# ผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยบำรุงดินต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับการทำนา[1]

*เกริก ปิ่นตระกูล[2] และ พันธวัศ สัมพันธ์พานิช[3]*

***บทคัดย่อ***

*การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการใช้ปุ๋ยบำรุงดินในนาข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอก) ปุ๋ยชีวภาพ (ชนิดเม็ด) และปุ๋ยเคมี ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน คุณภาพน้ำในนาข้าว รวมทั้งศึกษาการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในเมล็ดข้าว การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย และผลผลิตของข้าว โดยผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินพบว่า มีปริมาณอาร์เซนิก และแมงกานีส 2.12-15.3 และ 211-334 มก./กก. ตามลำดับ โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยคอกในช่วงก่อนทำการเก็บเกี่ยวมีการตกค้างของอาร์เซนิก และแมงกานีสในดินต่ำกว่าทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย และพบปริมาณแมงกานีสในน้ำ 0.10-0.81 มก./ล. แต่ไม่พบปริมาณอาร์เซนิกในน้ำทุกกรรมวิธีทดลอง สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินและน้ำมีค่า 4.79-6.62 และ 6.21-8.37 ตามลำดับ นอกจากนี้พบปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในดิน ทั้ง 4 ช่วงเวลา 3.34-10.3 และ 30.1-55.4 มก./กก. ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยคอกในการทำนาเป็นการเพิ่มธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ส่วนปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำ มีค่า 0.20-0.95 และ 0.25-0.67 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบการตกค้างของอาร์เซนิกในข้าวสารและเปลือกข้าวของทุกกรรมวิธีทดลอง สำหรับแมงกานีสในข้าวสารและเปลือกข้าวพบว่า มีค่าการสะสม 56.0-58.8 และ 84.6-137 มก./กก. ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า กรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 1,412 1,802 1,824 และ1,881 บาท/ไร่ ตามลำดับ และได้ผลผลิต 604, 510, 496 และ 758 กก./ไร่ ตามลำดับ หากแต่กรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าการลงทุนต่ำที่สุด และเป็นกรรมวิธีที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินและคุณภาพน้ำน้อยที่สุด*

***คำสำคัญ**: ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี คุณภาพดิน คุณภาพน้ำ การทำนา*

## บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นสินค้าที่มีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก ในกระบวนการผลิตข้าวในปัจจุบันได้มีการใส่ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูข้าว ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษสิ่งแวดล้อมทางดิน และน้ำ ทำให้นาข้าวเกิดการตกค้างสะสม และปนเปื้อนด้วยอนินทรีย์เคมี อินทรีย์เคมี สารประกอบอนินทรีย์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของดินและน้ำด้วย อันเป็นการส่งผลกระทบต่อคุณภาพข้าวที่นำมาบริโภค ฉะนั้น กรรมวิธีปฏิบัติหรือวิธีการปลูกข้าวนอกจากต้องคำนึงถึงความยั่งยืนในเรื่องของการผลิตแล้ว ควรต้องคำนึงถึงในเรื่องคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับการทำนา โดยเฉพาะคุณภาพดินและน้ำ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเกณฑ์ในการใส่ปุ๋ยบำรุงดินที่ดีเหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับการทำนา ต่อไป

---

*[1] สนับสนุนงานวิจัยโดย ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*[2] สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*[3] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

**วิธีการศึกษา**

การทดลองการใช้ปุ๋ยบำรุงดินในนาข้าว โดยการเลือกพื้นที่แปลงนาใน อ.หันคา จ.ชัยนาท จำนวน 4 ไร่ โดยแต่ละไร่มีกรรมวิธีปฏิบัติ ดังนี้

1. แปลงใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอก) โดยแบ่งพื้นที่แปลงนาออกเป็น 3 แปลง/ไร่ ในอัตรา 1,000 กก./ไร่ จำนวน 3 ครั้ง คือ 1) 500 กก./ไร่ ช่วงเตรียมแปลง 2) 300 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 20 วัน และ 3) 200 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 60 วัน

2. แปลงใส่ปุ๋ยชีวภาพ (ชนิดเม็ด) โดยแบ่งพื้นที่แปลงนาออกเป็น 3 แปลง/ไร่ ในอัตรา 50 กก./ไร่ จำนวน 3 ครั้ง ดังนี้ 1) 20 กก./ไร่ ในช่วงเตรียมแปลง 2) 20 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 20 วัน และ 3) 10 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 60 วัน

3. แปลงใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-20-0 และ 46-0-0) โดยแบ่งพื้นที่แปลงนาออกเป็น 3 แปลง/ไร่ ในอัตรา 25 และ 15 กก./ไร่ ตามลำดับ จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ 1) สูตร 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ ในช่วงของต้นข้าวอายุ 20 วัน 2) สูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 60 วัน และ 3) สูตร 46-0-0 ในอัตรา 5 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 80 วัน

นอกจากนี้ กรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี ได้มีการใส่สารกำจัดหอยเชอรี่ ในอัตรา 6 กก./ไร่ ในช่วงของการเตรียมแปลงปลูก และมีการใส่สารเร่งการเจริญเติบโตได้แก่ สารสกัดชีวภาพหอยเชอรี่ในปริมาตร 50 มล./น้ำ 20 ลิตร ในช่วงต้นข้าวอายุ 20 และ 60 วัน และมีการใส่สารเร่งดอกได้แก่ ฮอร์โมนไข่ในปริมาตร 10 มล./น้ำ 20 ลิตร ในช่วงต้นข้าวอายุ 60 และ 80 วัน

4. แปลงนาที่มีการปฏิบัติโดยทั่วไปของเกษตรกรในพื้นที่ อ.หันคา จ.ชัยนาท และเป็นพื้นที่ใกล้กับแปลงนาทดลองในครั้งนี้ มีขั้นตอนการใส่ปุ๋ยเคมีจำนวน 2 ครั้ง คือ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ร่วมกับสูตร 46-0-0 อัตรา 20:4 กก./ไร่ ในช่วงต้นข้าวอายุ 25 และ 60 วัน นอกจากนี้ มีการใช้สารกำจัดหอยเชอรี่ในอัตรา 6 กก./ไร่ ในช่วงของการเตรียมแปลงปลูก และพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช และพ่นอาหารเสริมสำหรับข้าวในปริมาตร 120 มล./น้ำ 12 ลิตร ในช่วงต้นข้าวอายุ 90 วัน

สำหรับการศึกษานี้ ได้วางแผนการเก็บตัวอย่างดินและน้ำ ในแต่ละช่วงกิจกรรมของการทำนา ดังนี้ 1) ช่วงเตรียมแปลงปลูก (ต้นข้าวอายุ 0 วัน) 2) ช่วงต้นข้าวอายุ 30 วัน 3) ช่วงต้นข้าวอายุ 70 วัน และ 4) ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวข้าว (ต้นข้าวอายุ 100 วัน) ซึ่งในการเก็บตัวอย่างดิน และน้ำ ได้วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

1) ตัวอย่างน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไนเตรท ($NO_3^-$) ฟอสเฟต ($PO_4^{3-}$) อาร์เซนิก (As) และแมงกานีส (Mn)

2) ตัวอย่างดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไนเตรท ($NO_3^-$) ฟอสเฟต ($PO_4^{3-}$) อาร์เซนิก (As) และแมงกานีส (Mn)

3) ตัวอย่างเมล็ดข้าว และเปลือกข้าว ได้แก่ อาร์เซนิก (As) และแมงกานีส (Mn)

นอกจากนี้ได้วิเคราะห์คุณสมบัติของดิน และคุณสมบัติของปุ๋ยเบื้องต้น ก่อนทำการทดลอง โดยได้วิเคราะห์หาปริมาณการสะสมของ As Mn ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) โคบอล (Co) ซิลิเนียม (Se) สังกะสี (Zn) นิเกิล (Ni) แมกนีเซียม (Mg) และโครเมียม (Cr) ในดินและปุ๋ย พบว่า ปริมาณการสะสมของ As และ Mn ทั้งในดินและปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองมีแนวโน้มสูง และยังพบว่าปุ๋ยชีวภาพที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณ As และ Mn ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3.9 และ 1,800 มก./กก. ตามลำดับ สำหรับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 มีปริมาณ As เป็นองค์ประกอบ 5.8 มก./กก. ซึ่งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมเช่นเดียวกัน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกเฉพาะโลหะหนักที่มีปริมาณการสะสม และตกค้างในปุ๋ย และในดินที่ศึกษาสูงได้แก่ As และ Mn เท่านั้น

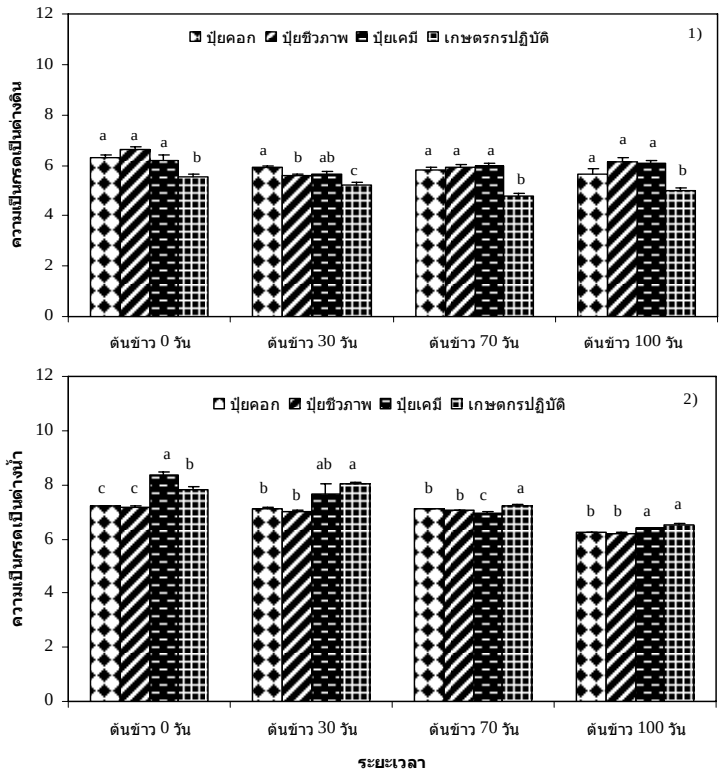
**ผลการศึกษา**

**คุณลักษณะที่เป็นอนินทรีย์เคมีในดินและน้ำ**

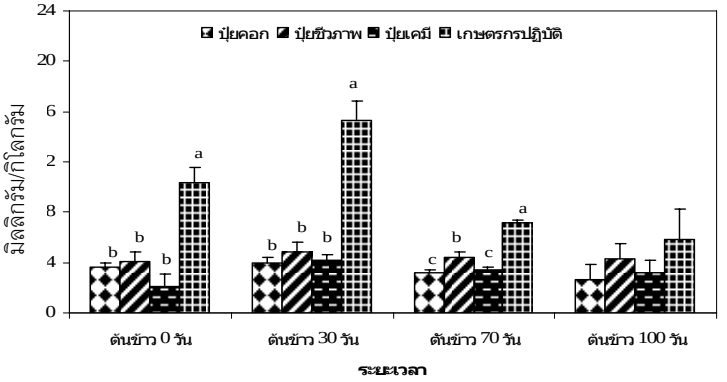
1) **ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)** สำหรับคุณภาพดินในทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย พบว่า ค่า pH ที่วัดในสภาพดินแห้ง ทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินมีค่า 4.79-6.62 (ภาพที่ 1-1) ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว อย่างไรก็ตามค่า pH ในดินทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างตามกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.79-5.56 ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณสมบัติดินเดิมของแปลงนาเกษตรกร มีสภาพความเป็นกรด-ด่างในระดับต่ำ อันเกิดมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 และปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) และ สิทธิพร (2546) ซึ่งรายงานว่า การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ร่วมกับสูตร 21-0-0 มีผลทำให้ดินมีค่า pH ลดต่ำลงกว่าเดิม นอกจากนี้ จากการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในทุกช่วงเวลาของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย พบค่า pH 6.21-8.37 (ภาพที่ 1-2) เมื่อช่วงต้นข้าวอายุ 100 วัน หรือช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่า น้ำจากแปลงนาของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยมีค่าลดลงจากเดิม โดยทุกจุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทานที่กำหนดค่า pH ที่เหมาะสมไว้อยู่ในช่วง 6.5-8.5

2) **ปริมาณอาร์เซนิก (As)** จากภาพที่ 2 ปริมาณ As ในดินและน้ำ ของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยพบว่า ดินมีปริมาณ As เท่ากับ 2.12-15.30 มก./กก. โดยทั้ง 4 ช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินในแปลงนาของเกษตรกรในพื้นที่มีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง โดยเฉพาะในช่วงต้นข้าวอายุ 30 วัน มีค่า 15.30 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดค่าการปนเปื้อน As ไว้ไม่เกิน 3.9 มก./กก. และมีค่าการปนเปื้อนสูงกว่ากรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยอื่นๆ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณ As ในดินแปลงนาของเกษตรกร ในช่วงต้นข้าวอายุ 100 วัน มีค่า 5.88 มก./กก. ซึ่งมีค่าลดลง

อาจเนื่องมาจากการดูดดึงโดยข้าวไปสะสมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวัลนิภา (2547) รายงานว่า ต้นข้าวมีการดูดดึง As ไปสะสมที่รากของต้นข้าว ตอซัง ฟาง และข้าวเปลือก นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์หา As ในน้ำจากทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยพบว่า มีปริมาณ As น้อยมากจนไม่สามารถหาค่าได้

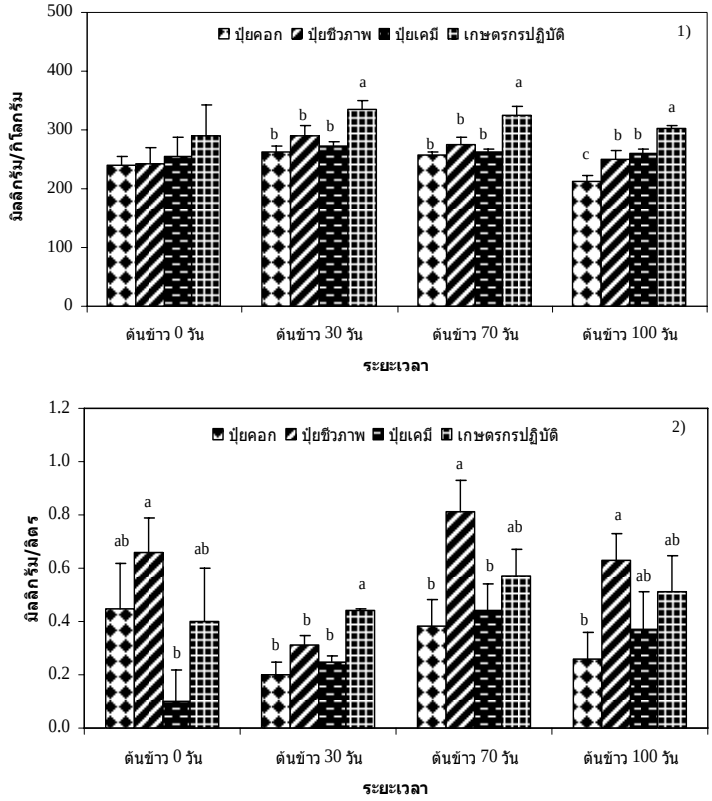



ภาพที่ 1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 1) ในคุณภาพดิน และ 2) คุณภาพน้ำ




ภาพที่ 2 ปริมาณอาร์เซนิกในดิน

3) **ปริมาณแมงกานีส** (Mn) ในดิน ของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย ทุกช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างมีค่า 211-334 มก./กก. (ภาพที่ 3-1) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1,800 มก./กก. อย่างไรก็ตาม ดินในกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่พบ Mn สะสมมากที่สุด 291-334 มก./กก. ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยอื่นๆ อาจเนื่องมาจากปุ๋ยเคมีที่ใช้มี Mn เป็นองค์ประกอบ 422 มก./กก. จึงทำให้ดินแปลงนาของเกษตรกรมีการสะสม Mn เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ Mn ในคุณภาพน้ำ ทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย ทุกช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างพบ 0.10-0.81 มก./ล. ทั้งนี้ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกพบอยู่ในช่วง 0.20-0.45 มก./ล. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 มก./ล. (ภาพที่ 3-2) นอกจากนี้ คุณภาพดินและน้ำจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และ 46-0-0 รวมทั้งกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่มีปริมาณ Mn เพิ่มขึ้นในช่วงต้นข้าวอายุ 30 และ 70 วัน ทั้งนี้เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 ในแปลงนาทั้ง 2 กรรมวิธีปฏิบัติ จึงทำให้พบปริมาณ Mn เป็นองค์ประกอบในคุณภาพดินและน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า ในช่วงต้นข้าวอายุ 100 วัน มีปริมาณ Mn ลดต่ำลง ซึ่งอาจเกิดจากการดูดดึงไปสะสมยังส่วนต่างๆ ของต้นข้าว




ภาพที่ 3 คุณลักษณะที่เป็นอนินทรีย์เคมีในดินและน้ำ 1) ปริมาณแมงกานีสในดิน 2) ปริมาณแมงกานีสในน้ำ

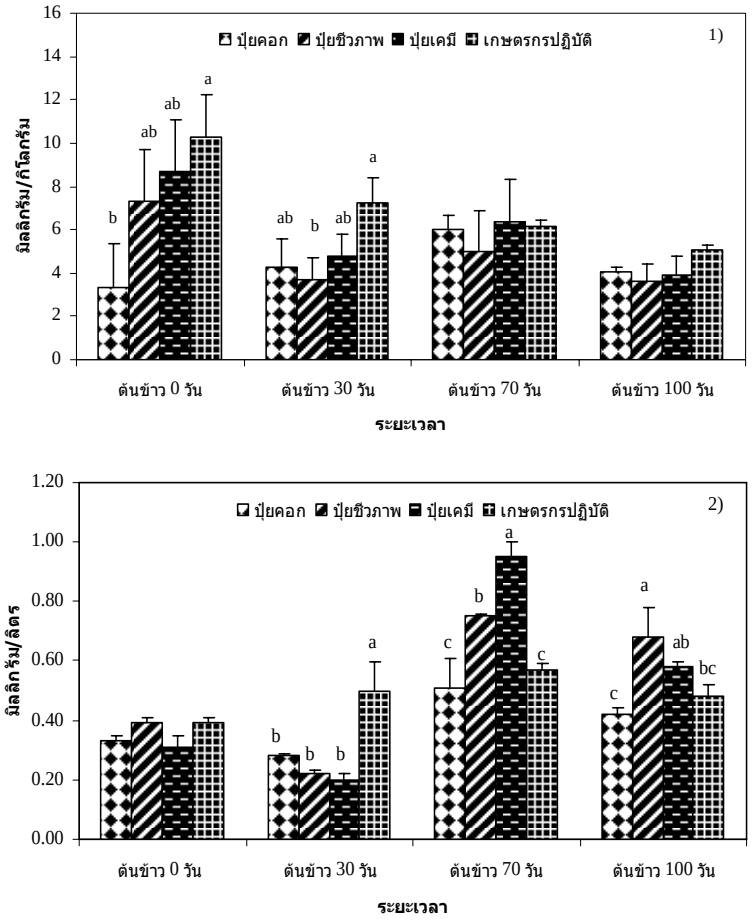
**คุณลักษณะที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์เคมีในดินและน้ำ**

1) **ปริมาณไนเตรท** ($NO_3^-$) ในคุณภาพดินทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย และทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินพบปริมาณ $NO_3^-$ เท่ากับ 3.34-10.3 (ภาพที่ 4-1) ทั้งนี้ กรรมวิธีปฏิบัติใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณ $NO_3^-$ เพิ่มสูงขึ้นในทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณการใส่ปุ๋ยคอกในแปลงดังกล่าว ซึ่งปุ๋ยคอกมีคุณสมบัติเป็นอินทรีย์สาร ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายให้เป็นอนินทรีย์สาร ต้นข้าวจึงจะสามารถดูดดึง $NO_3^-$ ไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตาม $NO_3^-$ มีปริมาณลดลงเมื่อต้นข้าวมีอายุ 100 วัน หรือช่วงก่อนทำการเก็บเกี่ยวข้าว ในทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ต้นข้าวมีความสามารถในการดูดดึง $NO_3^-$ ไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ วัลนิภา (2547) ที่ศึกษาและพบว่า มีการสะสมปริมาณของไนโตรเจนในส่วนของฟางข้าว รากข้าว ลูกข้าว และเมล็ดข้าวเปลือก

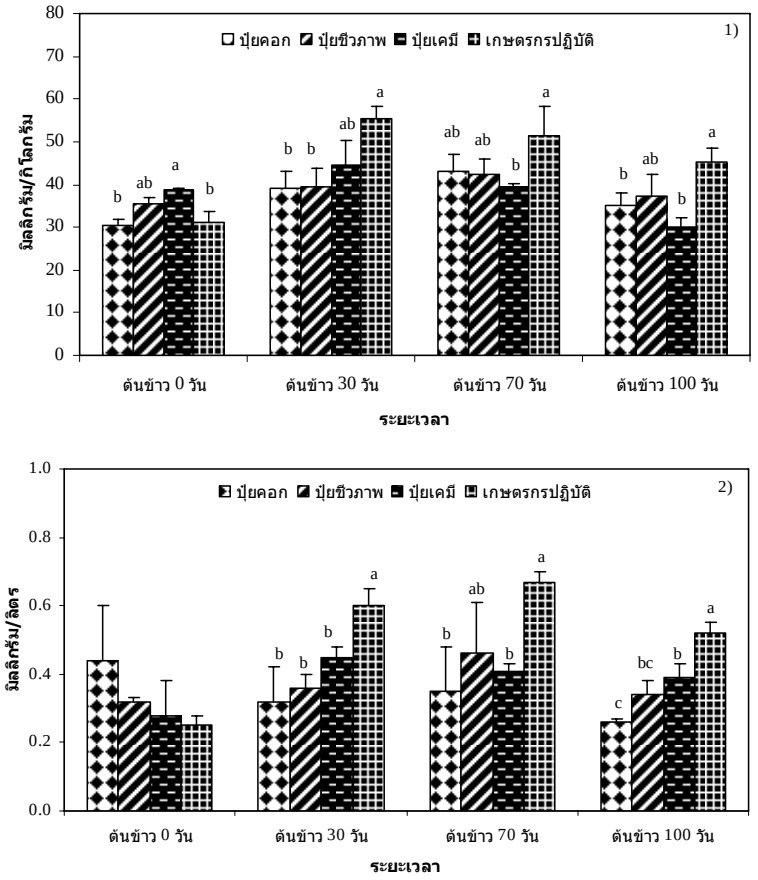
สำหรับปริมาณ $NO_3^-$ ในทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างน้ำจากแปลงนา ทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยมีค่า 0.20-0.95 มก./ล. โดยในช่วงต้นข้าวอายุ 70 วัน ของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย มีปริมาณ $NO_3^-$ สูงกว่าช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4-2) ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ใส่ลงไปในแปลงนาของแต่ละกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย ทั้งปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ หรือปุ๋ยเคมี ที่สลายตัวเป็นไนเตรทและสามารถถูกชะล้างออกสู่แหล่งน้ำได้ทำให้ไนเตรทมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอก ในช่วงต้นข้าวอายุ 20 และ 60 วัน ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เป็นอนินทรีย์สารในสภาวะที่เหมาะสมโดยจุลินทรีย์ ซึ่งคาดว่ามีการสลายตัวของปุ๋ยคอกเป็นอนินทรีย์สารจำนวนมากในช่วงที่ต้นข้าวมีอายุได้ 60 วัน ทำให้ปริมาณไนเตรทละลายน้ำในช่วงนี้เพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้พบว่า คุณภาพน้ำในนาข้าวมีปริมาณ $NO_3^-$ สูง ซึ่งเป็นอนินทรีย์สารที่อาจถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์ไปเป็นไนไตรต์ ($NO_2^-$) และไนเตรท ($NO_3^-$) ได้ง่าย

2) **ปริมาณฟอสเฟต** ($PO_4^{3-}$) ในคุณภาพดินของแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และการปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่ ทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินพบปริมาณการสะสมฟอสเฟต 30.6-43.1, 35.6-42.2, 30.1-44.6 และ 31.0-55.4 มก./กก. ตามลำดับ (ภาพที่ 5-1) อยู่ในเกณฑ์ที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของต้นข้าว นอกจากนี้ยังพบว่า คุณภาพดินของกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ $PO_4^{3-}$ ในช่วงต้นข้าวอายุ 100 วัน ต่ำที่สุด 30.07 มก./กก. ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในช่วงที่ต้นข้าวอายุ 60 และ 80 วัน ซึ่งมีปริมาณ $PO_4^{3-}$ เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยน้อยมาก จึงทำให้มีปริมาณ $PO_4^{3-}$ ลดลง และอาจเกิดจากการต้นข้าวดูดดึง $PO_4^{3-}$ ไปใช้ประโยชน์ ในขณะที่ปริมาณ $PO_4^{3-}$ ในคุณภาพน้ำพบว่า ในทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างน้ำจากแปลงนาในทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย มีค่า 0.25-0.67 มก./ล. โดยเฉพาะในกรรมวิธีปฏิบัติของแปลงนาเกษตรกรช่วงต้นข้าวอายุ 30 และ 70 วัน สูงกว่ากรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยอื่นๆ ซึ่งมีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากข้อมูลการใส่ปุ๋ยในแปลงนาเกษตรกรพบว่า มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ร่วมกับสูตร 46-0-0 เมื่อต้นข้าวมีอายุ 25 และ 60 วัน ซึ่งปุ๋ยที่ใส่มีปริมาณ $PO_4^{3-}$ เป็นองค์ประกอบสูง และสามารถถูกชะล้างออกสู่แหล่งน้ำได้ จึงทำให้มีปริมาณ $PO_4^{3-}$ เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงต้นข้าวอายุ 100 วัน ปริมาณ $PO_4^{3-}$ ในคุณภาพน้ำของแปลงนาเกษตรกรลดลงเหลือ 0.52 มก./ล. ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมีการดูดดึง $PO_4^{3-}$ ไปใช้ในการสร้างดอก และรวงข้าว




ภาพที่ 4 คุณลักษณะที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์เคมีในดินและน้ำ 1) ปริมาณไนเตรทในดิน 2) ปริมาณไนเตรทในน้ำ




ภาพที่ 5 คุณลักษณะที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์เคมีในดินและน้ำ 1) ปริมาณฟอสเฟตในดิน 2) ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ

**คุณลักษณะนินทรีย์เคมีในข้าวสารและเปลือกข้าว**

การสะสมปริมาณ As และ Mn ในทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย พบว่า ปริมาณการสะสมของ As ในข้าวสารและเปลือกข้าวค่อนข้างต่ำมากจนไม่สามารถตรวจหาค่าได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากการดูดดึง As ไปสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว อย่างไรก็ตาม สำนักคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดให้มีการสะสมของ As ที่สามารถปนเปื้อนในอาหารได้ ไม่เกิน 2.6 ไมโครกรัม/กก. (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) เนื่องจาก As เป็นโลหะหนักที่เป็นพิษ (Toxic Element) เมื่อเกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมมักก่อให้เกิดมลพิษ อีกทั้งยังเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งได้อีกด้วย สำหรับปริมาณการสะสมของ Mn ในข้าวสารของทุกกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีค่า 58.0, 57.3, 57.4 และ 58.8 มก./กก. ตามลำดับ ในขณะ

ที่เปลือกข้าวมีการสะสมแมงกานีส 84.6, 96.1, 137 และ 121 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงการสะสมระดับปกติที่พบในพืชทั่วไป 15-150 มก./กก. (Chaney, 1982) อย่างไรก็ตาม หากร่างกายมนุษย์ได้รับสารแมงกานีสมากเกินไปอาจไปทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้พฤติกรรมแปรปรวน กล้ามเนื้ออ่อนแรง และปวดหัว เป็นต้น

**ผลผลิตข้าว**

จากการศึกษาผลกระทบของการใช้ปุ๋ยต่อคุณภาพดินและน้ำสำหรับการทำนา ในกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่ พบว่า แปลงนาดังกล่าวให้ผลผลิต 604, 509, 496 และ 757 กก./ไร่ (คำนวณที่ระดับความชื้น 14%) ดังตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการปลูกข้าวเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อต้นทุนการผลิต ในกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยพบว่า ต้นทุนในการผลิตของกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอกต่ำสุด 1,412 บาท/ไร่ นอกจากนี้ เมื่อนำผลผลิตที่ได้ในแต่ละกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ย มาคิดคำนวณจากการประกันราคาข้าวของรัฐบาลที่ 14.3 บาท/กก. (กรมการค้าภายใน, 2550) พบว่า รายได้จากการขายข้าวของแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และแปลงเกษตรกร เท่ากับ 8,637 7,293 7,093 และ 10,839 บาท ตามลำดับ หากแต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนสุทธิต่อต้นทุนการผลิต (B/C ratio) ที่ได้รับพบว่า กรรมวิธีปฏิบัติในการใส่ปุ๋ยคอกให้ผลตอบแทนต่อต้นทุนสุทธิสูงสุด 5.12 ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถกล่าวได้ว่า ผลตอบแทนต่อต้นทุนสุทธิหรือความคุ้มทุนในการลงทุนสำหรับการทำนาพบว่า กรรมวิธีปฏิบัติในการใส่ปุ๋ยคอกมีความคุ้มทุนมากที่สุด

**สรุปและเสนอแนะ**

การศึกษากรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยบำรุงดิน 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี รวมทั้งกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่ ผลการทดลองสามารถกล่าวโดยสรุปคือ การใส่ปุ๋ยคอกในแปลงนาอัตรา 1,000 กก./ไร่ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นคือ มีปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยคอกไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และพบการสะสมของแมงกานีสในเมล็ดข้าวสารและเปลือกข้าวต่ำที่สุด รวมทั้งยังมีความคุ้มทุนมากที่สุด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยชีวภาพอัตรา 50 กก./ไร่ ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0) อัตรา 40 กก./ไร่ และกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยคอกในการทำนาควรใช้อย่างต่อเนื่อง เพราะสามารถทำให้คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำดีขึ้น หากแต่กรณีที่ต้องซื้อปุ๋ยคอกมาใช้ ซึ่งมีราคาขายกิโลกรัมละ 1 บาท ต้นทุนของปุ๋ยคอกจำนวน 1,000 กก. คิดเป็นเงิน 1,000 บาท จะทำให้มีค่าการลงทุนที่สูงเป็น 2,412 บาท/ไร่ และให้ความคุ้มทุนต่ำ ฉะนั้นหากจะใช้ปุ๋ยคอกต้องลดอัตราการใส่ลงเพื่อความเหมาะสม หากแต่ปริมาณที่ลดลงต้องมีประสิทธิภาพให้ผลผลิตเท่าเดิมหรือไม่ลดลงจากเดิม สำหรับแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีควรมีการแนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีลง หันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์

(ปุ๋ยคอก) แทนที่ละน้อยในแต่ละปีจนกระทั่งไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อความปลอดภัยของเกษตรกรผู้ใช้ อีกทั้งเป็นการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย และต้นทุนการผลิตข้าว ในกรรมวิธีปฏิบัติของการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีปฏิบัติของเกษตรกรสำหรับการทำนา

| ค่าใช้จ่าย | กรรมวิธีปฏิบัติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ปุ๋ยคอก | ปุ๋ยชีวภาพ | ปุ๋ยเคมี | แปลงเกษตรกร |
| ต้นทุนคงที่ (บาท/ไร่) | 1,140.00 | 1,140.00 | 1,140.00 | 1,140.00 |
| ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่) | 272.00 | 662.00 | 684.00 | 741.00 |
| ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่) | 1,412.00 | 1,802.00 | 1,824.00 | 1,881.00 |
| ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) | 604.00 | 510.00 | 496.00 | 758.00 |
| ราคาขาย (14.3 บาท/กิโลกรัม) | 8,637.00 | 7,293.00 | 7,093.00 | 10,839.00 |
| ผลตอบแทนสุทธิ | 7,224.80 | 5,490.60 | 5,268.40 | 8,958.90 |
| ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิต | 5.12 | 3.05 | 2.89 | 4.76.00 |

หมายเหตุ: ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ = ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิต (มากกว่า 1 ถือว่าคุ้มทุน)

## เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2541. อาร์เซนิก (Arsanic). ฝ่ายศูนย์ข้อมูลสารอันตรายและอนุสัญญากองจัดการสารอันตรายและกากของเสียอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมวิชาการค้าภายใน. 2550. “ราคาข้าว” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.dit.go.th (22 กันยายน 2550).

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิพร เกตุวรสุนทร. 2546. ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ตามระยะทำเทือก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวตั้งท้อง ต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวพันธุ์หอมขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลนิภา หมั่นเพียรสุข. 2547. ธาตุอาหารและธาตุพิษบางชนิดที่ตกค้างในดินและลูกข้าวภายหลังการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าวพันธ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chaney, R.L. 1982. Fate of toxic substances in sludge appland. Proc. Inter. Symp. Land Application of Sewage Sludge. Tokyo, Japan. P.259-324.