเจน	๗๑.๖๒:๑±๐.๗๔	๕๙.๓๔:๑±๑.๓๐	๑๘.๖๘:๑±๐.๖๒

ที่มา: ณัฏฐาทัศน์ (๒๕๕๘)

ตารางที่ ๑๒ องค์ประกอบของแร่ธาตุในน้ำทิ้งจากบ่อรวมโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

แร่ธาตุ	น้ำทิ้งจากบ่อรวม		น้ำทิ้งจากหม้อฆ่าเชื้อ	
	น้ำหนักแห้ง (ppm)	น้ำหนักเปียก (%)	น้ำหนักแห้ง (ppm)	น้ำหนักเปียก (%)
ไนโตรเจน	๖๘๙	๑.๗๓	๙๔๔	๑.๘๓
ฟอสฟอรัส	๑๖๐	๐.๓๑	๑๕๒	๐.๓๖
โพแทสเซียม	๑๖๔๕	๓.๑๙	๑๓๐๐	๓.๐๙
โซเดียม	๓๑	๐.๐๖	๒๒	๐.๐๕
แมกนีเซียม	๙๗๐	๑.๘๘	๑๐๒๐	๒.๔๒
แคลเซียม	๑๑๐	๐.๒๑	๑๔๐	๐.๓๓
เหล็ก	๕๐	๐.๑๐	๑๘	๐.๐๔
ทองแดง	๒๘	๐.๐๕	๒๙	๐.๐๗
สังกะสี	๑๓	๐.๐๒๕	๑๕	๐.๐๓๕

ที่มา: Hwang และคณะ (๑๙๗๘)

๓.๒) เทคโนโลยีการจัดการวัสดุเศษเหลือจากโรงงานน้ำมันพืชเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

๓.๒.๑) เส้นใยเปลือกปาล์มน้ำมัน เป็นส่วนของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้ว เส้นใยเปลือกปาล์มน้ำมัน ที่เกิดขึ้นจากกระบนการมีปริมาณ ๑๒ - ๑๓ เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทะลาย (Lorestani, ๒๐๐๖; บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยล์ จำกัด, ๒๕๕๖) โดยเส้นใยเปลือกผลปาล์มจะมีธาตุอาหารที่ใกล้เคียงทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน มีปริมาณโพแทสเซียมประมาณ ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำไปผลิตปุ๋ยหมักได้เช่นกัน (ธีระพงศ์, ๒๕๕๑: บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยส์ จำกัด, ๒๕๕๖)

๓.๒.๒) กะลาปาล์ม เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต มีปริมาณ ๖ - ๗ เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทะลาย (Lorestani, ๒๐๐๖: บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยส์ จำกัด, ๒๕๕๖) กะลาปาล์ม ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปผสมกับ เส้นใยปาล์มเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ส่วนที่เหลือจะจำหน่ายเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ต้องการนำกะลาปาล์มไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (ธีระพงศ์, ๒๕๕๑: บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยส์ จำกัด, ๒๕๕๖)

๓.๒.๓) ขี้เถ้าปาล์มน้ำมัน (oil palm ash) เป็นวัสดุผลพลอยได้จากการนำกากของผลปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์มเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในโรงงานหลังจากการใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำให้เกิดเถ้าขนาดเล็กฟุ้งกระจาย

๓.๒.๔) น้ำเสียจากกระบวนการผลิต มีมวลสารอยู่ในรูป บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และมีการปนเปื้อนของน้ำมันปาล์มในระดับสูง รวมทั้งน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีสารอาหารที่สูงจึงถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น เท่ากับ ๐.๕ - ๐.๖ เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทะลาย น้ำเสียที่เกิดขึ้น ๑ ลูกบาตก์เมตร สามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ ๒๕ - ๓๐ ลูกบาศก์เมตร และนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นพลังงานให้กับโรงงานสกัด หรือสามารถจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือให้แก่การไฟฟ้าสวนภูมิภาค (บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยล์ จำกัด, ๒๕๕๖)

๓.๒.๕) กากตะกอนดีแคนเตอร์ เป็นของเสียอีกชนิดหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการกรองแยกน้ำมัน (สำหรับโรงงานสกัดที่มีเครื่องดีแคนเตอร์) ซึ่งเกิดจากการนำน้ำสลัดจ์ (Sludge) จากก้นถังตกจม มาเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำสลัดจ์ออกเป็น ๓ สถานะ คือ น้ำมัน น้ำเสีย และของแข็งหรือกากตะกอนดีแคนเตอร์ ปริมาณกากตะกอนดีแคนเตอร์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณ เท่ากับ ๒ - ๓ เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทะลาย ซึ่งคุณสมบัติของกากตะกอนดีแดนเตอร์ จะมีค่าไนโตรเจนประมาณ ๒ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีค่า C:N Ratio ต่ำกว่า ๒๐ : ๑ จึงเหมาะแก่การนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมัก โดยการนำกากตะกอนดีแดนเตอร์ไปใช้เป็นปุ๋ยควรที่จะนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักรวมกับเส้นใยปาล์ม หรือทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน (บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยส์ จำกัด. ๒๕๕๖) มีคุณสมบัติทางเคมีคือ ค่า pH ๕.๐๙ ค่า EC ๔.๙๙ mS/cm ปริมาณอินทรียวัตถุ ๗๘.๑๒ เปอร์เซ็นต์ (เลอพงศ์และพรฤดี, ๒๕๕๙)

๓.๒.๖) ทะลายเปล่าปาสมน้ำมัน เป็นส่วนหนึ่งของผลปาล์มทะลายที่ถูกเหวี่ยงเพื่อนำผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มสด ปริมาณทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณ ๒๐ - ๓๐ เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทะลาย (Pleanjai *et al*., ๒๐๐๔; Lorestani, ๒๐๐๖) มีปริมาณสะสมในโรงงานเป็นจำนวนมาก ในอดีตทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมมาก อีกทั้งยังเป็นที่วางไข่ของด้วงแรด ซึ่งเป็นแมลงที่กัดกินยอดปาล์มและยอดมะพร้าว มีการนำทะลายไปเพาะเห็ดแต่ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันยังอาจนำไปใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลต่ำได้ ซึ่งทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันยังมีสารธาตุอาหารที่สูงโดยมีไนโตรเจนประมาณ ๑ เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสประมาณ ๐.๗ เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมประมาณ ๓ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้ (ธีระพงศ์, ๒๕๕๑) ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน จะประกอบด้วยลิกโนเซลลูโลส ดังนั้นในการผลิตปุ๋ยหมักจากทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันจึงมี

ระยะเวลาในการย่อยสลายนาน เนื่องจากลิกโนเซลลูโลสมีองค์ประกอบที่ย่อยสลายยาก (Ghabane *et al*., ๒๐๑๒) ลิกโนเซลลูโลส มีลักษณะโครงสร้างที่สลับซับซ้อน ประกอบไปด้วย เซลลูโลส ๔๙.๖ - ๕๒.๐ เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส ๑๘ - ๒๘ เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน ๑๗.๐ - ๒๑.๒ เปอร์เซ็นต์ ลักษณะโดรงสร้างที่ซับซ้อน ส่งผลให้ระยะเวลาในการหมักปุ๋ยนานขึ้น (Khalil *et al*., ๒๐๐๗; Baharuddin in *et al*., ๒๐๐๙) การนำทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินภายในสวนปาล์มน้ำมัน เมื่อเกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติจะกลายเป็นปุ๋ย ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยจะช่วยให้เกิดเม็ดดิน ทำให้เกิดช่องว่างภายในดิน ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้นทำให้การระบายน้ำและอากาศของดินดีขึ้น เพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน ช่วยให้รากของพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้อย่างกว้างขวาง และยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารต่าง ๆ ให้แก่ดิน การนำทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินภายในสวนปาล์มยังช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นให้แก่ดิน รวมทั้งยังช่วยในการชะล้างและพังทลายของหน้าดิน แต่ในการนำทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมาเป็นวัสดุคลุมดินนั้น จำเป็นที่จะต้องกองทะลายทิ้งไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย ๑ เดือน เพราะหากนำทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันไปใช้เป็นวัสดุคลุมดินทันที จุลินทรีย์ตามธรรมชาติจะย่อยสลายทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน และในกิจกรรมของจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต และการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลให้อุณหภูมิในกองวัสดุสูงขึ้น และดินใต้กองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และการนำทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินภายในสวนปาล์มก็ยังก่อให้เกิดการสะสมของแมลงศัตรูพืช (อานัฐ, ๒๕๔๙)

๔) เทคโนโลยีการจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

๔.๑) วัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตมันเส้น และมันอัดเม็ด โดยหัวมันสำปะหลังสามารถผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ร้อยละ ๒๑.๙๒ ได้วัสดุเศษเหลือ คือ กากมันสำปะหลัง ร้อยละ ๒๐.๙๓ ของวัตถุดิบ เปลือกมันสำปะหลังร้อยละ ๑.๘๓ เหง้ามันร้อยละ ๑.๗๑ (รังสรรค์, ๒๕๓๒)

๔.๒) เทคโนโลยีการจัดการวัสดุเศษเหลือจากโรงงานโรงงานแป้งและผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นของแข็งสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก ส่วนน้ำเสียขบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ผลิตกรด ๕ - แอมิโนลีวูลินิก มีการผลิตกรด ๕ - แอมิโนลีวูลินิก (๕ aminolevulinic acid, ALA) จากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตผงชูรส (Chaihrit-sadakarn *et al*., ๒๐๐๖) นอกจากนี้ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ - อามิ) และขี้เถ้าลอยจากโรงงาน อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมาผสมเป็นวัสดุอินทรีย์ ซึ่งทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง ที่สามารถนำใช้ประโยชน์ทางเกษตรจากรายงานการวิจัย การใช้ประโยชน์จากวัสดุอินทรีย์ระหว่างอามิ-อามิ และขี้เถ้าลอย อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร อัตรา 2 ตันต่อไร่ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า available water capacity (AWCA) ของดินเพิ่มสูงขึ้น (ธีรยุทธ และคณะ , ๒๕๖๐)

ตารางที่ ๑๓ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำเสียจากเครื่องแยกเซพาเรเตอร์ (separator) ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี	เซพาเรเตอร์	เซพาเรเตอร์ ๑	เซพาเรเตอร์ ๒
พีเอช	๑.๕-๖.๐	๖.๐-๖.๒	๖.๐๐
ซีโอดี (ก./ล.)	๓.๒-๑๖.๗	๑๖-๑๗	๕.๒-๕.๓
ไนโตรเจน (มก./ล.)	๔๐-๑๗๐	๒๔๐-๒๗๐	๗๒-๗๓
โปรตีนที่ละลายได้ (มก./ล.)	๑-๓	๐-๑	๐-๐.๓
แป้ง (ก./ล.)	๑๐-๑๗	๙-๒๒	๘-๒๒
CN (มก./ล.)	๐-๑๓	๐-๒	๐
แคลเซียม (มก./ล.)	๓๓-๓๖	๑๐-๕๒๐	๐-๔๕๐
แมกนีเซียม (มก./ล.)	๐-๘๕๐	๐-๖๐๐	๐-๔๗๖
แมงกานีส (มก./ล.)	๐-๑๖	๑-๒๕	๐-๑๑
เหล็ก (มก./ล.)	๐-๐.๕	๐-๓	๐-๑

ที่มา: ดัดแปลงจาก Noparatnaraporn (๑๙๘๗)

ตารางที่ ๑๔ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำเสียจากโรงงานผลิตผงชูรส

องค์ประกอบทางเคมี	อามิ-อามิ	ขี้เถ้าลอย	วัสดุอินทรีย์ผสมอามิ-อามิ:ขี้เถ้าลอย (1:1)
พีเอช (๓:๕๐)	๔.๐๐	๑๐.๒๑	๗.๔๖
EC ๑:๑๐ (dS/m)	๓๐.๑๔	๔.๑๔	๑๐.๖๔
อินทรียวัตถุ (%)	๑๕.๑๒	๐.๐๘	๗.๔๙
ไนโตรเจน (%)	๔.๓๒	๐.๐๔	๐.๙๖
ฟอสฟอรัส (%)	๑.๕๓	๐.๑๒	๑.๐๓
โพแทสเซียม (%)	๔.๑๑	๐.๖๔	๑.๐๑
แคลเซียม (%)	๐.๐๒	๕.๑๔	๑.๕๘
แมกนีเซียม (%)	๐.๑๒	๐.๙๑	๐.๖๔
โซเดียม (%)	๒.๒๔	๐.๗๒	๑.๗๘

ที่มา: ธีรยุทธ และคณะ (๒๕๖๐)

๕) เทคโนโลยีการจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือของโรงงานน้ำตาล

๕.๑) วัสดุเศษเหลือของโรงงานน้ำตาล ปัจจุบันเมืองไทยมีโรงงานน้ำตาลอยู่ ๕๘ โรงงาน กระจายอยู่ในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวัน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วัสดุเศษเหลือของโรงงานน้ำตาล ได้แก่ ชานอ้อยร้อยละ ๒๙.๑๖ กากน้ำตาลร้อยละ ๕.๕๘ กากตะกอนร้อยละ ๓.๑๒ (รังสรรค์, ๒๕๓๒) และน้ำทิ้ง ๐.๒๓ ลูกบาศก์เมตรต่อตันอ้อย

๕.๒) ผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่จากกากน้ำตาลหรือโมลาส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ได้จากน้ำอ้อยที่เหลือจากกระบวนการทำให้เกิดการตกผลึกเป็นน้ำตาลทรายแล้ว มีลักษณะเหนียวข้นสีน้ำตาลเข้ม มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ มีสมบัติเป็นกรด pH ๕.๐๙ - ๕.๒๕ มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง ระหว่าง

๗.๕ - ๑๓.๗๙ dS/m แสดงว่ามีความเข้มข้นของเกลือสูง ธาตุไนโตรเจนมีประมาณ ๐.๘ เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ๐.๑๓ - ๐.๑๙ เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม ๒.๕ - ๔.๑ เปอร์เซ็นต์ ส่วนธาตุอาหารรองมีแคลเซียม และแมกนีเซียม ๑.๑ - ๑.๔ และ ๐.๔ - ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสำคัญที่มีประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ คือ สารอินทรีย์คาร์บอน เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารสำคัญของจุลินทรีย์หรือเป็นตัวเริ่มต้นหรือสตาร์ทเตอร์ สูงถึง ๓๕ เปอร์เซ็นต์ ประโยชน์ของกากน้ำตาล นอกจากเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ระยะเริ่มต้นแล้ว ยังทำหน้าที่ดูดน้ำเลี้ยงออกจากเซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์ทำให้เซลล์เหี่ยวและแตก จึงง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์

ตารางที่ ๑๕ องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอน (filter cake) ของโรงงานน้ำตาล

แร่ธาตุ	% ของวัตถุแห้ง
ไนโตรเจน	๑.๒๐
ฟอสฟอรัส	๐.๘๗
โพแทสเซียม	๐.๕๐
แตลเซียม	๒.๘๖
แมกนีเซียม	๐.๓๐
กำมะถัน	๑.๑๗
อินทรียวัตถุ	๖๐.๐
อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน	๒๘

ที่มา: อาทร (๒๕๔๐)

๖) เทคโนโลยีการจัดการและใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือของโรงงานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

วัสดุเศษเหลือของโรงงานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ วัสดุดิบมาจากข้าวและกากน้ำตาล วัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น คือ น้ำกากส่า ซึ่งแบ่งน้ำกากส่าเป็น ๒ ประเภท คือ น้ำกากส่าสด มีค่าพีเอชในช่วง ๔.๕ - ๕.๐ มีสารอาหาร วิตามินรวม เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ น้ำกากส่าที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศมาแล้ว เหมาะกับการใช้กับพืชโดยเฉพาะปาล์ม เพราะมีสารอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่พืชต้องการ หากนำไปตากแห้งจะมีปริมาณ N : P : K เท่ากับ (ร้อยละ) ๔ : ๑ : ๖

ตารางที่ ๑๖ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกากส่าของโรงงานสุรา

องค์ประกอบทางเคมี	ค่า (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ค่าบีโอดี	๒๗,๔๗๕
ค่าซีโอดี	๑๑๘,๐๙๘
ปริมาณน้ำตาล	-
ปริมาณของแข็ง	๗๕,๘๒๙
ปริมาณไนโตรเจน	๙๓๕
ปริมาณฟอสฟอรัส	๑๑๕.๒
ปริมาณโพแทสเซียม	๔,๗๖๓
ปริมาณซัลเฟต	๓,๗๖๓
พีเอช	๓.๖๖

ที่มา:ไชยยุทธ (๒๕๒๔)

๕.๓.๗ แนวทางการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในการบำรุงดิน ดังนี้

๑) การไถกลบเพื่อหมุนเวียนธาตุอาหาร เพิ่มอินทรียวัตถุ

๒) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง น้ำหมักชีวภาพ และเกณฑ์ชี้วัดคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

๒.๑) การผลิตปุ๋ยหมักมี ๒ แบบ คือ แบบที่ ๑ การผลิตปุ๋ยหมักใช้ โดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.๑ ในการกองปุ๋ยหมัก ๑ ตัน วิธีนี้มีต้นทุนต่ำแต่ใช้พื้นที่ และแรงงานมาก การผลิตแบบนี้มีความเหมาะสมเฉพาะการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้เองในระดับไร่นา และการผลิตปุ๋ยหมักวัสดุสดแบบผสมผสาน เป็นต้น แบบที่ ๒ การผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม เช่น การบดวัสดุให้มีขนาดเล็กลงก่อนหมัก การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ช่วยเร่งปฏิกิริยา และการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนในขั้นตอนต่าง ๆ เป็นต้น เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรมมีหลายแบบ เช่น แบบกองยางในแนวรางซีเมนต์ แบบกองยาวบนพื้นราบ และแบบถังแนวตั้ง เป็นต้น

๒.๒) การผลิตน้ำหมักชีวภาพ เนื่องจากในน้ำหมักมีส่วนประกอบของฮอร์โมน กรดอินทรีย์ และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะฮอร์โมน ได้แก่ ฮอร์โมนออกซิน มีหน้าที่ในการช่วยให้เซลล์ของพืชขยายตัวได้มากขึ้น ทำให้ลำต้นขยายตัวใหญ่ขึ้น ส่วนฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน มีหน้าที่ในการยืดตัวของลำต้น จึงมีผลทำให้ความสูงของพืชเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีกรดฮิวมิกที่มีสมบัติคล้ายฮอร์โมนออกซิน ซึ่งมีความสำคัญในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของรากและลำต้นพืชได้ดี แต่อย่างไรก็ตามการใส่น้ำหมักจะมีผลตอบสนองของพืชเด่นชัด ต้องมีการจัดการดินให้เหมาะสมทั้งในด้านกายภาพและเคมีของดินก่อน กล่าวคือ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด เพื่อให้ดินมีโครงสร้างที่ดี มีการถ่ายเทอากาศ และธาตุอาหารที่เพียงพอแก่การเจริญเติบโตของพืช ดังรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (๒๕๔๔) ว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก การไม่ใส่น้ำหมักและการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ (เจือจางน้ำหมัก ๑ ส่วนต่อน้ำ ๕๐๐ ส่วน) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา ๔ ตันต่อไร่ ในดินชุดจันทึก โดยนำน้ำหมักชนิดต่างๆ รดลงดินในช่วงเริ่มต้นการทดลอง หลังจากนั้นปลูกข้าวโพดหวานและฉีดพ่นน้ำหมักทุก ๗ วัน หลังจากปลูกข้าวโพดหวาน ๑๐ วัน พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมักต้นข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตน้อยสุด คือ มีความกว้างใบและความสูง ๑.๑๕ และ ๓.๐๗ เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักต้นข้าวโพดหวานมีความกว้างใบและความสูง ๑.๒๓ และ ๓.๘๒ เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับการใส่น้ำหมักจากปลา, ผัก และผลไม้ร่วมกับปุ๋ยหมัก มีผลทำให้ต้นข้าวโพดหวานมีความกว้างใบและความสูงเพิ่มขึ้นและมากกว่าการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว โดยเพิ่มขึ้นระหว่าง ๑.๔๕ - ๑.๔๗ และ ๕.๒๐ - ๖.๐๒ เซนติเมตร ตามลำดับ

๒.๓) การผลิตน้ำสกัดจากมูลสัตว์

มูลสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งนั้น ประกอบด้วย เศษของพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารที่สัตว์กินเข้าไปแล้วไม่สามารถย่อยหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้หมดจึงเหลือเป็นกากที่สัตว์ขับถ่ายออกมา โดยเศษอาหารเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายไปบางส่วนแล้วในทางเดินอาหาร ดังนั้น ในส่วนที่เป็นมูลสัตว์จึงอุดมไปด้วยธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้หลายชนิด เมื่อรวมกันเข้าก็จะมีองค์ประกอบที่สามารถใช้เป็นธาตุอาหารที่สมบูรณ์ของพืชได้ ส่วนมูลสัตว์แต่ละชนิดจะมีธาตุอาหารชนิดใดมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์ชนิดนั้น ๆ กินเข้าไปเป็นปัจจัยสำคัญ รวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระบบการย่อยอาหารของสัตว์ วิธีการให้อาหารรวมทั้งการจัดการรวบรวมมูลสัตว์และของเสียในฟาร์มด้วย จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ พบว่ามูลสัตว์แต่ละชนิดมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ จะเห็นว่ามูลสุกร และกากตะกอนของมูลสุกรจากบ่อ

หมักก๊าซชีวภาพ รวมทั้งมูลของไก่ไข่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และสังกะสีมากกว่ามูลโค ขณะที่มูลโคมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมและโซเดียมมากกว่ามูลสุกร อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้อาจมีความผันแปรไปตามชนิดของวัตถุดิบอาหารรวมทั้งแร่ธาตุที่เสริมลงในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์นั้นด้วย

น้ำสกัดมูลสัตว์มีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่นำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยการนำมูลสุกร มาสกัดโดยการแช่น้ำ ซึ่งมีคุณภาพและองค์ประกอบของธาตุอาหาร ประกอบด้วย ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช ในกระบวนการผลิตน้ำสกัดมี ๒ วิธี คือ สภาพที่ไม่มีอากาศและสภาพที่มีอากาศ เช่น กระบวนการผลิตน้ำสกัดจากปุ๋ยหมัก (Kelley, ๒๐๐๔) ประเทศไทยนำมูลสัตว์มาใช้ประโยชน์ในรูปต่าง ๆ ได้แก่ ใช้เป็นปุ๋ยคอกโดยตรง หรือทำเป็นน้ำสกัดมูลสัตว์ก่อนนำไปใช้ โดยมูลสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณธาตุอาหารชนิดใดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดอาหารที่สัตว์กินเข้าไป รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระบบการย่อยอาหารของสัตว์ วิธีการให้อาหาร และการจัดรวบรวมมูลสัตว์ และของเสียของฟาร์มด้วย จากรายงานการวิจัยมีการใช้ประโยชน์จากน้ำสกัดมูลไก่ไข่ น้ำสกัดมูลนกกระทา ซึ่งส่วนใสที่ได้สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน ส่งผลทำให้น้ำสกัดใสยิ่งขึ้น และมีธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณมากยิ่งขึ้น มูลสัตว์ที่ใช้ควรเป็นมูลสุกร มูลไก่ไข่หรือมูลนกกระทาที่ตากแห้งแล้ว จะให้ธาตุอาหารพืชในปริมาณที่มากกว่ามูลไก่เนื้อที่มีวัสดุรองพื้นเป็นแกลบ และมูลโคนม - โคเนื้อ ซึ่งมักกินฟาง หญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นด้วย

ตารางที่ ๑๗ ปริมาณธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ในน้ำสกัดมูลสุกร มูลไก่ไข่ มูลนกกระทาและมูลโคเนื้อ

ธาตุ	น้ำสกัดมูลสุกร ระยะขุน	น้ำสกัดมูลไก่ไข่	น้ำสกัดมูลนกกระทา	น้ำสกัดมูลโคเนื้อ
ไนโตรเจน (%)	๐.๐๙ - ๐.๑	๐.๑๕	๐.๒๓	๐.๐๔
ฟอสฟอรัส (%)	๐.๐๒ - ๐.๐๓	๐.๐๓	๐.๐๔	๐.๐๐๓
โพแทสเซียม (%)	๐.๑๓ - ๐.๑๖	๐.๒๗	๐.๒๕	๐.๑๔
แคลเซียม	๔๕ - ๙๕	๔๐๐	๔๐๐	๗๕.๘๘
แมกนีเซียม (มก./กก.)	๑๙๗ - ๒๒๙	๑๐๐	๒๐๐	๔๓.๙๓
เหล็ก (มก./กก.)	๘ - ๑๙	๘.๖๖	๑๓.๒๙	๒.๗๒
ทองแดง (มก./กก.)	๑๔ - ๒๑	๑.๕๘	๒.๖๕	๑.๓๕
แมงกานีส (มก./กก.)	๑ - ๘	๑.๙๑	๒.๖๑	๐.๒๙
โซเดียม (มก./กก.)	๓๐๓ - ๓๑๗	๐.๐๓	๐.๐๒	๔๙๗.๓๙
สังกะสี (มก./กก.)	๖ - ๘	๒.๑๘	๒.๖๖	๐.๖๒
โบรอน (มก./กก.)	๑ - ๒	๑.๙๔	๒.๗๕	๐.๖๑

ที่มา: ฝ่ายส่งเสริมและเผยแพร่ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (๒๕๕๔)

การใช้ประโยชน์จากน้ำสกัดมูลสุกร จากรายงานของสุกัญญา และคณะ (๒๕๕๐) ได้แนะนำวิธีการเตรียมน้ำสกัดมูลสุกร ดังนี้ นำมูลสุกรแห้งบรรจุลงในถุงไนลอนแล้วแช่น้ำ อัตราส่วนมูลสุกรแห้ง ๑ กิโลกรัมต่อน้ำ ๑๐ ลิตร (๑ : ๑๐) ปิดฝาถังให้สนิท และหมักเป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง แล้วยกถุงที่บรรจุมูลสุกรออกจากถัง นำน้ำสกัดส่วนใสที่ได้มาเจือจางกับน้ำ เพื่อใช้เป็นปุ๋ยรดทางดินหรือฉีดพ่นทางใบ โดยใช้มูลสุกรและน้ำสกัดมูลสุกรมีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การใช้

ประโยชน์เพื่อปรับปรุงดินเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหาร การผลิตน้ำหมักมูลสุกรที่มีปริมาณธาตุอาหารรองและจุลธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการเมแทบมอลิซึม ส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของข้าว และการใช้พัฒนาเป็นเทคโนโลยีปุ๋ยหมัก มูลสุกรสดผสมกับฟางหญ้า (วิไล และคณะ, ๒๕๔๖) เป็นต้น โดยองค์ประกอบของธาตุอาหารในมูลสุกรแห้ง และน้ำสกัดมูลสุกรที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

การใช้ประโยชน์จากน้ำสกัดมูลวัว (liquid cow manure/LCM) ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี และกิจกรรมทางชีวภาพของดินอันดับ Andisol ซึ่งเป็นดินที่มีเถ้าภูเขาไฟหนามาก น้ำหมักมูลวัวมีค่า Dry matter เท่ากับ ๕๓.๐ g/l ค่า EC เท่ากับ ๕.๙ dS/m organic matter เท่ากับ ๗๑.๑ mg/kg Dry organic carbon เท่ากับ ๒,๑๔๐ mg/l pH ๗.๕ และ N ๒๘.๖ g/kg จากผลการวิจัยพบว่า น้ำสกัดมูลวัวช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางเคมีให้ดิน และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณ C-CO_2 ชี้ว่า การใช้น้ำสกัดมูลวัวจะเพิ่มกิจกรรมการหายใจของดิน โดยมีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นโดยที่ดินจะมีศักยภาพดีขึ้นในช่วงระยะเวลาภายในไม่เกิน ๑๐ วัน หลังจากนั้นดินจะเริ่มกลับสู่สภาวะเริ่มต้นก่อนการใส่น้ำสกัดมูลวัว (Paula *et al*., ๒๐๑๐)

๒.๔) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ธาตุอาหาร โดยที่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรไนโตรเจนต้องมีระดับปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่น้อยกว่า ๔.๐ เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยอินทรีย์สูตรฟอสฟอรัสต้องมีระดับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า ๖.๐ เปอร์เซ็นต์ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, ๒๕๕๑) ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตรมีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ตามวัสดุที่มีในท้องถิ่นได้หลายรูปแบบ

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรกรมพัฒนาที่ดิน เป็นการพัฒนาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูงขึ้นมากกว่าปุ๋ยหมักทั่วไป ใช้วัตถุดิบจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรไนโตรเจน ๑๐๐ กิโลกรัม วัตถุดิบ ได้แก่ กากเมล็ดถั่วเหลืองหรือปลาป่น ๖๐ กิโลกรัม มูลสัตว์ ๔๐ กิโลกรัม มีปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ ๔.๐ - ๕.๐ ๓.๐ - ๔.๐ และ ๑.๐ - ๒.๐ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสูตรฟอสฟอรัส วัตถุดิบได้แก่ หินฟอสเฟต ๘๐ กิโลกรัม ปุ๋ยหมัก ๑๐ กิโลกรัม รำข้าว ๑๐ กิโลกรัม และจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.๙ จำนวน ๑ ซอง ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ๖ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, ๒๕๕๑) เป็นต้น

ตารางที่ ๑๘ แสดงปริมาณธาตุอาหารของวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารหลักสูง

วัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
กากเมล็ดถั่วเหลือง	๗ - ๑๐	๒.๑๓	๑.๑๒ - ๒.๗๐
ปลาป่น	๙ - ๑๐	๕ - ๖	๓.๘
รำข้าว	๒.๔๑	๔.๓๑	๑.๘๑
มูลไก่	๓.๑๙	๔.๗๓	๓.๐๑
มูลสุกร	๒.๔๑	๓.๓๘	๑.๓๑
มูลวัว/กระบือ	๑.๔๘	๐.๙๖	๒.๐๘
กากผงชูรส	๔.๙๓	๐.๓๕	๒.๔๗
กระดูกป่น	๓ - ๔	๑๕ - ๒๓	๐.๖๘
กากกาแฟ	๓.๒๑	๑.๖๔	๒.๖๐
มูลค้างคาว	๑ - ๓	๑๒-๑๕	๑.๘๔
หินฟอสเฟต	๐.๑๕	๑๕-๑๗	๐.๑๐
ขี้เถ้าไม้ยาง	๑.๑๓	๐.๐๖	๑๓.๔๘
เปลือกเมล็ดกาแฟ	๐.๙๓	๐.๑๔	๖.๒๒

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (๒๕๕๑)

๒.๕) การผลิตถ่านชีวภาพ หรือ ไบโอชาร์ (biochar)

ถ่านชีวภาพ (biochar) ซึ่งผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสด้วยความร้อนโดยใช้ออกซิเจนจำกัด (pyrolysis) มี ๒ วิธีหลัก คือ การเผาอย่างรวดเร็ว (fast pyrolysis) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย ๗๐๐ องศาเซลเซียส ใช้เวลาเป็นวินาที ผลผลิตที่ได้จะเป็นน้ำมันชีวภาพ แก๊สสังเคราะห์ และถ่านชีวภาพร้อยละ ๒๐ และเผาด้วยความร้อนอย่างช้า (slow pyrolysis) จะได้ผลผลิตจากถ่านชีวภาพมากกว่าร้อยละ ๕๐ แต่ใช้เวลาเป็นชั่วโมง ใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บคาร์บอนลงในดินและปรับปรุงดิน เนื่องจากมีคุณสมบัติคือ เป็นรูพรุนตามธรรมชาติ ช่วยให้สามารถอุ้มน้ำรวมถึงเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตัวสร้างอาหารในดิน และดูดยึดธาตุอาหาร ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชแบบช้า ๆ ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหาร นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยชีวภาพให้สูงขึ้น เป็นเทคโนโลยีที่สามารถพัฒนาได้ ตั้งแต่ระดับครัวเรือน ชุมชนและองค์กรส่วนท้องถิ่น (ศิริลักษณ์, ๒๕๕๖)

ชนิดและสมบัติของถ่านชีวภาพ ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ จำนวน ๑๕ ชนิด แบ่งเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น กะลามะพร้าว กาบมะพร้าว แกลบ ชานอ้อย ทะลายปาล์ม เปลือกตาล และไม้ไผ่ กลุ่มพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น กากกาแฟ เปลือกทุเรียน ผลมังคุด ไม้มะขาม ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ลำไย และไม้ลิ้นจี่ และกลุ่มวัสดุอื่น เช่น กากน้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น (ประไพพิศ และคณะ, ๒๕๕๗) ถ่านชีวภาพจากเศษข้าวโพดมีศักยภาพการเป็นวัสดุปรับปรุงดิน มีลักษณะพื้นผิวที่มีรูพรุนสูง ๙๓.๓๖ ตารางเมตรต่อกรัม ขนาดช่องว่าเฉลี่ย ๓๐.๒๔ เพิ่มการดูดซึมน้ำ และการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ๔๖.๐๖ cmol/kg เพื่อดูดยึดธาตุอาหาร มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ๔๘.๔๑ (รัตถชล, ๒๕๖๐) ถ่านชีวภาพจากเศษไม้มีความสามารถในการอุ้มน้ำและลดการแข็งของดิน และถ่านชีวภาพจากเศษไม้สามารถดูดซับน้ำได้ ๒ - ๔ เท่าของน้ำหนักเดิม (ทวีวงศ์, ๒๕๕๔) ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่เผา ในสภาวะไร้อากาศที่ช่วงอุณหภูมิ ๔๐๐ - ๕๐๐ องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อ

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF เถ้าของถ่านจากเปลือกทุเรียน มีองค์ประกอบของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม และมีขนาดรูพรุน ๒๐ ไมครอน (สายจิต และคณะ, ๒๕๕๕)

การใช้ถ่านชีวภาพในต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนของเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านชีวภาพจากไม้ พบว่า ถ่านชีวภาพจากตะกอนของเสียมีรูพรุนมากกว่า และมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากกว่าถ่านชีวภาพจากไม้ (Shinogi *et al*., ๒๐๐๓) ถ่านชีวภาพจากกากเมล็ดพืชที่ใช้สกัดทำน้ำมันมีปริมาณคาร์บอนสูงและเป็นคาร์บอนที่เสถียร (fixed carbon) เท่ากับ ๖๓.๗๐ เปอร์เซ็นต์ (Ozcimen และ Karaosmanoglu, ๒๐๐๔)

การใช้ถ่านชีวภาพ ในการปรับปรุงบำรุงดินในประเทศไทย เช่น การปลูกข้าวในเรือนทดลอง โดยใช้ถ่านชีวภาพ ๓ ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ยูคาลิปตัส และแกลบ ใช้ดิน ๖ กิโลกรัม ร่วมกับใส่ถ่านชีวภาพ ๖๐ กรัม มีค่า pH ๙.๙ ๙.๐ และ ๖.๘ ตามลำดับ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ๖๑.๖ ๑๑๗.๓ และ ๒๙.๙ ตามลำดับ Total C ๕๔๕ ๖๖๑ และ ๓๐๗ กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และ Total N ๘.๙ ๕.๗ และ ๑๐.๔ กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบว่า ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพมีค่า pH CEC total C และ N K Ca และ Mg ในดินเพิ่มขึ้น การใส่ถ่านลงในดินช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ และประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของดินนาที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เสาวคนธ์ และ Cadisch, ๒๕๕๕) และจากรายงานของจันจิรา และคณะ (๒๕๕๘) ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบ และถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพด เพื่อการปลูกข้าวหอมมะลิ ๑๐๕ ในพื้นที่นาดินทรายนอกเขตชลประทาน พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดจากพลังงานโรงงานไฟฟ้าที่อัตรา ๓๐๐ หรือ ๖๐๐ กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ๐.๖๓ - ๐.๘๐ เปอร์เซ็นต์ เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้นในการปลูกข้าวปีที่ ๒ ส่วนปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม มีการสะสมเพิ่มขึ้นทุกปีสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการใช้ถ่านชีวภาพอัตรา ๖๐๐ กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้ค่าความจุสนาม ค่าจุดเหี่ยวถาวร และค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด และจากรายงานของ พินิจภณ (๒๕๖๐) พัฒนาและฟื้นฟูดินทรายด้วยถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ เช่น เปลือกทุเรือน กะลามะพร้าว ฝักหางนกยูง และฝักสำโรง มีองค์ประกอบคาร์บอน ๔๘.๓๐ ๖๕.๕๔ ๗๒.๐๔ และ ๕๐.๓๕ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความเป็นด่างสูงระหว่าง ๙.๐๐ - ๑๐.๕๙ สามารถยกระดับ pH ของดินที่เป็นกรดให้มีค่า pH ที่สูงขึ้น และพบว่าดินผสมปุ๋ยหมักร่วมกับถ่านชีวภาพ มีผลให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่ถ่านชีวภาพ

๖. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

๖.๑ เชิงปริมาณ

๖.๑.๑ เอกสารวิชาการ เรื่อง การจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน จำนวน ๑ ชุด

๖.๑.๒ฐานข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน

๖.๒ เชิงคุณภาพ

๖.๒.๑ สามารถนำองค์ความรู้วางแผนการจัดการด้านการบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๖.๒.๒ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัสดุเหลือใช้ในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างคุ้มค่า

๖.๒.๓ ใช้องค์ความรู้ในการวิจัยต่อยอดงานด้านการบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุจากการใช้ประโยชน์เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน

๗. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

๗.๑ องค์ความรู้ที่ได้รวบรวมไว้สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการค้นคว้าของนักวิชาการ และเกษตรกร ใช้เป็นคู่มือในการส่งเสริมเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรตามท้องถิ่น หมุนเวียนมวลชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดิน เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชได้อย่างเหมาะสม เพื่อการพัฒนาที่ดินที่ยั่งยืน

๗.๒ สามารถพัฒนาเป็นฐานข้อมูลเชิงนโยบายและเชิงพื้นที่ เพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนางานด้านบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุจากเศษวัสดุเหลือใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๗.๓ การใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้ในการรักษาฟื้นฟูทรัพยากรดินของประเทศไทยให้มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และเป็นแนวทางการจัดการฟื้นฟูคุณภาพดินที่อย่างยั่งยืน

๗.๔ เป็นการนำจุดเด่นด้านการปรับปรุงดินเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชจากการหมุนเวียนชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศไทย มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เพื่อฟื้นฟูคุณภาพดินได้อย่างคุ้มค่า

๘. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

การรวบรวม การสังเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากมีความหลากหลายของข้อมูลทั้งชนิด และปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร การรวบรวมข้อมูลจะต้องถูกต้องและแม่นยำ

๙. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

การรวบรวมเนื้อหาปริมาณ และการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรมเกษตรบางชนิดยังไม่มีเนื้อหาเผยแพร่

๑๐. ข้อเสนอแนะ

๑๐.๑ ควรมีจัดทำฐานข้อมูลวัสดุ ชนิด องค์ประกอบทางเคมี แหล่งวัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิต และจัดทำแอปพลิเคชั่นในการรวบรวมข้อมูลวัสดุเหลือใช้ของท้องถิ่น เพื่อให้นักวิชาการ เกษตรกร และกลุ่มผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ นำมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนการพัฒนาด้านการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

๑๐.๒ ส่งเสริม สร้างการรับรู้ ความเข้าใจให้นักวิชาการและเกษตรกร ได้เข้าถึงข้อมูลเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตด้านการบำรุงดิน ที่สอดคล้องกับเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของเกษตรกร เพื่อพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมและความเป็นไปได้ การเลือกชนิดและแหล่งวัตถุดิบที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ของเกษตรกร

๑๐.๓ ส่งเสริมความรู้ใหม่ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ชีวภาพวัสดุปรับปรุงดินใหม่ และเทคโนโลยีการปรับปรุงดินรูปแบบใหม่จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ระบบเกษตรแบบผสมผสานที่เหมาะสมพัฒนาตามศักยภาพของดิน บนพื้นฐานต้นทุนต่ำ เข้าใจง่าย และปฏิบัติได้จริง

๑๐.๔ ส่งเสริมการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรทำเกษตรกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการจัดการระบบการผลิตทางการเกษตรให้ปลอดวัสดุเหลือใช้ จากการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้หมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อการปรับปรุงดินตามศักยภาพของดิน เพิ่มผลผลิต

และลดต้นทุนการผลิต เห็นถึงผลที่แท้จริงสู่การขยายผลนำไปปฏิบัติได้ และประยุกต์พัฒนาขยายผลสู่การผลิตได้เป็นวงกว้าง

๑๑. การเผยแพร่ผลงาน

๑๑.๑ การจัดทำเอกสารเผยแพร่หน้าเว็บไซต์หน่วยงาน

๑๑.๒ การนำเสนอผลงานในรูปแบบการบรรยายให้กับเจ้าหน้าที่ภาครัฐ

๑๒. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน (ถ้ามี)

นางจันจิรา แสงสีเหลือง สัดส่วนของผลงาน ๑๐๐ มีหน้าที่ รวบรวมเอกสารข้อมูลวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำคู่มือรายละเอียดของเนื้อหา และจัดทำเอกสารวิชาการการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อฟื้นฟูคุณภาพดิน

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ) .....(ผู้ขอประเมิน)

(นางจันจิรา แสงสีเหลือง)

(ตำแหน่ง) นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

(วันที่) ๒๔ / ก.ค. / ๖๖

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
-ไม่มี-	
-ไม่มี-	
-ไม่มี-	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

(ลงชื่อ) .....(ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล)

(นายคำนึง แสงขำ)

ผู้อำนวยการกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

(วันที่) ๒๔ / ก.ค. / ๖๖

หมายเหตุ คำรับรองจากผู้บังคับบัญชา คือ ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล และผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไปอีกหนึ่งระดับ เว้นแต่ในกรณีที่ผู้บังคับบัญชาดังกล่าวเป็นบุคคลคนเดียวกัน ก็ให้มีคำรับรองหนึ่งระดับได้