ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวต่อผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ดิน

The Effects of Organic Fertilizer Utilization in Rice Fields to the Rice Yield and Soil Fertility

ยศนนท์ ศรีวิจารย์,[1] กิตติ ศรีสะอาด,[2] พีระยศ แข็งขัน[3]

Yotsanon Sriwichan,[1] Kitti Srisa-ard,[2] Phirayot Khaengkhan[3]

Received: 4 March 2015 ; Accepted: 30 May 2015

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อแก้ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว ปัจจุบันเกษตรกรใช้ที่ดินทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง แต่ขาดการปรับปรุงบำรุงดินทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ มีความจำเป็นที่ต้องเร่งหาแนวทางแก้ไข แนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้และมีประสิทธิภาพที่ดี นั่นคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มอินทรียวัตถุในดินที่สามารถปรับปรุงบำรุงดินให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด วัสดุอินทรีย์เหล่านี้สามารถหาได้ง่าย และ มีความสำคัญต่อการปรับปรุงบำรุงดิน ให้ดินมีสมบัติดีขึ้นทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ โดยทางกายภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อน ทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีร่วนซุยและมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก การระบายน้ำดี ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ทางด้านเคมีของดิน ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ทางด้านชีวภาพของดิน ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ดิน ช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืชได้ ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยปรับปรุงฟื้นฟูสภาพดินเสื่อมโทรมให้มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และสามารถใช้ทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ ดินเสื่อมคุณภาพ ข้าว

Abstract

This study considers the use of organic fertilizers to solve the lack of fertile soil in rice fields. At present, Agricultural land use and sustainable agriculture work together, but a deteriorating soil base causes a need to seek solutions that assure sustainability. One concept under consideration to help sustain soil conditions is advancing the use organic fertilizer. This type of fertilizer can increase soil organic matter and improve overall soil quality. Currently the most widely used organic fertilizer includes manure and compost, which are readily available. After application it has been shown that the soil has better physical, chemical and biological makeup. The fertilizer can improve soil aggregation, soil structure, soil aeration and soil drainage. It also improves the chemical properties of the soil, and it can increase the plant nutrients and buffer capacity of pH. The soil's overall biological properties show an increase of nutrients, energy absorption and an inhibition to the growth of disease.

Keywords: organic fertilizer, deteriorated soil, rice

---

[1] *นิสิตระดับปริญญาเอก, [2,3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[1] *Master degree studies, [2,3]Assistant Professor Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.*

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่รู้จักปัจจัยที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชน้อย โดยเฉพาะปัจจัยด้านดินและปุ๋ย อาจเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของดิน ได้แก่ อินทรียวัตถุ แร่ธาตุ น้ำและอากาศ มีความสลับซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอด เวลา ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งที่อยู่ใต้ดินและบนดิน จึงสื่อสารและอธิบายให้เกษตรกรทั่วไปเข้าใจได้ยาก นอกจากนี้เกษตรกรยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ[1] จึงมีผลต่อการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรจำนวนมาก ส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญ เติบโตและผลผลิตของข้าวเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นสารประกอบทางเคมีที่ทราบปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน และพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่มีปุ๋ยแล้วเจริญเติบโตและตอบสนองอย่างรวดเร็ว[2] แต่ถ้าหากการปลูกพืชแล้วใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลักเพียงอย่างเดียวและใช้ในปริมาณที่มากเกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลือง อีกทั้งยังจะส่งผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว คือมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ดินเสื่อมสภาพการใส่ปุ๋ยเคมีมากเกินความจำเป็นจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดการปนเปื้อน[3] โดยปกติแล้วดินที่ใช้เพาะปลูกจะมีกระบวนการ 2 ด้านเกิดขึ้นควบคู่กันเสมอ คือ กระบวน การที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของดิน มีผลทำให้ผลิตภาพดินลดลง และกระบวนการอนุรักษ์ดิน ซึ่งช่วยรักษาผลิตภาพดินเอาไว้หรือทำให้ดีขึ้น ถ้ากระบวนการที่นำไปสู่ความเสื่อมของดินเกิดรุนแรงมากกว่าย่อมทำให้ผลิตภาพดินลดลง แต่ถ้าการจัดการดินระบบการปลูกพืชมีกิจกรรมด้านการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และแก้ไขปรับปรุงดินอย่างสม่ำเสมอ ผลิตภาพดินที่ดีอยู่แล้วก็จะดีต่อไปหรือมีแนวโน้มที่จะดียิ่งขึ้น[4] ทั้งนี้ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตข้าวเป็นอย่างมาก ซึ่งสภาพและคุณสมบัติของดินในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะดินส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำได้น้อย เมื่อเกิดฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ข้าวเกิดการขาดน้ำ ส่งผลต่อผลผลิตของข้าวมีปริมาณที่ต่ำ[5] ดังนั้นความจำเป็นในการปรับปรุงดินเพื่อพัฒนาคุณภาพของดินให้ดีขึ้น จึงมีความจำเป็นและเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ ณ ปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญมากขึ้น คือ การนำปุ๋ยอินทรีย์มาปรับปรุงดิน โดยเป็นรูปแบบของการเพิ่มธาตุอาหารพืชกลับคืนสู่ระบบนิเวศในดินให้มีสมบัติที่ดีขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุกลับคืนสู่ดิน ทำให้ดินฟื้นคืนชีพขึ้นมาใหม่ ดังจะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีระบบการผลิตพืชที่เป็นการใช้วัสดุอินทรีย์ในการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตและรักษาสภาพของดินไว้ เช่น ระบบเกษตรธรรมชาติ เกษตรอินทรีย์ และเกษตรยั่งยืน เป็นต้น

ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการแก้ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการที่จะนำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรและรักษาสภาพของดินให้คงอยู่ได้อย่างถาวรต่อไป

การใช้ปุ๋ยในนาข้าวของเกษตรกร

ปุ๋ยเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญ เติบโตและการให้ผลผลิตของพืช แต่เดิมนั้นการทำการเกษตรไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมีมากนัก เนื่องจากสภาพทรัพยากรดินมีความอุดมสมบูรณ์ จำนวนประชากรยังมีน้อยและการเพิ่มผลผลิตทำโดยการขยายพื้นที่ในการเพาะปลูก แต่ปัจจุบันมีการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้นและติดต่อกันยาวนานโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินจึงทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้พืชในการเจริญเติบโต ซึ่งตามหลักวิชาการ การใช้ปุ๋ยเคมีต้องสอดคล้องกับสภาพดิน ชนิดพืชและระยะเวลาที่พืชต้องการ รวมทั้งวิธีการใส่ที่ถูกต้อง แต่ปรากฏว่ายังมีเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีไม่ถูกต้องตามหลักนั้น ประกอบกับปุ๋ยเคมีที่ขายในท้องตลาดเป็นปุ๋ยเคมีสำเร็จรูป จึงทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงเกินความจำเป็น โดยประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท แม้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตปุ๋ยบางส่วนได้เองก็ตาม ซึ่งจากสถิติที่รายงานโดยฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร[6] พบว่า ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2552-2556 มีปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ รวม 5,415,020 ตัน มูลค่า 66,103 ล้านบาท ซึ่งมีปริมาณการนำเข้าที่ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ณ ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ความสนใจการทำเกษตรแบบอินทรีย์ โดยยังได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทั้งภาครัฐและเอกชนเพิ่มมากขึ้น คือ การนำปุ๋ยอินทรีย์มาปรับปรุงดิน ซึ่งอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับราคาปุ๋ยเคมีและราคาผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ภาวะเศรษฐกิจภายในประเทศมีผลอย่างมากต่อการใช้ปุ๋ยเคมี ถึงแม้อัตรานำเข้าและการใช้ปุ๋ยเคมีจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็ตาม แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้ก็ยังอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยอัตราต่ำ ไม่ได้เพิ่มขึ้นมากเท่าที่ควร สิ่งที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงขึ้น คือ การละเลยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่ต่ำลงจนกระทั่งไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เลยในหลายพื้นที่ โดยเข้าใจผิดคิดว่าพืชใช้ธาตุอาหารเพียงอย่างเดียวเท่านั้นในการเจริญเติบโตและให้

ผลผลิต ซึ่งธาตุอาหารที่พืชต้องการนั้นได้จากปุ๋ยเคมีเป็นการเพียงพอแล้ว ทำให้อินทรียวัตถุซึ่งมีอยู่เดิมในดินค่อยๆ ลดน้อยลงไปจนกระทั่งในบางพื้นที่มีปัญหาในการปลูกพืช เนื่องจากดินมีสภาพแข็งและแน่นทึบ ถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยเคมีลงไปในอัตราที่สูงขึ้น ก็ไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเท่าที่ควร จนทำให้เกษตรกรเข้าใจว่าปุ๋ยเคมีเป็นตัวการทำให้ดินเสีย และมีเกษตรกรหลายกลุ่มหันกลับไปใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพเหมือนเดิม และเลิกใช้ปุ๋ยเคมีไปเลยก็มี[7] ซึ่ง XU Ming-gang *et al*.[8] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวและความอุดมสมบูรณ์ของดินภายใต้ระบบการปลูกข้าวในระยะเวลาต่อเนื่อง 5 ปี โดยมีการวางทรีทเม้นท์ ดังนี้ (1) ใช้ปุ๋ยเคมี PK (2) ใช้ปุ๋ยเคมี NPK (3) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (M) และ(4) ใช้ปุ๋ย NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) ซึ่งผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) อย่างต่อเนื่องในระยะเวลา 5 ปี มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น (Figure 1) และการใส่ปุ๋ยในนาข้าวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์วัตถุในดิน (Figure 2) ซึ่งพบ ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (M) ทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 34.0 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม รองลงมาคือการใช้ปุ๋ย NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) มีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 29.4 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมี PK และการใช้ปุ๋ยเคมี NPK ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (24.7 และ 26.4 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ) โดย Conacher J and Conacher A[9] กล่าวว่าอาจจะเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่ช่วยป้องกันสภาพแวดล้อมและการเพิ่มผลผลิตข้าวในภูมิภาคเอเชียได้อีกทางหนึ่ง ในขณะที่ Reganold[10] และ Conacher and Conacher[9] ยังได้กล่าวว่าการประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพดิน จะส่งผลผลิตได้กำไรเพิ่มมากขึ้น และสามารถป้องกันสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

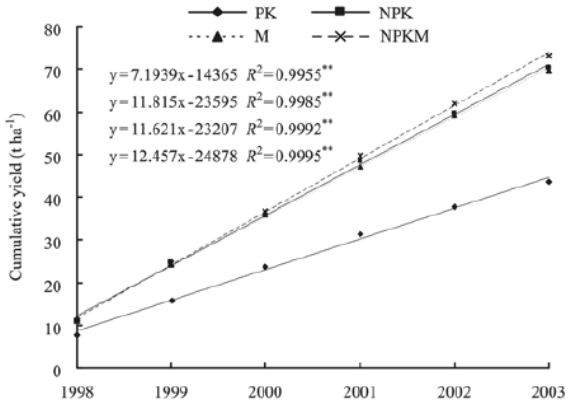

Figure 1 Regression of total yearly seed yield of rice with year (1998-2003) under different fertilization. ** indicates significant correlation at $p< 0.01$[8]

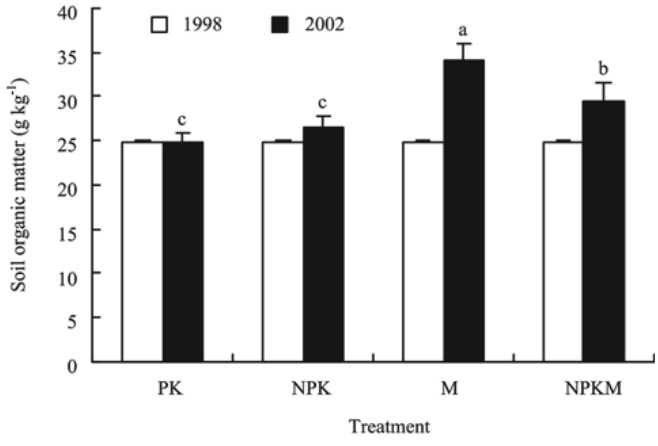

Figure 2 Change of soil organic matter under 5 years fertilization.[8]

ความสำคัญของดิน

จากทรรศนะเกี่ยวกับคำจำกัดความและส่วนประกอบของดิน ในด้านการเกษตรพบว่าดินเป็นแหล่งธรรมชาติแก่พืชที่ให้ทั้งแร่ธาตุและสารอาหาร แร่ธาตุเหล่านี้เกิดจากการสลายตัวผุผังของดินและอินทรียวัตถุในดิน พื้นที่บริเวณป่าก่อนที่จะถูกทำลายเพื่อการเพาะปลูกมีธาตุอาหารอยู่อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ดินหลังจากเปิดป่าใหม่ๆ จึงปลูกพืชได้งอกงาม และมีผลผลิตสูงโดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเพราะพืชจะดูดดึงธาตุอาหารในดินซึ่งมีอยู่อย่างเพียงพอขึ้นมาสร้างต้นและผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชออกจากไร่นาแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารพืชหรือปุ๋ยธรรมชาติในดินออกไปด้วย[11]

การปลูกพืชและการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจากไร่นาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงมีผลทำให้ดินดีกลายเป็นที่เสื่อมคุณภาพ ปลูกพืชไม่งอกงาม การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง การเปลี่ยนแปลงของดินจากสภาพดินดีไปเป็นดินเสื่อมสภาพ จะเกิดขึ้นได้เร็วช้าแตกต่างกันตามสภาพการใช้งานเพื่อการ เกษตร และวิธีการอนุรักษ์ปรับปรุงบำรุงดินของเกษตรกร ถ้าเกษตรกรมีความรู้และเข้าใจในความ สำคัญของดิน ดินก็จะเสื่อมสภาพช้า ในทางตรงข้ามกันถ้าเกษตรกรไม่เข้าใจและไม่รู้จักความสำคัญของดิน การเสื่อมโทรมของดินก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว[12]

ดินเสื่อมคุณภาพ

การเสื่อมสภาพของดิน มีลักษณะดังนี้ คือเป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำหรือมีระดับธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ไม่สมดุลกัน และไม่เหมาะสมต่อความต้องการพืช โดยดินเสื่อมคุณภาพประเภทนี้มีสมบัติทางกายภาพไม่ดี เช่น เป็นดินเหนียวแน่นทึบหรือเป็นดินทรายจัด เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุหน้าดินสูญหายไปหมดสิ้นแล้ว เป็นดินที่มีชั้นดินดานอยู่ตื้น เกิดขึ้นเนื่องจากมีการบดอัดแน่นจากรถแทรกเตอร์หนักๆ ที่ใช้ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลานาน ดินประเภทนี้ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ดินมีความโปร่ง อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวก ประเภทสุดท้ายเป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ มีธาตุอาหารไม่สมดุลและยังมีสมบัติทางกายภาพเลว ดินประเภทนี้ต้องใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นการปรับสภาพดินทั้งทางด้านโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น และเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้สูงขึ้น[11]

ดังนั้น ดินเสื่อมคุณภาพสามารถแก้ไข ปรับปรุงบำรุงดินให้ดีขึ้น สามารถปลูกพืชต่อไปได้ และให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่ต้องใช้วิธีการต่างๆ หลายวิธีรวมกัน เช่น ต้องมีการเตรียมดินให้เหมาะสม ใช้พันธุ์พืชที่ดี การปฏิบัติดูแลรักษาที่ดี และที่สำคัญการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ในการปรับปรุงดินปัจจุบัน

ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งได้มาจากซากพืช ซากสัตว์ เศษเหลือสารอินทรีย์ต่างๆ เซลล์จุลินทรีย์ และผลิต ภัณฑ์จะเป็นประโยชน์เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดย กระบวนการของจุลินทรีย์เสียก่อน ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ชนิดต่างๆ[13]

ปุ๋ยคอก (Animal manure)

ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ โค กระบือ สุกร และไก่ โดยได้มีการนำมูลสัตว์เหล่านี้มาใช้ทางการเกษตรอย่างแพร่หลายเป็นเวลานานหลายปีมาแล้ว ปุ๋ยคอกไม่เพียงแต่จะให้อินทรียวัตถุ ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่เม็ดดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย[14] ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ แสดงใน Table 1

Table 1 Analysis of the nutrients in the manure[15]

Type manure	Nutrients		
	N (%)	P (%)	K (%)
Cow dung	1.91	0.56	1.40
Buffalo dung	1.23	0.55	0.69
Chicken manure	3.77	1.89	1.76
Duck manure	2.15	1.13	1.15
Sheep manure	1.87	0.79	0.92
Horse manure	2.33	0.83	1.31
Swine	2.80	1.36	1.18
Bat droppings	1.05	14.82	1.84

ปุ๋ยหมัก (Compose)

ปุ๋ยพวกนี้เป็นปุ๋ยที่ได้จากการหมักเศษพืช เช่น หญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว โดยการหมักให้เกิดการย่อยสลายเน่าเปื่อยเสียก่อนจึงจะนำไปใส่ในดินเป็นปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยพืชสด (Green manure)

เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการปลูกพืชปุ๋ยสด ได้แก่ พืชตระกูลถั่วต่างๆ แล้วทำการไถกลบเมื่อพืชเจริญเติบโตซึ่งอยู่ในช่วงที่กำลังออกดอก พืชตระกูลถั่วที่ควรใช้เป็นปุ๋ยพืชสดควรมีอายุสั้น มีระบบรากลึก ทนแล้ง โรคและแมลงได้ดี เป็นพืชที่ปลูกง่ายและมีเมล็ดมาก ตัวอย่างพืชเหล่านี้ ได้แก่ ถั่วพร้า โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ปอเทือง เป็นต้น

ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน

ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อการปรับปรุงดินมาก เพราะเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่จะทำให้สภาพ ต่างๆ ของดินดีขึ้นช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดดิน ดินไม่อัดตัวกันแน่น มีการถ่ายเทอากาศดี การอุ้มน้ำ และการไหลซึมของน้ำในดินดีขึ้น ร่วมทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน[16] นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมน้อย แต่จะมีธาตุอาหารรองหรือจุลธาตุที่เพียงพอหรือเกือบพอเพียงตามความต้องการของพืช[7] ซึ่งในระยะแรกๆ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้พืชมีผลผลิตไม่สูงมากนัก แต่ถ้าใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ แล้วผลผลิตพืชจะสูงมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินดีขึ้นเรื่อยๆ สอดคล้องกับ Gene *et al*.[17] พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงในปีที่ 2 ของการทดลอง โดยการใช้ปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ 25 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตในนาข้าวและฝ้ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลช่วยปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้ใกล้เป็นกลาง รวมทั้งช่วยดูดยึดธาตุอาหารต่าง ๆ เอาไว้ไม่ให้สูญเสียไปจากดินได้โดยง่าย[18]

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว

ปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวกันอย่างแพร่หลาย ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และสภาพของดิน สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้มีทั้งปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แสดงให้เห็นผลผลิตข้าวที่ปลูกสูงขึ้นและคุณสมบัติของดินดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Sang Yoon Kim *et al*.[19] ได้ทำการศึกษาการใส่ปุ๋ยคอกในการแก้ปัญหาดินในการปลูกข้าว พบว่าผลผลิตของข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในดิน (Figure 3) แม้ว่าการประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผลผลิตข้าวที่สูงขึ้นยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์จากมูลวัวในปีที่สองความแตกต่างระหว่างผลผลิตของปุ๋ยมูลวัวและปัจจัยปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

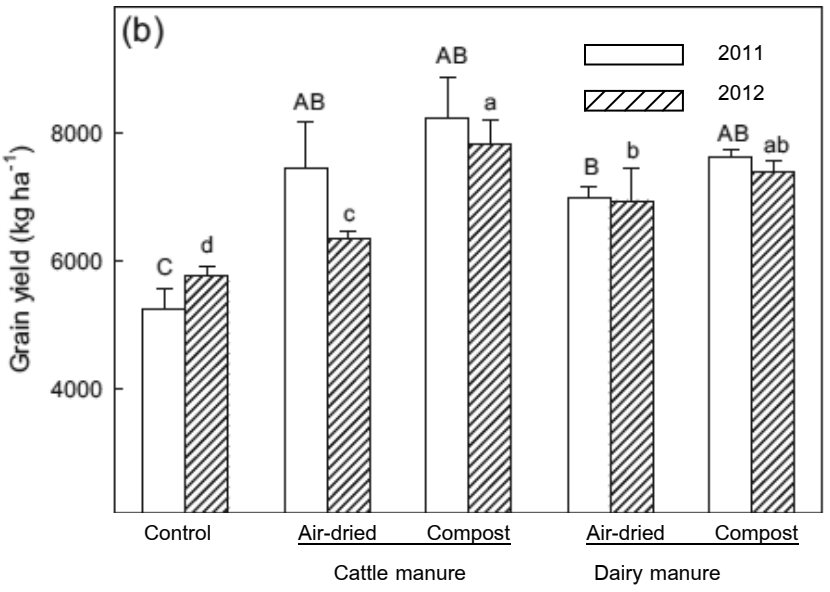

Figure 3 Grain yield in air-dried and composted manures applied soil during rice cultivation (different letters denote significant differences at $p< 0.05$ level). Vertical bars represent standard deviations (n= 3).[19]

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวนอกจากจะเป็นการช่วยเพิ่มธาตุอาหารแล้ว ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินที่ผ่านการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานให้ดีขึ้น[20] นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเช่นปุ๋ยคอก ซึ่งการใช้ปุ๋ยคอกยังมีผลต่อการปรับปรุงดินทั้งในด้านสมบัติทางเคมี ทางกายภาพและทางชีววิทยาของดิน และในด้านการเพิ่มผลผลิต[21] ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารตลอด เกิดการเปลี่ยนแร่ธาตุจากอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สาร ทำให้ได้ผลผลิตมากระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก[22] และยังชะลอการลดลงของอินทรียวัตถุในดินและการเสื่อมโทรมของดินที่ผ่านการทำการเกษตร และช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน[23] ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตต่อพืช Polthanee[24] ได้ศึกษาผลของการไถกลบตอซังข้าวและปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวอินทรีย์ โดยวางทรีทเม้นท์ดังนี้ (1) ไถกลบต่อซังข้าว (2) ไถกลบต่อซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอก (3) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และ (4) ไถกลบต่อซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพ ในการการวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในส่วนใบและลำต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML) พบว่าในส่วนของใบข้าวปริมาณธาตุ N และ K ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณธาตุ P ในใบข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01) โดยการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยคอก และการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีปริมาณธาตุ P ในใบข้าวมากที่สุด ขณะที่ในส่วนของลำต้นของข้าวพบว่า ทุก ทรีทเม้นท์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01) โดยทรีทเม้นท์ที่ใช้วิธีการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและทรีทเม้นท์ที่ใช้วิธีการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและชีวภาพ มีปริมาณธาตุอาหาร N, P และK ที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (Table 2)

Table 2 Nitrogen, phosphorus and potassium content in leaves and stems of KDML 105 as affected by application of rice straw, cattle manure and bio-extracted fertilizer at panicle initiation in 2009[24]

Treatments	Leaf			Stem		
	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Rice straw	1.614	0.165b	2.381	0.430b	0.193b	2.510b
Rice straw + cattle manure	1.580	0.219a	2.514	0.484a	0.267a	2.938a
Rice straw + bio-extracted fertilizer	1.603	0.176b	2.389	0.500a	0.208b	2.756ab
Rice straw + cattle manure+ bioextracted fertilizer	1.645	0.212a	2.548	0.535a	0.259a	2.859a
F-test	ns	**	ns	**	**	**
CV (%)	2.92	2.92	3.56	3.72	9.41	4.73

*Means followed by the same letter at the same column were not significantly different by LSD ** significant at p< 0.01 and NS not significant*

ซึ่งในด้านปริมาณผลผลิตต่อไร่ Polthanee[24] ยังพบว่าในแต่ละทรีทเม้นท์แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดย ทรีทเม้นท์ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและทรีทเม้นท์ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพให้ผลผลิตในปริมาณมากที่สุด 611.24 และ 607.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ ทรีทเม้นท์การไถกลบตอซังข้าวเพียงอย่างเดียว และทรีทเม้นท์ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพให้ผลผลิตในปริมาณน้อยที่สุด คือ 496.50 และ 518.30 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3) แม้ว่าปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ให้ผลได้รวดเร็วในการเพิ่มผลผลิตข้าว แต่ก็มีปัญหาสำหรับเกษตรกร คือ มีราคาแพงและหาซื้อยากในบางครั้ง อีกทั้งเมื่อใช้ติดต่อกันนาน ๆ หรือใช้ไม่ถูกวิธี อาจทำให้ pH ของดินลดลง และทำให้ดินแน่นขึ้นด้วย[25] ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลตอบแทนของการทำนาที่คุ้มค่าในระยะยาว จึงควรมีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างหน้าที่หลายประการของดิน ซึ่งในที่สุดย่อมมีความ สัมพันธ์กับผลผลิตพืช

Table 3 Grain yield of KDML 105 as affected by application of rice straw, cattle manure and bio- extracted fertilizer in 2009[24]

Treatments	Grain yield (kg/ha^{-1})
Rice straw	496.50b
Rice straw + cattle manure	611.24a
Rice straw + bio-extracted fertilizer	518.30b
Rice straw + cattle manure+ bio-extracted fertilizer	607.50a
F-test	*
CV (%)	11.78

*Means followed by the same letter at the same column were not significantly different by LSD * significant at p< 0.05 and NS not significant*

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติของดิน

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสามารถประมวลผลต่าง ๆ ของปุ๋ยอินทรีย์ต่อคุณสมบัติของดินสามารถสรุปได้ ดังนี้

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นสารที่มีประสิทธิ ภาพสูงในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งรวมถึงความหนาแน่นหรือความพรุนของดิน ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดิน ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นปุ๋ยที่ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้มากกว่าปุ๋ยเคมี ซึ่งมักจะไม่มีสารที่จะให้อินทรียวัตถุในดินเลย เช่น การใช้ปุ๋ยคอก ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยคอกติดต่อกัน 5 ปี ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี โดยที่การใช้ ปุ๋ยหมักติดต่อกันมีผลทำให้ความหนาแน่นรวม และความแข็งของดินลดลงและทำให้ความพรุนของดิน การถ่ายเทอากาศ การเกิดเม็ดดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวติดต่อกัน (Table 4)

Table 4 The effect of manure 1,600 kg/ha^{-1} for 5 years on soil physical[26]

Soil Properties	NPK	manure
Bulk density (g/cm^3)	1.37	1.22
Porosity (%)	48.3	54.0
Ventilation (cm/sec)	0.27	0.41
The soil (%)	33.6	45.6

Jung and Yang (2000)

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีของดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรงถึงแม้จะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำจากวัสดุเศษพืชต่างๆ ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองครบถ้วนที่พืชจะใช้ในการเจริญเติบโต รวมถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยที่สำคัญ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม และอื่นๆ

ปุ๋ยอินทรีย์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีส่วนให้ปุ๋ยเคมีที่มีอยู่ในรูปของแคตไอออนบางชนิดถูกดูดซึมไม่สูญเสียไป และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีและเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารมาก เช่น การใส่ปุ๋ยหมักในดินกรดสามารถช่วยลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งช่วยดูดยึดธาตุทั้งสองไว้ทำให้ละลายสารละลายดินลดลง และการใช้ปูนร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะสามารถลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมและแมงกานีสได้ดีที่สุด โดยเหตุที่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ต่ำ และสลายตัวให้ฮิวมัสซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงมักปรากฏผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในลักษณะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยมีอินทรีย์ที่มีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในปริมาณสูงมาก จึงช่วยเจือจางความเข้มข้นของไอออนที่อยู่บริเวณรอบๆ และควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างฉับพลัน จึงช่วยให้พืชเจริญเติบโตสม่ำเสมอดีขึ้น[27]

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในดินเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดินทำให้จุลินทรีย์ดินเพิ่มปริมาณมากขึ้น และพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายสาร อินทรีย์ กระบวนการแปรสภาพของสารอินทรีย์จากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น การเปลี่ยนรูปอนุมูลแอมโมเนียม ซึ่งเป็นรูปที่พืชดูดนำไปใช้ได้ยากให้อยู่ในรูปไนเตรท ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายและกระบวนการตรึงไนโตรเจน เป็นต้น รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไมคอโรซาที่บริเวณรากพืชด้วย นอกจากนั้นยังพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน การใส่ปุ๋ยหมักทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น เช่น *Azotobacter* sp. จะมีในปริมาณมาก[28] การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย มีผลช่วยยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิด โรคพืชของเชื้อโรคโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้

รากพืชปุ๋ยหมักเป็นธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดในดิน และทำให้พืชเกิดโรคน้อยลง นอกจากนี้แล้วจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญเติบโตอยู่ สามารถขับสารปฏิชีวนะ รวมทั้งสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ได้หลายชนิด เป็นการลดการระบาด และความรุนแรงของโรคพืชบางชนิดลงได้[29] การเจริญของจุลินทรีย์ดินทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งกรดอินทรีย์บางชนิดพืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง บางชนิดมีผลต่อการปลด ปล่อยและเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทีหนึ่ง นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอย (nematode) ในดินจากผลการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรามากขึ้น จะทำให้มีปริมาณไส้เดือนฝอยในดินเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่าช่วยทำให้ปริมาณของไส้เดือนฝอยลดน้อยลง[30]

สรุป

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าปัญหาสภาพการใช้ปุ๋ยและปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว มีความสำคัญมาก และนับวันจะยิ่งมีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแนวทางในการแก้ไข และปรับปรุงการขาดความอุดมสมบูรณ์ดินโดย เร็วที่สุด แนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้และมีประสิทธิ ภาพที่ดี คือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาผลิตเป็นปุ๋ยชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด วัสดุอินทรีย์เหล่านี้สามารถหาได้ง่าย และมีความสำคัญต่อการปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้กับดิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญ เติบโตของพืช อินทรียวัตถุทำให้ดินมีคุณภาพด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพดีขึ้น สามารถฟื้นฟูสภาพดินให้มีชีวิตใหม่ มีคุณภาพดี มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นเพื่อให้ทรัพยากรดินซึ่งเป็นสิ่งสำคัญและมีค่าสำหรับมนุษย์ การใช้ที่ดินจึงต้องมีการบำรุงรักษาควบคู่กันไปด้วยและต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุกลับคืนสู่ดิน สามารถฟื้นฟูสภาพดินให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น แม้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะใช้ระยะเวลานานแต่ก็จะเกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดี และสามารถใช้ทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. โครงการปุ๋ยลดต้นทุน“จุดเปลี่ยน” การใช้ปุ๋ยเคมีในประเทศไทย. วารสารดินและปุ๋ย. 2554; 33(2):165-168.
2. คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2548; 547 น.
3. ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. วารสารดินและปุ๋ย 2549; 28: 2-6.
4. ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. ปุ๋ยพืชการเกษตรยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม; 2551.
5. สุวัฒน์ เจียระคงมั่น. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพนาน้ำฝน และนาชลประทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2541.
6. ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร; 2558. [Cited May 8, 2015].ได้มาจาก : *http://*www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13029.
7. วิระ ศรีธัญรัตน์. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ (สุรินทร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์; 2544.
8. XU Ming-gang, LI Dong-chu, LI Ju-mei, QIN Dao-zhu, Kazuyuki Yagi and Yasukazu Hosen. Effects of Organic Manure Application with chemical fertilizers on Nutrient Absorption and Yield of Rice in Hunan of Southern China. Agricultural Sciences in China. 2008; 7(10): 1245-1252.
9. Conacher J and Conacher A. Organic farming and the environment, with particular reference to Australia. Biological Agriculture Horticulture. 1998,16: 145-171.
10. Reganold J P. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems. American Journal of Alternative Agriculture. 1995, 10: 36-45.
11. บัญชา รัตนีทู. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 2555;4(2):155-127.
12. ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาก้าวไกล วิจัยวิชาการ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ; 2547.

13. ธงชัย มาลา. ปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยชีวภาพ. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม; 2546.
14. สุพจน์ ชัยวิมล. ปุ๋ยคอก. 2550. [Cited May 16, 2015]. ได้มาจาก *http://agriqua.doae.go.th/organic/input / manure.doc*.
15. กองวิเคราะห์ดิน. ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ; 2540.
16. ภาควิชาพืชศาสตร์. ปุ๋ยอินทรีย์. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. ภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. นราธิวาส; 2551.
17. Gene Stevens, John Lory, Alan Sheckell, Keith Birmingham and Chris Moylan. Using Chicken Manure on Cut and Fill Areas of a Graded Field. Agricultural Electronic Bulletin Board. 2001.
18. Whalen, K. J., C. Chang, and W.G. Clanyton. Cattle manure and lime amendment to improve crop production of acidic soil in northern Alberta. Can.Of Soil Sci. 2002; 82: 223-238.
19. Sang Yoon Kim, Prabhat Pramanik, Jessie Gutierrez, Hyun Young Hwang and Pil Joo Kim. Comparison of methane emission characteristics in air-dried and composted cattle manure amended paddy soil during rice cultivation. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2014; 197: 60–67.
20. นรีลักษณ์ ชูวรเวช. ควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มปป.
21. Fulhage, D. C. Land Application Consideration for Animal Manure. 2000. Available from *http://muextention.missouri. edu/xplor/envgual/egg0202.* [13 May 2015].
22. Miller, J.J.,N.J. Sweetland, and C. Chang. Soil physical properties of a chemozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. Can.Of Soil Sci. 2002; 82: 287-296.
23. อานัฐ ตันโช. การวิเคราะห์และประเมินผลสำเร็จของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอินทรียวัตถุ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินในประเทศไทย. 2549.ได้มาจาก: *http:// www.dld.go.th/nutrition /exhibition/Resesrch/research_ full/2531/* [16 May 2558].
24. Anan Polthanee. Growth and Yield of Organic Rice as Affected by Rice Straw and Organic Fertilizer. International Journal of Environmental and Rural Development . 2011*; 2–1*: 93-99
25. Kanwar, J.S. Soil fertility-theory and practice. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research. 1976.
26. Jung, K.Y. & Yang, J.E. Recycling technology of live stock wastes. In international Seminar on Issues in the Management of Agricultural Resources In Commemoration of FFTC 30th Anniversary, September 6-8, 2000. National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC. 2000.
27. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ; 2544.
28. Marchesini, A., Allievi, L., Comotti, E. & Ferrari, A. long-term effects of quality-compost treatment on soil. plant and Soil. 1986; 160: 253-261.
29. Hoitink, H.A.J. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopathol. 1986; 24: 93-114.
30. กรมพัฒนาที่ดิน. การจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักงานเทคโนโลยีชีวภาพ กรมพัฒนา ที่ดิน, กรุงเทพฯ; 2551.