# ผลของการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดิน ภายใต้การบ่มในห้องปฏิบัติการ

# Effects of Nitrification Inhibitors on Nitrous Oxide Emission from Soil under Laboratory Incubation

สุธิดา ปิ่นชัยศิริ[1] ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ[2]
[1,2] ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตู้ ปณ.1072 ปณฝ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10903 โทรศัพท์ : 087-3894679
E-mail : sutidapin14@gmail.com

## บทคัดย่อ

ปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการปนเปื้อนไนเตรทในน้ำบาดาลและการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากดิน สารยับยั้งไนตริฟิเคชันถูกนำมาใช้เพื่อลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) และเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน การทดลองในห้องปฏิบัติการดำเนินการโดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน 3 ชนิด น้ำมันสะเดาไทย (*Azadirachta indica* A. Juss var. *siamensis* Veleton) โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) (ST) และ3,5-Dimethylpyrazole (DMP) เพื่อศึกษาอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดิน ตัวอย่างดินถูกเก็บที่ระดับ 0-30 ซม. จากผิวดินจากสถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดินตัวอย่างที่มีการเติมสารยับยั้งที่แตกต่างกันถูกเติมด้วยปุ๋ยไนโตรเจน 2 รูป คือ ยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตราการ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ควบคุมความชื้นประมาณร้อยละ 50 ของความพรุนดินและบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 35 วัน ตัวอย่างแก๊สถูกเก็บเป็นระยะเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์โดยเทคนิค gas chromatography (GC ) ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันลดการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินจนถึงวันที่ 7 ของการบ่มดิน การเติม DMP ST และน้ำมันสะเดา ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย มีประสิทธิภาพในการชะลออัตราของไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้ร้อยละ 8.92 6.37 และ 1.0 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับสารยับยั้ง DMP ST และน้ำมันสะเดาลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้เช่นกัน โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 6.94 6.93 และ 4.37 ตามลำดับ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารยับยั้งที่ศึกษามีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดิน ซึ่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ไนโตรเจนให้ดีขึ้น

**คำสำคัญ :** สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน กระบวนการไนตริฟิเคชัน แก๊สไนตรัสออกไซด์ การปลดปล่อยจากดิน

## Abstract

Excess nitrogen (N) may cause environmental problems, including nitrate contamination in groundwater and greenhouse gas emissions from soil. Nitrification inhibitors (NIs) can be used to reduce soil nitrous oxide ($N_2O$) emissions and enhance the use of N fertilizer in agricultural lands. A laboratory experiment was conducted to examine the effects of three NIs, Thai neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss var. *siamensis* Veleton), Sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$) (ST) and 3,5-Dimethylpyrazole (DMP), on soil $N_2O$ efflux. Surface soil samples of 0–30 cm were collected from the Khao Hin Son research center, Chachoengsao. Soil samples with different NIs treatments were added with two N fertilizers, urea and ammonium sulfate, at a rate of 50 kg $rai^{-1}$, controlled at 50% water filled pore space and incubated at 25°C for 35 days. Gas samples were also periodically collected to determine $N_2O$ flux by using gas chromatography (GC). Results showed that the studied NIs reduced nitrous oxide efflux from soil up to 7 days of incubation. Addition of DMP, ST and neem with urea were effective for delaying nitrification rate and decreasing nitrous oxide efflux by 8.92 6.37 and 1.0%, respectively. The ammonium fertilizer with NIs were also effective for decreasing nitrous oxide efflux by 6.94 6.93 and 4.37% for the application of DMP, ST and neem. The study suggested that all the studied Nis in this study were an effective Nis to minimize soil $N_2O$ emission and increase the N use efficiency.

**Keywords :** nitrification inhibitors, nitrification process, nitrous oxide, soil emissions

## 1. บทนำ

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืชในการเจริญเติบโต การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตทางการเกษตร โดยปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินจะเกิดการเปลี่ยนรูปและเคลื่อนที่ไปในดินได้แตกต่างกัน บางส่วนเปลี่ยนไปในรูปไนเตรท ($NO_3^-$) ซึ่งสูญเสียไปจากดินได้ง่ายและรวดเร็วโดยพืชนำไปใช้ได้ไม่ถึงร้อยละ 50 ของปุ๋ยที่ใส่ลงไป นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงจาก $NH_4^+$ ไปเป็น $NO_3^-$ ในปริมาณมากเกินไปนำไปสู่การชะของ $NO_3^-$ ลงไปยังน้ำใต้ดินและเกิดเป็น $NO_2^-$ ที่เป็นตัวกลางในการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันส่งผลให้เกิด $N_2O$ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศและส่งผลกระทบไปทั่วโลก

กระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูป $NH_4^+$ เป็น $NO_3^-$ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในสภาวะที่มีแก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม หากมีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันมากขึ้นจะทำให้พืชนำไนเตรทไปใช้ไม่ทันซึ่งบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนตรัสออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจก สูญหายไปจากดินเป็นการสูญเสียไนโตรเจนและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

สารยับยั้งการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันจึงถูกนำมาใช้เพื่อ (1) ลดการสูญเสียไนโตรเจน (2) ควบคุมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ $N_2O$ ในสิ่งแวดล้อม และ (3) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเกษตร [1] โดยเข้าไปชะลอการเปลี่ยนรูปจาก $NH_4^+$ เป็น $NO_2^-$ และควบคุมการเกิดออกซิเดชันจาก $NO_2^-$ เป็น $NO_3^-$ ของจุลินทรีย์พวกไนตริไฟเออร์ ปัจจุบันมีสารหลายชนิดที่ได้รับการประเมินว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งและนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ไนตราไพริน dicyandiamide (DCD) 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) ไทโอยูเรีย และกากสะเดา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลจากการใช้น้ำมันสะเดา sodium thiosulphate และ 3,5-Dimethylpyrazole ในดินเพื่อศึกษาผลการยับยั้งการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อการลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนภายใต้การบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินภายใต้การบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

## 3. ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปุ๋ยเป็นปัจจัยทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยปุ๋ยไนโตรเจนที่นิยมใช้ในการเกษตร เช่น ปุ๋ยยูเรีย มีไนโตรเจนร้อยละ 46 เป็นปุ๋ยที่มีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมากทั่วโลกและนิยมใช้ในกลุ่มเกษตรกรของประเทศไทย มีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีขาว ละลายน้ำได้ดีมาก และเมื่อใส่ลงในดินแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียในดิน และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต มีไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 21 และกำมะถันร้อยละ 22-24 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวคล้ายเกร็ดน้ำตาลทราย ละลายน้ำได้ดี เมื่อใส่ลงในดินจะดูดความชื้นและให้ปฏิกิริยาเป็นกรดทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเสื่อมลงจึงควรใส่ปูนขาวหรือปุ๋ยคอกช่วยให้ดินร่วนซุยอยู่เสมอ [2]

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเกษตรหากใช้ไม่ถูกต้องทั้งชนิดและปริมาณตลอดจนวิธีการใช้จะทำให้สารเคมีอาจตกค้างหลงเหลืออยู่ในผลผลิตและสิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบทำให้เกิดการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์จากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมเป็นสารประกอบไนเตรทด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแบคทีเรียประเภทไนตริไฟอิง (nitrifying bacteria) ดังสมการ

$$NH_4^+ \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO_3^- \quad (1)$$

และการเกิดดีไนตริฟิเคชันในดิน (denitrification) ในสภาพไร้ออกซิเจน ดังสมการ

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow N_2O \quad (2)$$

ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมกระบวนการไนตริฟิเคชัน ได้แก่ การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ปฏิกิริยาดิน ธาตุอาหาร และ C:N ratio ถ้า C:N ratio [3]

การเติมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันมีประสิทธิภาพในการยืดระยะเวลาให้ปุ๋ยแอมโมเนียมในดินอยู่ในรูปเดิมนานมากขึ้นเพื่อให้พืชมีโอกาสใช้ปุ๋ยได้มากขึ้น ประสิทธิภาพของสารยับยั้งจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม คือ ปริมาณความชื้นในดินและอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการปล่อยก๊าซ $N_2O$ จากดินและยังส่งผลต่อประสิทธิภาพของการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งยับยั้งในขั้นตอนที่แอมโมเนียมไอออนถูกออกซิไดซ์มาเป็นไนไตรทได้จะช่วยยืดเวลาให้แอมโมเนียมไอออนคงอยู่ในดินได้นานกว่าเดิมและเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น [4] สารเคมีหลายชนิดมีศักยภาพในการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันที่มีการนำมาใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยทางการเกษตร เช่น Nitrapyrin (N-Serve), Dicyandiamide (DCD)

และ Dimethylpyrazole- phosphate (DMPP) โดยจะไปยับยั้งการแบคทีเรีย nitrosomonas ให้หยุดออกซิเดชัน $NH_4^+$ ไปเป็น $NO_2^-$ การใช้ DCD แสดงให้เห็นว่ามีการลดการชะล้างของไนเตรตในดินและมีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซไนตริกออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) [5]

กากสะเดา มีสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเมเลียซิน (meliacins) เมื่อเปรียบเทียบกับไนตราไพรินพบว่าไนตราไพริน Epinimbin และ Desacety nimbin ยับยั้งไนตริฟิเคชันได้ร้อยละ 73.6, 44.6 และ 12.5 ตามลำดับผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง DCD กับกากสะเดาในการยับยั้งไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาจากยูเรีย ในแปลงข้าวสาลีโดยผสม DCD ในอัตราร้อยละ 10 และ 20 ของไนโตรเจนในปุ๋ยหรือใช้กากสะเดาร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักปุ๋ยแสดงว่า DCD มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไนตริฟิเคชันสูงกว่าและยับยั้งได้นาน 45 วัน ส่วนกากสะเดายับยั้งได้เพียง 30 วัน [6]

DMPP เป็นสารยับยั้งกระบวนการเกิดไนตริฟิเคชันที่นิยมใช้ทั่วโลก การศึกษาแสดงให้เห็นว่า DMPP ช่วยลดการปล่อยก๊าซไนตรัสโดยไม่เพิ่มความเสี่ยงของการระเหยของแอมโมเนียที่เพิ่มมากขึ้นและประสิทธิภาพการทำงาน DMPP เกี่ยวกับการลดการปล่อยก๊าซ $N_2O$ จะดีที่สุดในสภาพอากาศหนาวเย็นและเปียกชื้น ทั้งการปล่อย $CO_2$ และ $CH_4$ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้รับผลกระทบจากการใช้งานของ DMPP ที่ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน [4]

## 4. วิธีดำเนินงาน

4.1 ดินที่ใช้ในการศึกษา เก็บตัวอย่างดินจากสถานีวิจัยเขาหินซ้อน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา เก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0-30 ซม.จากผิวดิน ผึ่งแห้ง และร่อนให้มีขนาดน้อยกว่า 2 มม. โดยศึกษาคุณลักษณะของดินวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน โดยคุณลักษณะของดินที่วิเคราะห์ได้เป็นดังนี้

**ตารางที่ 1** คุณลักษณะของดินที่ใช้ในการศึกษา

| คุณสมบัติของดิน | 0-30 เซนติเมตร |
|---|---|
| pH | 5.2 |
| อินทรียวัตถุ (ร้อยละ) | 0.77 |
| ฟอสฟอรัส (ppm) | 7 |
| โพแทสเซียม (ppm) | 40 |
| เนื้อดิน | ดินทรายร่วน |
| ทราย (ร้อยละ) | 76.0 |
| ทรายแป้ง (ร้อยละ) | 14.0 |
| ดินเหนียว (ร้อยละ) | 10.0 |
| ไนโตรเจน (ร้อยละ) | 0.03 |

4.2 การบ่มตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินใส่ในกระปุกภาชนะทรงกระบอก 100 กรัม จากนั้นเติมน้ำ 12 มล. ใส่ปุ๋ยและสารยับยั้งตามตำรับทดลองที่ผิวหน้า โดยใช้ปุ๋ยเคมี 2 ชนิด คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (0.18 กรัม) และสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันที่ใช้ได้แก่ น้ำมันสะเดา โซเดียมไทโอซัลเฟต และ 3,5ไดเมทิลไพราโซลอัตรา 0.0089 กรัม ทุกตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองมี 4 ตำรับดังนี้ คือ (1) ใส่ดินร่วมกับปุ๋ย (S+F) (2) ใส่ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งน้ำมันสะเดา (F+NEEM) (3) ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งโซเดียมไทโอซัลเฟต (F+ST) และ (4) ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งDMP (F+DMP) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocks Design (RCBD) บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 25°C ควบคุมความชื้นดินโดยการเติมน้ำกลั่นทุก 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างแก๊สทุก 1 4 7 10 14 21 28 และ 35 วัน ของการบ่มดิน

4.3 การวิเคราะห์หาแก๊สไนตรัสออกไซด์

วิเคราะห์หาปริมาณไนตรัสออกไซด์โดยการเก็บตัวอย่างแก๊สเก็บในขวดแก้วสุญญากาศ แล้ววิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (GC) ที่มี Electron Capture Detector รุ่น Agilent Technologies 6890 N คอลัมน์แค็ปปิลารี่ ชนิด GS-Q สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สมีอุณหภูมิของ oven 40°C อุณหภูมิของ inlet 50°C อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัด 300°C และใช้แก๊สมาตรฐานไนตรัสออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 ppmv

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD)

## 5. ผลการศึกษา/การทดลอง

การทดสอบผลของสารยับยั้งต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ด้วยการบ่มดินระดับห้องปฏิบัติการ เลือกศึกษาสารยับยั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันสะเดา สารโซเดียมไทโอซัลเฟต (ST) และ สาร 3,5ไดเมทิลไพราโซล (DMP) โดยใช้ปุ๋ยเคมี 2 ชนิด คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ในอัตรา 50 กก./ไร่ โดยผลการศึกษาแสดงดังนี้

ผลของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชันที่มีต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินที่บ่มภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C นาน 35 วัน พบว่าปัจจัยที่ศึกษา คือ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (TRT) เวลาการบ่มดิน (D) และปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้งสองมีผลต่ออัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) (ตารางที่ 2)

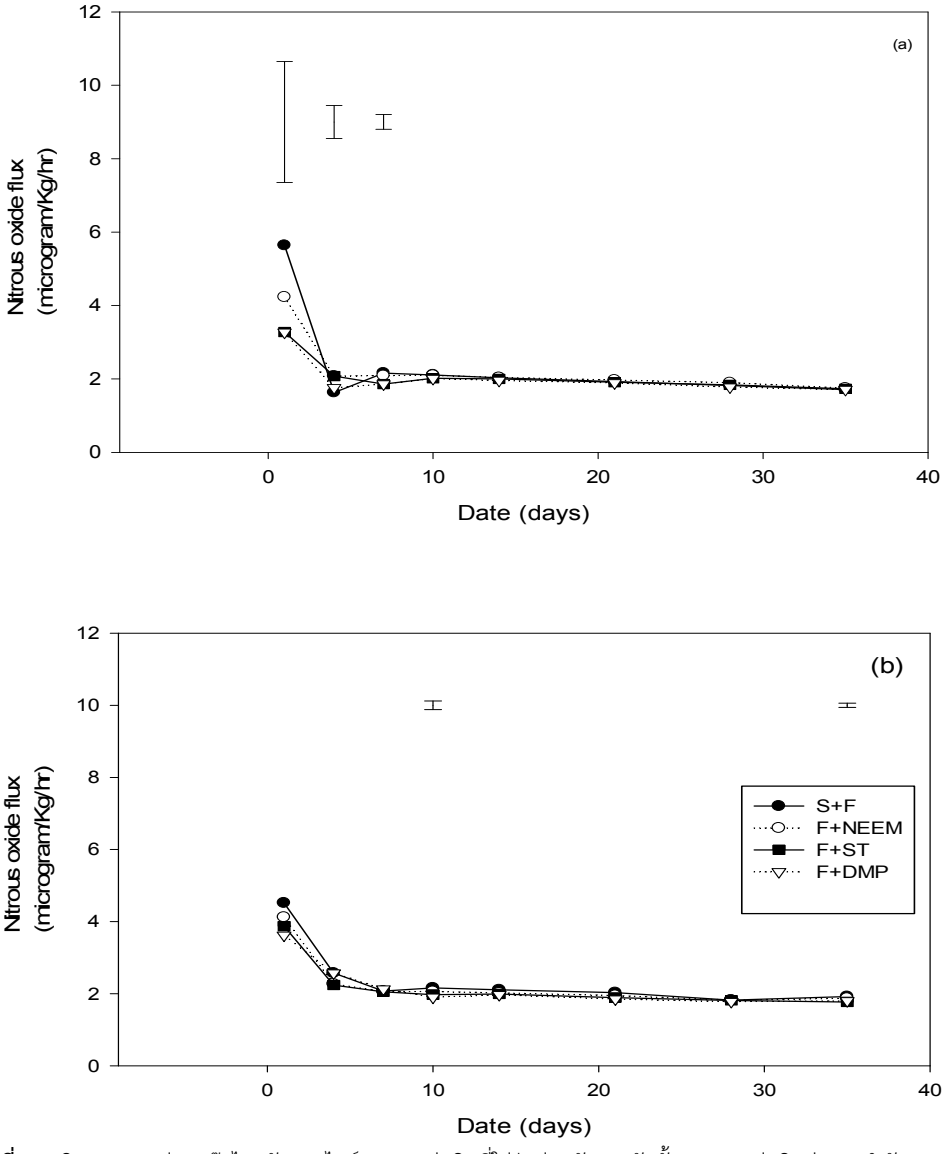
**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากระบบบ่มดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ทดลองในห้องปฏิบัติการ เมื่อมีการวัดซ้ำของปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ (n=192)

| Sources of variation | Df | Urea | | Ammonium sulfate | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | MS | F-test | MS | F-test |
| Treatments (TRT) | 3 | 25.66 | 0.0002* | 8.76 | 0.006* |
| Day (D) | 7 | 151.28 | <.0001* | 237.01 | <.0001* |
| TRT x D | 21 | 9.54 | <.0001* | 2.16 | 0.0116* |

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ผลของสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันที่มีต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินสำหรับการใช้ปุ๋ยยูเรียแสดงดังรูปที่ 1a โดยรูปแบบการปล่อยแก๊สมีแนวโน้มในทางเดียวกันสำหรับทุกตำรับทดลองที่ศึกษา โดยมีค่าสูงทันทีหลังการใส่ปุ๋ยและมีแนวโน้มที่จะค่อยๆลดลง (รูปที่ 1a) ทั้งนี้ยังพบว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชันทั้งสามที่ศึกษาช่วยลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ดิน+ปุ๋ย) โดยอัตราการปล่อยแก๊สมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) ในวันที่ 1 4 และ 10 วัน ของการบ่มดิน ตำรับควบคุมมีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์สูงสุดที่ 5.64 µg/kg soil/h ส่วนตำรับที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน DMP มีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ออกมาต่ำสุดที่ 3.27 µg/kg soil/h เมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาการบ่มตำรับที่เติมสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน DMP ST และน้ำมันสะเดามีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์เฉลี่ย 1.91 1.96 และ 2.08 µg/kg soil/h ตำรับควบคุมเท่ากับ 2.1 µg/kg soil/h โดยประสิทธิภาพการยับยั้งไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์มีอัตราเท่ากับร้อยละ 8.92 6.37 และ 1.0 ตามลำดับ

ผลของการเติมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันสำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตให้ผลในแนวทางเดียวกันการศึกษาในปุ๋ยยูเรีย (รูปที่ 1b) โดยอัตราการปล่อยแก๊สมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) ในวันที่ 10 และ 35 วัน หลังจากการบ่มดิน ตำรับควบคุมมีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์สูงสุด 4.52 µg /kg soil/h ส่วนตำรับที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน DMP มีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ออกมาต่ำสุด 3.62 µg /kg soil/h หลังจากบ่มดินเป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาการบ่ม 35 วัน ตำรับที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน DMP ST และน้ำมันสะเดามีอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์เฉลี่ย 2.02 2.02 และ 2.10 µg/kg soil/h ตำรับควบคุมเท่ากับ 2.2 µg/kg soil/h โดยประสิทธิภาพการยับยั้งไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์มีอัตราเท่ากับร้อยละ 6.94 6.93 และ 4.37 ตามลำดับ




**รูปที่ 1** ปริมาณการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากการบ่มดินที่ใส่ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งตามเวลาบ่มดินต่างๆ; ตำรับทดลองแบ่งเป็นตำรับควบคุม (S+F) และตำรับที่มีการใส่สารยับยั้งร่วมแบ่งเป็นสารชนิดน้ำมันสะเดา (F+NEEM) สารโซเดียมไทโอซัลเฟต (F+ST) และสาร3,5ไดเมทิลไพราโซล (F+DMP) (a) ปุ๋ยยูเรีย (b) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต เส้นบอกความคลาดเคลื่อน โดยแสดงค่า $LSD_{(0.05)}$

การที่สารยับยั้งลดอัตราการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินได้เป็นเพราะสารยับยั้งไนตริฟิเคชันเข้าไปยับยั้งแบคทีเรียไนโตรโซโมแนสให้หยุดออกซิไดซ์ $NH_4^+$ ไปเป็น $NO_3^-$ ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ[7] ที่รายงานว่าสารเคลือบ nimin dicyandiamide ST และน้ำมันสะเดาลดปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ร้อยละ 63 49 35 และ 9 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม โดยการศึกษาของ [8] พบว่าการยับยั้งไนตริฟิเคชันโดยน้ำมันสะเดามีอัตราการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันอยู่ที่ระดับร้อยละ 4.0 ถึง 30.9 และการศึกษาของ [9] พบว่าการใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชันด้วยน้ำมันสะเดามีผลต่อการลดจำนวนประชากรของแบคทีเรียไนติฟายอิงอย่างมากในช่วงเริ่มต้นการทดลองจนถึงวันที่ 26 ของการบ่มและหลังจากนั้นจะลดลงอย่างเล็กน้อยและการศึกษาของ [10] พบว่าสารไทโอซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันมากที่สุดตลอดระยะเวลาการศึกษาที่ร้อยละ 100 และประสิทธิภาพลดลงที่ร้อยละ 89 ในสัปดาห์ท้ายของการบ่ม (12 สัปดาห์) โดยไทโอซัลเฟตลดการเกิดกระบวนการ

ไนตริฟิเคชันและการชะล้างของไนเตรทที่จะนำไปสู่การเกิดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและการศึกษาของ [1] เป็นการศึกษาสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน 3 ชนิด คือ โซเดียมไทโอซัลเฟต กากสะเดาและสารแคลเซียมคอไรด์พบว่าการใช้สารโซเดียมไทโอซัลเฟตมีประสิทธิภาพในลดการเกิดดีไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเหนือกว่ากากสะเดาและสารแคลเซียมคลอไรด์

## 6. สรุปและการอภิปรายผล

การศึกษาผลของการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันที่มีผลต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินภายใต้การบ่มดินระดับห้องปฏิบัติการโดยการชะลอการเปลี่ยนรูปของ $NH_4^+$ และลดการเกิดดีไนตริฟิเคชันในดิน พบว่า การปล่อยแก๊สมีรูปแบบสูงทันทีหลังการใส่ปุ๋ยจนถึงวันที่ 7 ของการบ่มดินและมีแนวโน้มที่จะค่อยๆ ลดลงเช่นเดียวกันทั้งปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต การเติมสารยับยั้ง DMP ST และน้ำมันสะเดา ร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีประสิทธิภาพในการชะลออัตราของไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้ร้อยละ 8.92 6.37 และ 1.0 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับสารยับยั้ง DMP ST และน้ำมันสะเดาลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ได้เช่นกันที่ร้อยละ 6.94 6.93 และ 4.37 ตามลำดับ โดยสารยับยั้งทั้ง DMP และสาร ST มีประสิทธิภาพมากกว่าน้ำมันสะเดาในการช่วยคงค้างการสะสมของไนเตรทในดินที่เป็นสารตั้งต้นในการปล่อยไนตรัสออกไซด์ การศึกษาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชันทั้ง 3 ชนิดที่ช่วยลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ ซึ่งอาจเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการเกษตรกรรมมากยิ่งขึ้น

## 7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ผลการศึกษาสารยับยั้งไนตริฟิเคชันที่มีต่อการลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดิน สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน DMP เป็นสารมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยับยั้งในการปลดปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์แต่มีต้นทุนสูงเมื่อเทียบกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน ST และน้ำมันสะเดาที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเหมาะกับการนำไปใช้จริงเพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

7.2 ผลการศึกษาการเติมสารยับยั้งไนตริฟิเคชันในดินพบว่าควรศึกษาเพิ่มเติมในคุณลักษณะดินที่ต่างชนิดกันเพื่อศึกษาแนวโน้มของการออกฤทธิ์ของสารยับยั้งแต่ละชนิด

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้โครงการ APSP ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาสาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อนุเคราะห์การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ และขอขอบคุณ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ และคุณอภิชาติ โหมดตาด ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในเชิงเทคนิค

## 9. เอกสารอ้างอิง

[1] Abbasi, M., M. Hina and T. M. Mahmood . 2011. Effect of *Azadirachta indica* (neem), sodium thiosulphate and calcium chloride on changes in nitrogen transformations and inhibition of nitrification in soil incubated under laboratory conditions. **Chemosphere.** 82(11) : 1629–1635.

[2] กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 2552. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปุ๋ยและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ย**. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

[3] คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2556. **ปุ๋ย.** แหล่งที่มา : http://cw.rmuti.ac.th/source/ปฐพีวิทยาเบื้องต้น/content.htm, 22 เมษายน 2556.

[4] Majumdar, D. Pathak, H. Kumar, S. Jain and M.C. 2002. Nitrous oxide emission from a sandy loam inceptisol under irrigated wheat in India as influenced by different nitrification inhibitors**. Agriculture, Ecosystems & Environment**. 91(1-3), 283–293.

[5] Eduardo, M.K., O. M. Derrick, S. L. John and M. Morteza. 2012. Physiological and yield responses of field-grown cotton to application of urea with the urease inhibitor NBPT and the nitrification inhibitor DCD. **European Journal of Agronomy**. 43: 147–154.

[6] Prasad, R. and J.F. Power. 1995. Nitrification Inhibitors for Agriculture, Health, and the Environment. **Advances in Agronomy** 54:233-281.

[7] Menéndez, S., B. Iskander , S. Igor , G. Carmen and E. José María . 2012. Efficiency of nitrification inhibitor DMPP to reduce nitrous oxide emissions under different temperature and moisture conditions. **Soil Biology and Biochemistry**. 53: 82–89.

[8] Kumar, R., Devakumar, C. Sharma, V. Kakkar, G. Kumar and D. Panneerselvam. 2007. Influence of physicochemical parameters of Neem (Azadirachta indica A Juss) oils on nitrification inhibition in soil. **J. Agriculture Food & Chem**. 55(4), 1389–1393.

[9] Santhi, S.R. Palaniappan and S.P. Purushothaman. 1986. Influence of neem leaf on nitrification in a lowland rice soil. **Plant Soil** 93(1), 133–135.

[10] Sallade, Y.E. Sims and J.T. 1992. Evaluation of thiosulfate as a nitrification inhibitor for manures and fertilizers. **Plant and Soil** 147(2), 283–291.

[11] Ali, R., J. Iqbal, G.R. Tahir and T. Mahmood. 2008. Effect of 3,5-dimethylpyrazole and nitrapyrin on nitrification under high soil temperature**. Agriculture and Biology.** 40(3): 1053-1062**.**

[12] Hendrickson, L.L. and K. D.R. 1979. A bioassay to determine the effect of organic matter and pH on the effectiveness of nitrapyrin (N-Serve) as a nitrification inhibitor. **Soil Biology and Biochemistry**. 11(1): 51–55.