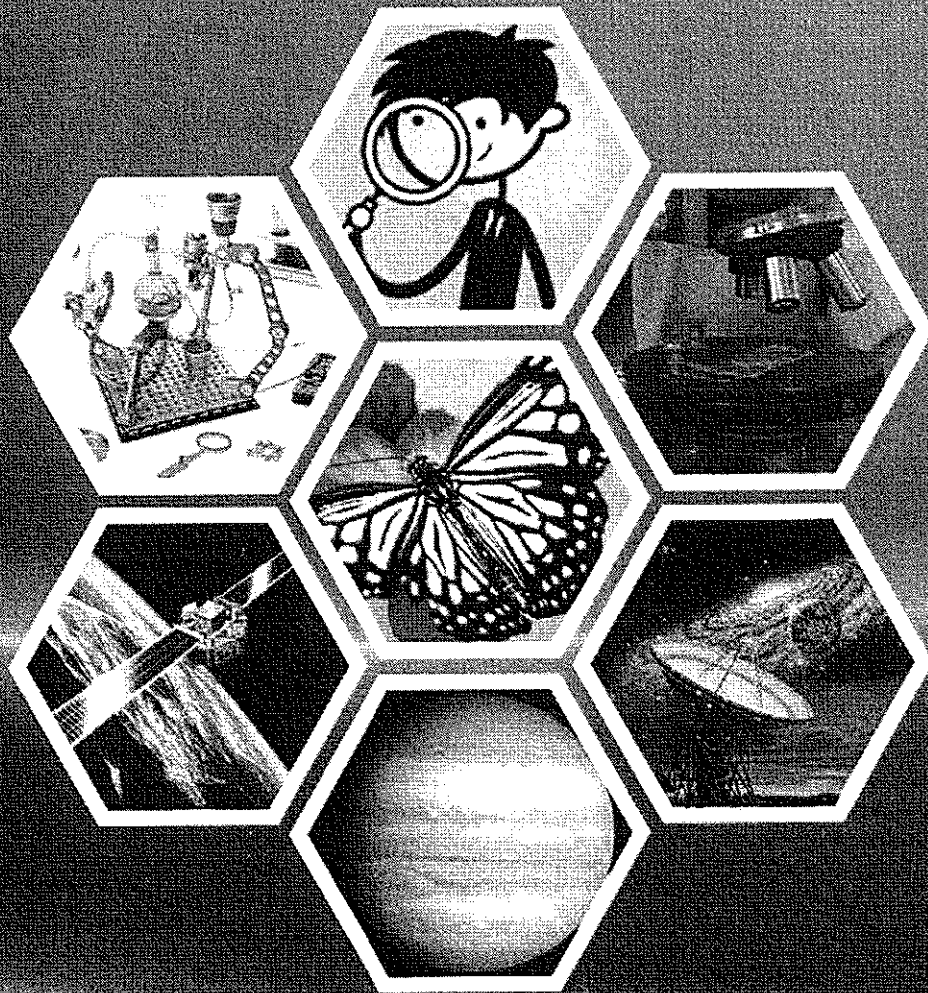


ปีที่ 11 มกราคม - ธันวาคม 2553

วารสารวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ISSN 1905 - 3193 Journal of Science

ปุ๋ยไนโตรเจน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

ภัทรา เพ่งธรรมกิตติ¹ อภิชาติ โหมคตาค² และ เชิดชัย โพธิ์ศรี³

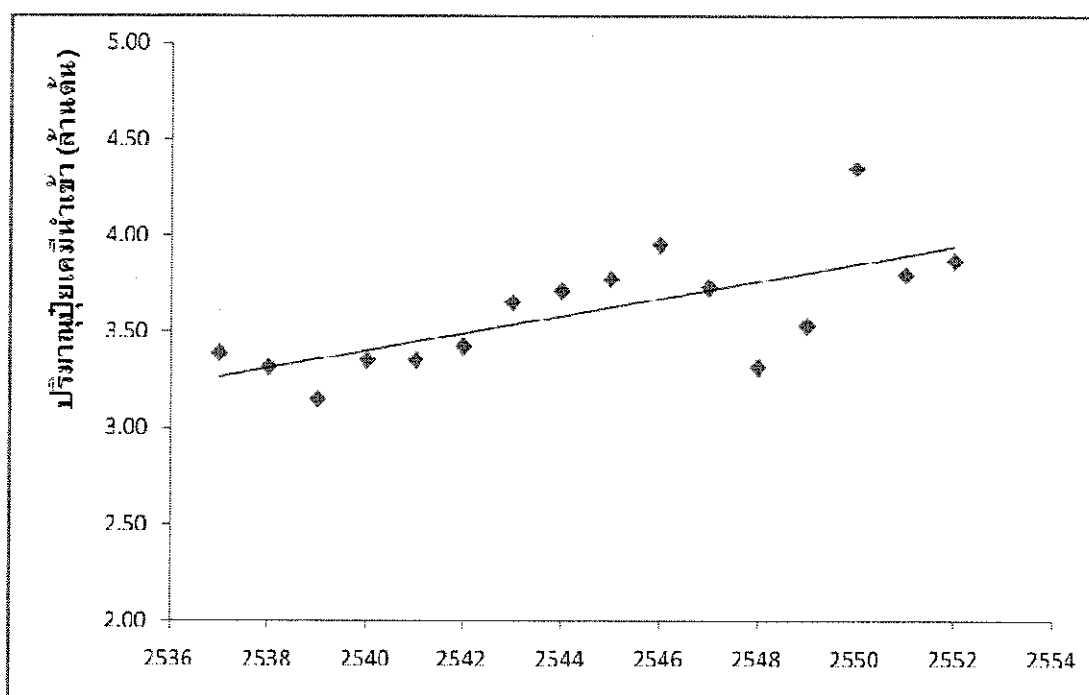
ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มักพบว่าขาดแคลนในดินเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง (Sanchez, 1976) พื้นที่เพาะปลูกเหล่านี้จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อรักษาและเพิ่มผลผลิต ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้นที่มักประสบปัญหาความเสื่อมโทรมดิน รวมถึงการขาดความอุดมสมบูรณ์ดิน ทำให้มีการใส่ปุ๋ยในพื้นที่เพาะปลูกเป็นปริมาณมาก ข้อมูลจากกรมเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ระบุว่าไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีเป็นปริมาณ 3.9 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 42,413 ล้านบาท และมีแนวโน้มการนำเข้าปุ๋ยเพิ่มอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2552 (ภาพที่ 1) โดยทั่วไปปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงดินนั้นถูกพืชนำมาใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยประมาณ ร้อยละ 10-20 หรือไม่เกินกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (Chen et al., 2008) และปุ๋ยไนโตรเจนที่เติมลงในพื้นที่ปลูกพืชบางส่วนจะสูญเสียอย่างรวดเร็วไปกับสิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำและอากาศ ดังนั้นเกษตรกรจึงใส่ปุ๋ยมากเกินไปเกินความต้องการของพืชเพื่อชดเชยกับการสูญเสียไนโตรเจน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืช (nitrogen use efficiency) มีค่าค่อนข้างต่ำ และเป็นสาเหตุให้ต้องเสียค่าปุ๋ยสูงเกินความจำเป็นและไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ

สาเหตุหลักของการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนเกิดจากอัตราการปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของพืชหรือการดูดซับของรากพืช ทำให้ไนโตรเจนส่วนเกินสูญเสียไปกับกระบวนการต่างๆ ในดิน โดยปกติเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียลงดินแล้ว เอนไซม์ยูเรียเอส (urease) ในดินและเศษซากพืชจะย่อยสลายยูเรียออกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับแอมโมเนียที่พืชจะใช้งานต่อไป ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรทจะละลายอย่างรวดเร็วกับน้ำในดินและให้รากพืชดูดซับไปใช้งานได้ แต่หากการปลดปล่อยยูเรีย แอมโมเนียม และไนเตรท ออกมาจากปุ๋ยด้วยอัตราที่เร็วเกินกว่าอัตราที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้ทัน จะทำให้สูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน โดยยูเรียจะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งส่วนหนึ่งระเหยไปกับอากาศ (ammonia volatilization) หรือเปลี่ยนรูปต่อไปเป็นไนเตรทและสูญเสียไปกับน้ำใต้ดิน รวมถึงเปลี่ยนรูปเป็นไนตรัสออกไซด์หรือก๊าซไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ

¹หน่วยวิจัยเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (ET unit) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

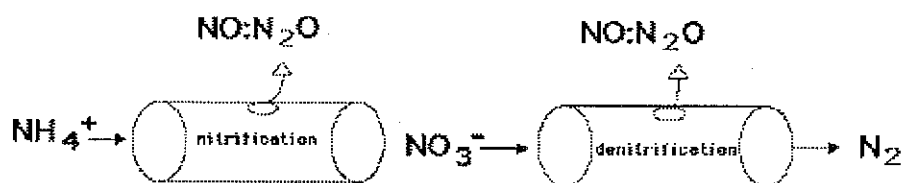
²ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

³สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, พิษณุโลก 65000



ภาพที่ 1 ปริมาณปุ๋ยเคมีที่นำเข้าประเทศไทย (จุด) และเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณปุ๋ยที่นำเข้า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2552 (คัดแปลงจากข้อมูลของกรมเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

นอกจากนี้ ไนโตรเจนส่วนเกินหรือที่สูญเสียนี้ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ได้แก่ (1) ไนเตรต (NO_3^-) ที่เกินพอกถูกชะละลายลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน ก่อให้เกิดปัญหาภาวะธาตุอาหารเกินในแหล่งน้ำ (eutrophication) และทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ (2) ไนเตรตถูกชะและเคลื่อนที่ลึกลงไปในดิน ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในน้ำใต้ดิน และหากมีการนำน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนไนเตรตมาใช้ในการอุปโภคบริโภค อาจทำให้มีความเสี่ยงต่อความเป็นพิษของไนเตรต เช่น ปัญหาไนเตรตที่เป็นพิษต่อทารก (baby blue syndrome) และ (3) ไนโตรเจนยังอาจถูกเปลี่ยนรูปด้วยกระบวนการชีวเคมีของจุลินทรีย์ดิน และปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ออกสู่บรรยากาศ โดยที่ไนตรัสออกไซด์รั่วจากกระบวนการทั้งสองในลักษณะที่รั่ว (leak) ผ่านรูออกจากท่อ (hole of pipe) (ภาพที่ 2) โดยก๊าซไนตรัสออกไซด์นี้เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อนที่สำคัญภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming potential) ที่สูงเกือบ 300 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และยังเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่มีพื้นที่เกษตรเป็นแหล่งกำเนิดหลัก โดยสัดส่วนไนตรัสออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากดิน คิดเป็นร้อยละ 65 ของปริมาณไนตรัสออกไซด์ทั้งหมดที่ปลดปล่อยทั่วโลก (Smith et al., 1998)



ภาพที่ 2 การรั่วของไนโตรเจนออกไซด์ออกจากกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน

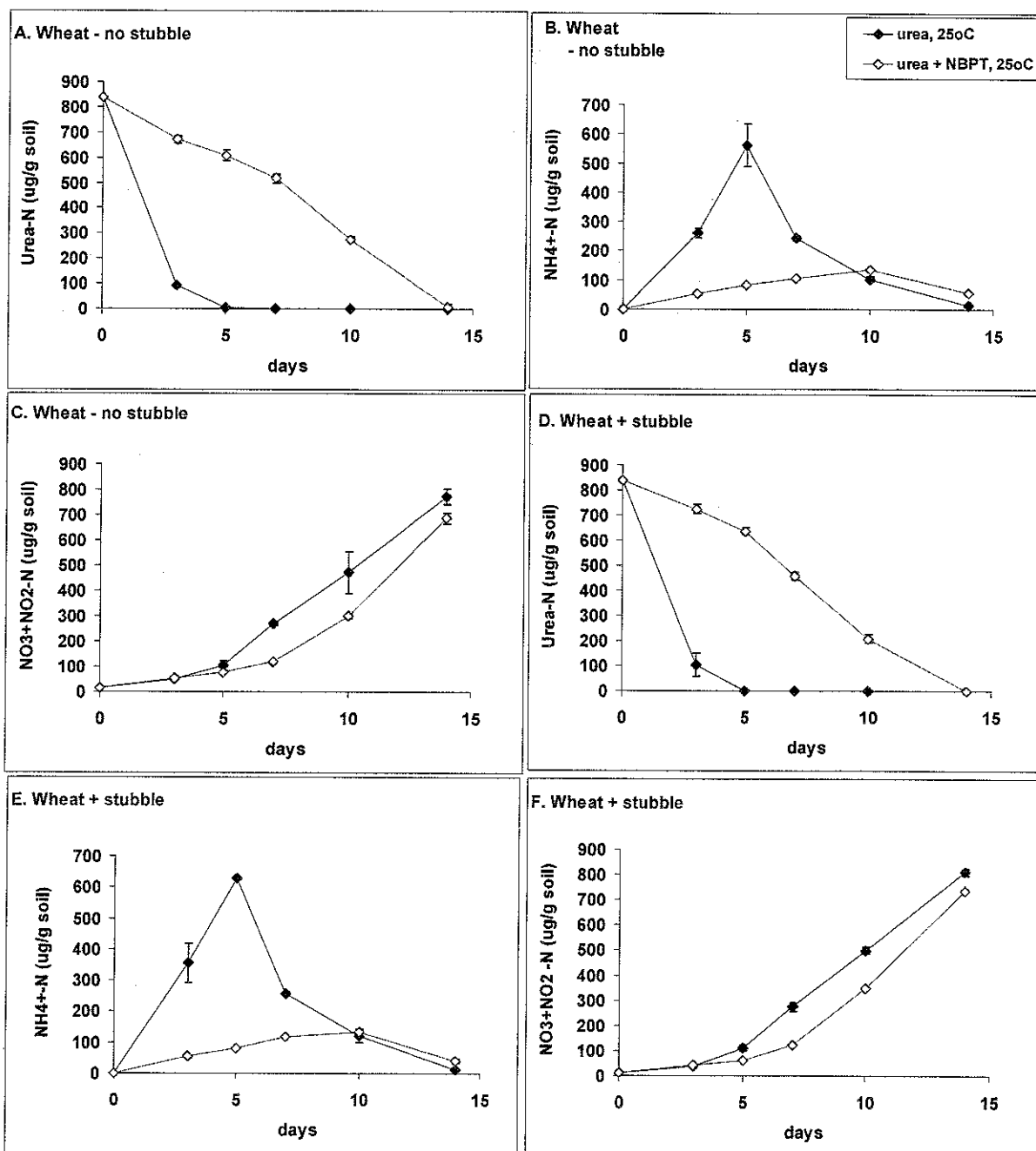
การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของพืช ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนรูปต่างๆของปุ๋ยไนโตรเจนอีกด้วย โดยปัจจัยที่มีผล ได้แก่ รูปของปุ๋ยที่ใช้ วิธีการใส่ปุ๋ย และระบบนิเวศเกษตร (เช่น ความชื้นดินและอุณหภูมิดิน รูปแบบการปลูกพืช) เป็นต้น ชนิดของปุ๋ยและการแบ่งใส่ปุ๋ย (split application) มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชได้ (Ankumah et al., 2003; Vallejo et al., 2006) โดยนิยมแบ่งใส่ปุ๋ยในพื้นที่เพาะปลูกเป็น 2-3 ครั้ง ของแต่ละรอบการเพาะปลูก โดยให้ปุ๋ยเป็นปริมาณน้อยในแต่ละครั้งที่สอดคล้องกับความต้องการของพืช แต่การแบ่งใส่ปุ๋ยนี้มีข้อจำกัด คือ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและเสียเวลาในการดำเนินการ และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชยังทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนหรือร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยอินทรีย์จะค่อยๆปลดปล่อยไนโตรเจนทีละน้อยตามเวลาซึ่งจะตรงกับความต้องการไนโตรเจนของพืชมากกว่าปุ๋ยเคมี แต่มีปัญหาคุณภาพและความสม่ำเสมอของธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์และปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นแหล่งคาร์บอนให้แก่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่ส่งเสริมการผลิตก๊าซไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศ

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การชะลอการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยไนโตรเจนคงค้างอยู่ในดินได้ยาวนานขึ้น และยังชะลอการสูญเสียไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย โดยการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนเกิดจากหลายกระบวนการ โดยเฉพาะกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งหากสามารถชะลอกระบวนการไนตริฟิเคชัน จะช่วยลดอัตราการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นไนเตรต จะช่วยลดการสูญเสียไนเตรตไปกับน้ำและอากาศ (ในรูปก๊าซไนโตรเจน) ผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนั่นเอง และอีกกระบวนการที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนรูปของยูเรียไปเป็นแอมโมเนียมด้วยเอนไซม์ยูรีเอส (urease enzyme) ในดิน ที่หากสามารถชะลอการเปลี่ยนรูปของยูเรียได้ จะช่วยลดการสูญเสียยูเรียตั้งแต่ต้นทางนั่นเอง ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาสารยับยั้งกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน จึงมีความสำคัญที่จะช่วยเพิ่มระยะเวลาให้ปุ๋ยเคมีคงอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกได้ยาวนานขึ้น และลดความเสี่ยงในการปล่อยสู่ธรรมชาติให้ต่ำลง

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารที่ใช้เคลือบปุ๋ย เพื่อลดอัตราการละลายของปุ๋ยหรือลดอัตราการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนที่ช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ปุ๋ยละลายช้า (slow release fertilizer) ซึ่งเป็นปุ๋ยเคมีที่เคลือบด้วยสารประกอบหรือพอลิเมอร์ที่ลดการละลายของปุ๋ย และ enhanced efficiency fertilizer

(EEF) โดยสารเคลือบปุ๋ย EEF ที่สำคัญ ได้แก่ สารยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitor) เช่น dicyandiamide (DCD) ที่จะลดการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรท และสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูเรียเอส (urease inhibitor) เช่น N-(*n*-butyl) phosphoric triamide (NBPT) และ cyclohexylphosphoric triamide ที่จะลดการเปลี่ยนรูปของปุ๋ยยูเรียเป็นแอมโมเนีย จึงทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยเป็นไปอย่างช้าๆ และสอดคล้องกับความต้องการของพืชมากยิ่งขึ้น และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Akiyama et al., 2000; Chen et al., 2008; Vallejo et al., 2006) แต่มีอายุการใช้งานของปุ๋ยที่สั้นและอาจทำให้ปุ๋ยมีราคาที่สูงขึ้น และตัวอย่างงานศึกษาของ Pengthamkeerati (2009) พบว่าการใช้ปุ๋ยที่ผสมสารยับยั้งเอนไซม์ยูเรียเอสที่มีชื่อทางการค้าว่า Green urea 14 (ผสมสาร NBPT) ในดินทดลองที่ไม่มีและมีการใส่ซังข้าวสาลี ช่วยลดการเปลี่ยนรูปของยูเรียไปเป็นแอมโมเนียม ไนเตรท และไนเตรท ได้อย่างมีประสิทธิภาพและดินที่ใส่และไม่ใส่ซังข้าวสาลีให้ผลการลดการเปลี่ยนรูปของยูเรียในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 3) การศึกษาของ Freney et al. (1995) พบว่าสารที่สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ดี คือ cyclohexylphosphoric triamide (CHPT) และ N-(*n*-butyl)phosphoric triamide (NBPT) ที่มีความสามารถในการลดการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนได้กว่าร้อยละ 90 ซึ่งช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากสารสังเคราะห์แล้ว ยังมีสารจากวัสดุหรือพืชธรรมชาติอีกหลายชนิดที่สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ เช่น สารสกัดจากสะเดา สารสกัดจากต้นยูคาลิปตัส (เดชชัย, 2532) เป็นต้น

ดังนั้น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง ควบคู่กับการลดการสูญเสียไนโตรเจนไปกับสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่เพาะปลูกจะช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยที่มีผลดีทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และอาจช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน



ภาพที่ 3 ปริมาณยูเรีย (A & D) ปริมาณแอมโมเนียม (B & E) และไนไตรท์และไนเตรท (C & F) ในดินที่ได้รับผลของสารยับยั้งเอนไซม์ยูเรียเอส ที่อุณหภูมิการบ่ม 25°C และระหว่างการบ่มดินเป็นเวลา 14 วัน โดยดินที่ศึกษาไม่มีและมีการใส่ซังข้าวสาลี (เส้น แสดงค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ดัดแปลงจาก Pengthamkeerati (2009))