ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิด nitrification inhibitor ที่มีต่อการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอนินทรีย์และการเจริญเติบโตของคะน้าฮ่องกง (*Brassica oleracea* var. *alboglara*)

The Effect of Nitrification Inhibiting - Nitrogen Fertilizer on the Changes of Inorganic Nitrogen Forms and Growth of Kailaan. (*Brassica oleracea* var. *alboglara*)

ธงชัย มาลา[1] อรรถศิษฐ์ วงค์มณีโรจน์[1] ศุภชัย อำคา[1]
สิรินภา ช่วงโอภาส[1] ดุสิต จิตตนูนท์[2] และ ไชยา บุญเลิศ[1]
Thongchai Mala[1] Audthasit Wongmaneeroj[1] Suphachai Amkha[1]
Sirinapa Chungopast[1] Dusit Jittanoonta[2] and Chaiya Boonlert[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิด nitrification inhibitor ที่มีต่อการเจริญเติบโตของคะน้าฮ่องกง มีการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ 6 ตำรับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control) 2) ปุ๋ยยูเรีย (Urea) 3) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (AS) 4) ปุ๋ย Entec สูตร 20-10-10; Entec (1) 5) ปุ๋ย Entec สูตร 12-17-17; Entec (2) 6) ปุ๋ยยูเรียคลุกด้วยเมล็ดสะเดาบดอัตราส่วนสะเดาต่อยูเรียเท่ากับ 1:100 (Urea+herb) โดยทดสอบในกระถางพลาสติกภายในโรงเรือน ผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ย Entec ทั้ง 2 ชนิด ส่งผลให้มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตในทุกระยะเวลา และมีปริมาณ NO_3^--N ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต อัตราส่วนของแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในการใช้ปุ๋ย Entec (1) > Entec (2) > Urea+herb > Urea > AS ส่วนอัตราส่วนของไนเตรตไนโตรเจนต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ย Entec ค่า pH ในตำรับ Entec (1), Entec (2) และ Urea+herb ที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย จะมีค่าสูงกว่าตำรับ Urea และ AS หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า pH ก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน และค่า pH จะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้น ความสูงและจำนวนใบของคะน้าฮ่องกงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับ Entec (1) มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุด เท่ากับ 94.15 และ 8.58 กรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนตำรับ Entec (2) มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด เท่ากับ 8.00 และ 0.97 กรัม/ต้น ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นและรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับ Entec (1) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นและรากสูงที่สุดเท่ากับ 5.48% และ 2.86% ตามลำดับ และตำรับที่ใส่ปุ๋ย Entec มีปริมาณของไนตริฟายอิงแบคทีเรียน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตในทุกระยะเวลา

คำสำคัญ : สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน, อินฮิบิเตอร์, ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต และคะน้าฮ่องกง

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakornpatom. 73140
[2] บริษัท สหายเกษตรเคมีภัณฑ์ จำกัด 106 ถนนฉิมพลี แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร 10170
[2] Sahaikaset Agrochemicals Co.,Ltd. 106 Chimphli Rd., Chimphli, Talingchan, Bangkok 10170

Abstract

The study on the changes of inorganic nitrogen forms and growth of Kailaan was carried out in completely randomized design with 4 replications. The greenhouse experiment consisted of 6 fertilizer application treatments; 1) control, 2) urea, 3) ammonium sulfate (AS), 4) 20-10-10 Entec fertilizer; Entec (1), 5) 12-17-17 Entec fertilizer; Entec (2) and 6) urea + neem seed (Urea+herb). The result showed that the ammonium nitrogen found in soil of both Entec fertilizers were higher than these of urea and ammonium sulfate fertilizers, but their nitrate nitrogen were lower. The NH_4^+-N : inorganic N ratios were appeared in the order of Entec 1 > Entec 2 > Urea+herb > Urea > AS. The NO_3^- - N : inorganic N ratios of AS and Urea application were higher than that of Entec. The pH values of Entec 1, Entec 2 and Urea+herb treaments at 10 days often application were higher than that of Urea and AS treatments. Late, those values were not significant, but the pH values of soil tended to increase with time. Plant height and leaf number were not significant different among treatments. The shoot fresh and dry weight of Entec 1 treatment was the highest at 94.15 and 8.58 g/plant, while those of root from Entec 2 was the highest at 8.00 and 0.97 g/plant respectively. The shoot and root N content among treatment were highly significant. The N content in shoot and root from Entec 1 was highest at 5.48 and 2.86%. The number of ammonium oxidizing bacteria and nitrite oxidizing bacteria from both Entec were lower than those of Urea and AS treatments.

คำนำ

ผักเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ สำหรับประชากรในแถบเอเชียซึ่งนิยมบริโภคผักมากกว่าเนื้อสัตว์ ยิ่งทำให้ผักมีความสำคัญมากขึ้น โดยทั่วไปผักมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์มากแต่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ผักที่ได้รับความนิยมบริโภคในประเทศไทยชนิดหนึ่งก็คือคะน้าฮ่องกง เนื่องจากคะน้าฮ่องกงมีคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ และมีเบต้าแคโรทีนสูงจึงช่วยป้องกันโรคมะเร็ง นอกจากนั้นยังมีวิตามินและแคลเซียมมาก ป้องกันหลอดเลือดหัวใจตีบและโรคกระดูกบาง และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

คะน้าฮ่องกงชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea* var. *alboglara* จัดเป็นคะน้ายอดชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลกะหล่ำ มีต้นกำเนิดจากประเทศจีน ลักษณะลำต้นและใบมีสีเขียวเข้ม ใบมีลักษณะเรียว ไม่กลม ลำต้นมีขนาดเล็กกว่าคะน้าทั่วไป ดอกมีสีขาวหรือสีเหลืองขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ในการผลิตคะน้าฮ่องกงให้มีคุณภาพนั้น จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาเป็นอย่างดี ต้องได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอ การใช้ปุ๋ยจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการปลูกคะน้าฮ่องกงมากขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากคะน้านั้นมีความต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่สูง แต่เนื่องจากวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั่วๆ ไปของเกษตรกร มักใช้ปุ๋ยเคมีธรรมดา เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น ทำให้เกิดการสูญเสียของธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน กระบวนการนี้จะทำให้

Key words : nitrification inhibitor, urea, ammonium sulfate and Kailaan

แอมโมเนียมในดินซึ่งมีการสูญเสียได้ยาก เปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรต ซึ่งมีการสูญเสียออกไปจากดินได้ง่าย โดยการชะละลาย จึงทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปมีประสิทธิภาพลดลง แนวทางในการลดปัญหาดังกล่าวคือการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitors) ซึ่งจะช่วยในการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนที่แอมโมเนียมไอออนถูกออกซิไดส์มาเป็นไนไตรต์ จะช่วยให้แอมโมเนียมไอออนคงอยู่ในดินได้นานกว่าเดิมและเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (Kholdebarin and Oertli, 1994) สารยับยั้งไนตริฟิเคชันไม่มีส่วนช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง บทบาทที่แท้จริงก็คือ ยืดระยะเวลาให้ปุ๋ยแอมโมเนียมในดินอยู่ในรูปเดิมนานๆ เพื่อให้พืชมีโอกาสใช้ปุ๋ยนั้นได้มากที่สุด นอกจากนี้ การยับยั้งไม่ให้แอมโมเนียมแปรสภาพไปเป็นไนเตรต ยังเป็นการลดโอกาสการสูญเสียไนเตรตโดยการชะล้าง และการสูญเสียโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้อีก (Harrison and Webb, 2001; Sommer *et al.*, 2004)

จากการทดสอบเพื่อคัดเลือกสารเคมีที่มีสมบัติเป็นสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน พบว่ามีสาร 6 ชนิดที่สามารถชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างเด่นชัด ประกอบไปด้วย 2-ethnylpyridine, etridiazol (Dwell), nitrapyrin (N-Serve), 3-methylpyrazole -1-carboxamide, 4-amino-1,2,4-triazole และ dicyandiamide (Prasad and Power, 1995) แต่ยังมีสารอีกหลายชนิดที่เป็นสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitors) เช่น thiourea, sulfathiazole (ST) และ dimethyl-pyrazolephosphate (DMPP) เป็นต้น ปัจจุบันมีการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนหลายชนิดที่ผสมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งปุ๋ย Entec เป็นปุ๋ยชนิดหนึ่งที่คุณสมบัตินี้ โดยมี 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) เป็นส่วนผสม

ในปัจจุบันพบว่าการใช้ปุ๋ยที่มีการผสมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันยังไม่เป็นที่นิยมนัก อาจเป็นสาเหตุมาจากมีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีธรรมดา เกษตรกรมีความเข้าใจในเรื่องของการใช้ปุ๋ยที่มีการผสมสารยับยั้งกระบวนการไนทริฟิเคชันน้อย ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนชนิด nitrification inhibitior ต่อการเจริญเติบโตของคะน้าฮ่องกง ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ 6 ตำรับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control) 2) ปุ๋ยยูเรีย (Urea) 3) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (AS) 4) ปุ๋ย Entec สูตร 20-10-10; Entec (1) 5) ปุ๋ย Entec สูตร 12-12-17; Entec (2) 6) ปุ๋ยยูเรียคลุกด้วยเมล็ดสะเดาบด อัตราส่วนสะเดาต่อยูเรียเท่ากับ 1:100 (Urea+herb)

เตรียมดินโดยใช้ชุดดินกำแพงแสนผสมกับแกลบดิบและปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่) ในอัตราส่วนดินต่อแกลบต่อปุ๋ยอินทรีย์ 4:1:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน กองทิ้งไว้ 30 วัน โดยมีสมบัติบางประการดังแสดงใน Table 1 จากนั้นบรรจุดินลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว โดยบรรจุกระถางละ 10 กิโลกรัม

เพาะเมล็ดคะน้าฮ่องกงในกระบะเพาะโดยใช้พีทเป็นวัสดุเพาะ เจาะหลุมให้ลึก 1 เซนติเมตร จากนั้นหยอดเมล็ดลงไปหลุมละ 2 เมล็ดแล้วกลบ รดน้ำให้ชุ่ม เมื่ออายุได้ 14 วันหลังหยอดเมล็ดจึงแยกต้นออกโดยให้เหลือหลุมละ 1 ต้น จากนั้นจึงย้ายกล้าคะน้าฮ่องกงลงปลูกกระถางละ 3 ต้น โดยขุดหลุมในกระถางปลูกจำนวน 3 หลุม (โดยให้มีระยะห่าง

เท่ากัน) ลึก 5 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร นำกล้าคะน้าฮ่องกงใส่ลงไปหลุมละ 1 ต้น กลบดิน รดน้ำให้เท่ากันทุกกระถาง ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง แลมบ์ดาไซฮาโลทริน (คาราเต้ 2.5%EC) และโรค Benlate-OD 50% wp ทุก 15 วัน

ปุ๋ยที่ใช้ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยไนโตรเจนชนิด nitrification inhibitor มีชื่อทางการค้าว่า เอ็นเทค (Entec) สูตร 20-10-10 และ 12-12-17 โดยมี 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) เป็นส่วนผสม ใส่พร้อมกับการย้ายปลูกต้นกล้าลงกระถางในอัตรา 15 g N/m^2 ใส่ให้กระจายทั่วกระถางและห่างจากโคนต้น 3 ซม. แล้วพรวนดินกลบ ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่พร้อมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยปรับให้มีปริมาณที่เท่ากันในทุกตำรับการทดลอง โดยใช้ triple superphosphate และ muriate of potash

วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่ระยะ 10, 20, 30, 40, และ 50 วันหลังย้ายปลูก วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในวัสดุปลูก ที่ระยะ 50 วันหลังย้ายปลูก (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) และวัดจำนวนไนตริฟายอิงแบคทีเรียในวัสดุปลูก ที่ระยะ 10, 20, 30, 40, และ 50 วันหลังย้ายปลูก โดยใช้วิธี dilution plat count (Wang Fang *et al.*, 2007)

วัดความสูง จำนวนใบของคะน้าฮ่องกง ที่ระยะ 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังย้ายปลูก เก็บผลผลิตชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าที่อายุ 50 วันหลังจากย้ายปลูก วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นและรากของต้นกล้าที่อายุ 50 วัน หลังจากย้ายปลูก (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test

Table 1 Chemical property of mixed soil using in the experiment.

Properties	Analysis value	Interpretation
pH (soil:H_2O; 1:1) [1/]	7.30	moderate
Electrical conductivity 1:5 (dS/m)	1.20	non saline
Oraganic Matter (%) [2/]	2.85	moderate
Total Nitrogen (%) [3/]	0.22	hight
Available Phosphorus (mg/kg) [4/]	372.50	very high
Exchangeable Potassium (mg/kg) [5/]	1,516.80	very high

[1/] 1:1 water/soil measurement by pH meter; [2/] Walkley and Black method; [3/] Kjeldahl method; [4/] Bray II extraction; [5/] extract with ammonium acetate pH 7.0

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+-N) ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังย้ายปลูก

จากการศึกษาปริมาณ NH_4^+-N ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย (Table 2) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ระยะเวลา 10 วัน ตำรับ Entec (2) มีปริมาณ NH_4^+-N สูงที่สุด (74.13 มก./กก.) ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (14.11 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 20 วัน ตำรับ Entec (1) และ Entec (2) มีปริมาณ NH_4^+-N สูงที่สุด (54.06 มก./กก.) ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (8.39 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 30 วัน ตำรับ Entec (2) มีปริมาณ NH_4^+-N สูงที่สุด (52.51 มก./กก.) ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (20.08 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 40 วัน ตำรับ Entec (1) มีปริมาณ NH_4^+-N สูงที่สุด (32.43 มก./กก.) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (2) ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (11.22 มก./กก.) และที่ระยะเวลา 50 วัน ตำรับ Entec (2) มีปริมาณ NH_4^+-N สูงที่สุด (19.81 มก./กก.) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยอื่นๆ ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (20.08 มก./กก.)

สังเกตเห็นได้ว่าปริมาณ NH_4^+-N ในดิน ในตำรับ Entec (1) และ Entec (2) มีปริมาณมากกว่าตำรับอื่นๆ ในทุกระยะเวลา สอดคล้องกับ Wu *et al.* (2006) ซึ่งได้รายงานว่าการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันชนิด DMPP เป็นส่วนผสม ส่งผลให้มีปริมาณ NH_4^+-N ในดินสูงขึ้นเนื่องจาก dimethyl-pyrazolephosphate (DMPP) เป็นสารที่ยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย จึงทำให้ NH_4^+-N เปลี่ยนรูปไปเป็น NO_3^--N ได้ช้า และสามารถคงอยู่ในดิน

Table 2 The quantity of NH_4^+-N in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	NH_4^+-N (mg/kg)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	14.11 e	8.39 d	20.08 d	11.22 c	10.36 b
Urea	24.71 c	32.68 b	20.08 d	16.99 b	16.47 a
AS	18.90 d	26.26 c	23.17 d	20.32 b	14.39 ab
Entec (1)	67.96 b	54.06 a	38.61 b	32.43 a	17.50 a
Entec (2)	74.13 a	54.06 a	52.51 a	29.34 a	19.81 a
Urea+herb	28.04 c	37.07 b	27.80 c	18.23 b	19.56 a
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	34.25	36.25	35.25	35.89	25.58

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01*

ได้นานกว่าเดิม ส่วนตำรับ Urea+herb มีปริมาณ NH_4^+-N รองลงมา ซึ่งเป็นผลมาจากเมล็ดสะเดาบดนั้นมีสารที่สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย สอดคล้องกับ Hail *et al.* (2006) ที่รายงานว่าสารสกัดสมุนไพรมีอิทธิพลเพิ่มปริมาณของ NH_4^+-N สอดรับกับการลดปริมาณ NO_3^--N และยังมีผลยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ ส่วน NH_4^+-N นั้นจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

2. ปริมาณ NO_3^--N ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังย้ายปลูก

ปริมาณ NO_3^-- N ในวัสดุปลูกที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย (Table 3) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ระยะเวลา 10 วัน ตำรับ Urea+herb มีปริมาณ NO_3^--N สูงที่สุด (572.99 มก./กก.) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea และ AS โดยที่ตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (168.34 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 20 วัน ตำรับ Urea มีปริมาณ NO_3^--N สูงที่สุด (513.65 มก./กก.) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS, Entec (1) และ Entec (2) โดยที่ตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (172.98 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 30 วัน ตำรับ Urea มีปริมาณ NO_3^--N สูงที่สุด (519.83 มก./กก.) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (129.73 มก./กก.) ที่ระยะเวลา 40 วัน ตำรับ Urea มีปริมาณ NO_3^--N สูงที่สุด (376.84 มก./กก.) โดยที่ตำรับควบคุม มีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (129.73 มก./กก.) และที่ระยะเวลา 50 วัน ตำรับ Entec (2) มีปริมาณ NO_3^--N สูงที่สุด (339.78 มก./กก.) โดยตำรับควบคุมมีปริมาณ NH_4^+-N ต่ำที่สุด (139.00 มก./กก.)

Table 3 The quantity of NO_3^--N in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	NO_3^--N (mg/kg)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	168.34 d	172.98 c	129.73 e	139.00 d	139.00 d
Urea	563.07 ab	513.65 a	519.83 a	376.84 a	255.35 bc
AS	545.83 ab	505.03 a	512.75 a	154.44 d	264.61 b
Entec (1)	374.65 c	440.16 a	205.41 d	327.42 b	215.19 bc
Entec (2)	523.56 b	472.60 a	319.70 c	267.19 c	339.78 a
Urea+herb	572.99 a	352.78 b	383.02 b	264.10 c	201.37 c
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	33.02	31.34	34.56	34.99	28.97

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01*

สังเกตเห็นได้ว่าปริมาณ NO_3^--N ในดิน ตำรับ Entec (1) และ Entec (2) มีปริมาณต่ำกว่าตำรับอื่นๆ เกือบทุกระยะเวลา ซึ่งสอดคล้องกับ Wu *et al.* (2006) ได้รายงานว่า การใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันชนิด DMPP เป็นส่วนผสม ส่งผลให้มีปริมาณ NO_3^--N ในดินลดลง โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนียมไปเป็นไนไตรต์ ทำให้คงสภาพของแอมโมเนียมไว้ในดินได้ต่อไป

3. อัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ในวัสดุปลูกที่ปลูกคะน้าฮ่องกง ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

อัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ในวัสดุปลูกที่ปลูกคะน้าฮ่องกง ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) โดยที่ระยะเวลา 10 วัน ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (15.39%) โดยที่ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (3.36%) ที่ระยะเวลา 20 วัน ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (10.93%) แต่ไม่มีความแตกต่าง เมื่อเทียบกับตำรับ Entec (2) และ Urea+herb โดยที่ตำรับควบคุมมีอัตราส่วนของ NH_4^+N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (4.63%) ที่ระยะเวลา 30 วัน ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (15.82%) โดยที่ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (4.33%) ที่ระยะเวลา 40 วัน ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (17.36%) โดยที่ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (5.85%) และที่ระยะเวลา 50 วัน ตำรับ Urea+herb มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณ

Table 4 The ratio of NH_4^+-N : inorganic N in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	NH_4^+-N (%)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	7.72 c	4.63 b	13.41 c	7.49 b	6.97 ab
Urea	4.20 de	6.05 b	3.71 e	4.31 e	6.05 b
AS	3.36 e	4.94 b	4.33 e	5.85 d	5.14 b
Entec (1)	15.39 a	10.93 a	15.82 a	17.36 a	7.51 ab
Entec (2)	12.40 b	10.40 a	14.10 b	9.89 b	5.67 b
Urea+herb	4.66 d	9.56 a	6.78 d	6.46 c	8.95 a
F-test	**	**	**	**	*
CV (%)	37.25	35.82	36.46	33.45	25.66

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

ไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (8.95%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม และ Entec (1) โดยที่ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (5.14%)

อัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในตำรับ Entec (1) > Entec (2) > Urea+herb > Urea > AS แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ย Entec (1) มีการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันในดินได้ดีที่สุด เนื่องจาก NH_4^+-N เปลี่ยนรูปไปเป็น NO_3^--N ได้ช้าที่สุด และจากการที่ Entec (1) และ Entec (2) มีอัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์แตกต่างกัน อาจเกิดจากการที่ปริมาณสารออกฤทธิ์ในส่วนผสมของปุ๋ยแตกต่างกัน

4. อัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

อัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) โดยที่ระยะเวลา 10 วัน ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (96.64%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea โดยที่ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (84.61%) ที่ระยะเวลา 20 วัน ตำรับควบคุมมีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (95.37%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea และ AS โดยที่ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (89.07%) ที่ระยะเวลา 30 วัน ตำรับ Urea มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (96.29%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS โดยที่ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (84.18%) ที่ระยะเวลา 40 วัน ตำรับ Urea มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (95.69%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS และ Urea+herb โดยที่ตำรับ Entec (1) มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (82.64%) และระยะเวลา 50 วัน ตำรับ AS มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์สูงที่สุด (94.86%) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม Urea, Entec (1) และ Entec (2) โดยที่ตำรับ Urea+herb มีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ต่ำที่สุด (91.05%)

จากการทดลอง สังเกตเห็นได้ว่าอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในตำรับ AS และ Urea มีค่าสูงที่สุด เป็นผลมาจากการที่ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียซัลเฟตไม่มีสารยังยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน จึงทำให้ NH_4^+-N เปลี่ยนรูปไปเป็น NO_3^--N ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนในตำรับ Entec (1) และ Entec (2) จะมีอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์น้อย เนื่องจากมีสารยังยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ในขณะที่ Urea+herb มีผลเล็กน้อย เนื่องจากมีการผสมเมล็ดสะเดาในปริมาณน้อยจึงมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้น้อย และในช่วงแรกอาจมีผลต่อการยับยั้งไม่มาก เพราะในช่วงแรกสารยับยั้งมีการปลดปล่อยออกมาได้น้อย แต่ในช่วงหลังพบว่ามีผลยับยั้งได้มากขึ้น เนื่องจากมีการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้มากขึ้น แต่ก็ยังมีปริมาณไม่มากอยู่ดี

5. ค่า pH ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

ค่า pH ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) โดยที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย

Table 5 The ratio of NO_3^--N: inorganic N in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	NO_3^--N (%)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	92.28 c	95.37 a	86.59 c	92.51 b	93.03 ab
Urea	95.80 ab	93.95 a	96.29 a	95.69 a	93.95 a
AS	96.64 a	95.06 a	95.67 a	94.15 a	94.86 a
Entec (1)	84.61 e	89.07 b	84.18 e	82.64 d	92.49 ab
Entec (2)	87.60 d	89.60 b	85.90 d	90.11 c	94.33 a
Urea+herb	95.34 b	90.44 b	93.22 b	93.54 a	91.05 b
F-test	**	**	**	**	*
CV (%)	38.43	3.01	3.89	4.87	1.84

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

Table 6 The pH in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	pH (1:1)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	6.92 ab	7.50 a	7.56	7.88 a	8.21 a
Urea	6.85 bc	7.45 ab	7.25	7.75 bc	7.93 b
AS	6.75 c	7.30 d	7.32	7.57 e	7.48 c
Entec (1)	6.92 ab	7.34 cd	7.62	7.80 b	7.87 b
Entec (2)	7.05 a	7.37 bcd	7.74	7.65 d	7.89 b
Urea+herb	7.02 a	7.42 abc	7.55	7.73 c	7.92 b
F-test	*	**	ns	**	**
CV (%)	1.18	1.08	3.24	1.37	2.93

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05, ns = non significant*

ตำรับ Entec (2) มีค่า pH สูงที่สุด (7.05) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม Entec (1) และ Urea+herb โดยที่ตำรับ AS มีค่า pH ต่ำที่สุด (6.75) ที่ระยะเวลา 20 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด (7.50) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea และ Urea+herb โดยที่ตำรับ AS มีค่า pH ต่ำที่สุด (7.30) ที่ระยะเวลา 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด (7.88) โดยที่ตำรับ AS มีค่า pH ต่ำที่สุด (7.57) และที่ระยะเวลา 50 วันหลังใส่ปุ๋ยตำรับควบคุม มีค่า pH สูงที่สุด (8.21) โดยที่ตำรับ AS มีค่า pH ต่ำที่สุด (7.48) ส่วนที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.32-7.62

ค่า pH ในตำรับ Entec (1), Entec (2) และ Urea+herb ที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ยจะมีค่าสูงกว่าตำรับ Urea และ AS เนื่องจากปุ๋ย Entec (1), Entec (2) และ Urea+herb มีการเปลี่ยนรูปจาก NH_4^+-N ไปเป็น NO_3^--N ได้ช้า จึงทำให้มีการปลดปล่อย H^+ ได้น้อย ส่วนปุ๋ย Urea และ AS มีการเปลี่ยนรูปจาก NH_4^+-N ไปเป็น NO_3^--N ได้รวดเร็วจึงทำให้มีการปลดปล่อย H^+ ได้มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า pH ก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน และค่า pH จะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้น

6. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

ค่า EC ในวัสดุปลูกคะน้าที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7) โดยที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ AS มีค่า EC สูงที่สุด (2.03 dS/m) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea โดยที่ตำรับควบคุมมีค่า EC ต่ำที่สุด (0.67 dS/m) ที่ระยะเวลา 20 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ AS มีค่า EC สูงที่สุด (1.50 dS/m) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ

Table 7 The electical conductivity (EC,1:5) in mixed soil at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	EC,1:5 (dS/m)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	0.67 d	0.61 c	0.81 d	0.94 cd	0.90 e
Urea	1.77 a	0.99 bc	0.92 d	1.04 b	1.21 b
AS	2.03 a	1.50 a	1.72 a	2.16 a	1.88 a
Entec (1)	0.84 cd	1.00 bc	0.91 d	0.91 d	0.94 cd
Entec (2)	1.00 bc	1.25 ab	1.41 b	0.90 d	1.24 b
Urea+herb	1.21 b	1.04 bc	1.25 c	0.99 bc	1.05 d
F-test	**	*	*	**	**
CV (%)	27.66	32.06	28.92	28.56	28.62

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

Entec (2) โดยที่ตำรับควบคุมมีค่า EC ต่ำที่สุด (0.61 dS/m) ที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ AS มีค่า EC สูงที่สุด (1.72 dS/m) โดยที่ตำรับควบคุมมีค่า EC ต่ำที่สุด (0.81 dS/m) ที่ระยะเวลา 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ AS มีค่า EC สูงที่สุด (2.16 dS/m) โดยที่ตำรับ Entec (2) มีค่า EC ต่ำที่สุด (0.90 dS/m) ที่ระยะเวลา 50 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ AS มีค่า EC สูงที่สุด (1.88 dS/m) โดยที่ตำรับควบคุมมีค่า EC ต่ำที่สุด (0.90 dS/m)

ตำรับ AS มีค่า EC ในวัสดุปลูกคะน้าฮ่องกงสูงที่สุดในทุกระยะเวลา อย่างไรก็ตาม ค่า EC ระดับนี้ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของคะน้าฮ่องกง เนื่องจากค่า EC ที่วัดได้นั้นจัดอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม

7. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระยะเวลา 50 วันหลังย้ายปลูก

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในวัสดุปลูกคะน้าฮ่องกงที่ระยะเวลา 50 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 8) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 331.25-350.00 และ 1,246.99-1,285.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

Table 8 The quantity of available P and exchangeble K in in mixed soil at 50 days after planting the kailaan. (mg/kg)

Treatment	Available P	Exchangeable K
Control	315.63	1275.32
Urea	339.38	1285.44
AS	350.00	1253.17
Entec (1)	340.63	1248.11
Entec (2)	331.25	1282.36
Urea+herb	340.63	1246.99
F-test	ns	ns
CV (%)	6.23	2.25

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ns = non significant

จากการที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในวัสดุปลูกคะน้าฮ่องกงมีปริมาณไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการปรับปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้มีปริมาณเท่ากันในทุกตำรับการทดลองจึงทำให้มีการสะสมของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในวัสดุปลูกคะน้าฮ่องกงมีปริมาณใกล้เคียงกัน

8. ความสูงและจำนวนใบของคะน้าฮ่องกง ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังย้ายปลูก

ความสูงและจำนวนใบของคะน้าฮ่องกง ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกระยะเวลา (Table 9, 10) โดยที่ความสูงที่ระยะเวลา 50 วันหลังย้ายปลูกมีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 9.70-12.92 ซม. และจำนวนใบ

ที่ระยะเวลา 50 วันหลังย้ายปลูก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.28-9.36 ใบ/ต้น

9. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากที่อายุ 50 วันหลังย้ายปลูก

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากที่อายุ 50 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 11) โดยตำรับ Entec (1) มีน้ำหนักสดต้นสูงที่สุด (94.15 กรัม/ต้น) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea, Entec (2) และ Urea+herb โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักสดต้นต่ำที่สุด (69.94 กรัม/ต้น) ตำรับ Entec (1) มีน้ำหนักแห้งส่วนต้นสูงที่สุด (8.58 กรัม/ต้น) โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุด (5.15 กรัม/ต้น) ตำรับ Entec (2) มีน้ำหนักสดรากสูงที่สุด (8.00 กรัม/ต้น) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (1) และ Urea โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักสดรากต่ำที่สุด (5.63 กรัม/ต้น) ตำรับ Entec (2) มีน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด (0.97 กรัม/ต้น) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (1), Urea และ Urea+herb โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักแห้งรากต่ำที่สุด (0.50 กรัม/ต้น)

ตำรับ Entec (1) ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นสูงที่สุด ในขณะที่ตำรับ Entec (2) ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากที่ปุ๋ย Entec มีสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาให้ปุ๋ยอยู่ในรูปแอมโมเนียมได้นาน เพื่อให้พืชได้รับปุ๋ยนั้นได้มากที่สุด จึงทำให้คะน้าฮ่องกงนั้นได้รับธาตุไนโตรเจนทั้งในรูปของ NH_4^+-N และ NO_3^--N อย่างเพียงพอต่อความต้องการ เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนทั้งในรูปของ NH_4^+-N และ NO_3^--N อย่างเพียงพอต่อความต้องการ พืชก็สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ยงยุทธ, 2543)

10. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ในต้นและรากของคะน้าฮ่องกงที่อายุ 50 วันหลังย้ายปลูก

ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นและรากของคะน้าฮ่องกงที่อายุ 50 วันหลัง

Table 9 The plant height at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	Hight (cm)				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	2.42	4.67	5.33	10.00	10.05
Urea	1.88	4.83	6.67	12.50	12.92
AS	1.78	5.34	6.33	9.67	9.70
Entec (1)	2.50	5.42	7.59	10.46	10.49
Entec (2)	2.12	5.50	7.00	10.75	10.79
Urea+herb	1.96	4.92	6.00	10.17	10.19
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15.22	19.01	26.03	24.43	24.99

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ns = non Significant

Table 10 The number of plant leaves at 10, 20, 30, 40 and 50 days after planting the kailaan.

Treatment	Number of plant leaves				
	10 day	20 day	30 day	40 day	50 day
Control	4.67	5.92	8.34	8.08	8.11
Urea	4.84	6.17	9.42	9.33	9.36
AS	4.67	5.50	8.75	7.25	7.28
Entec (1)	4.84	5.75	8.67	8.75	8.75
Entec (2)	5.09	6.34	9.33	8.83	8.83
Urea+herb	4.84	5.75	8.42	7.84	7.87
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.31	8.25	12.80	14.69	14.64

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ns = non significant

Table 11 Fresh and dry weight of plant shoot and root at 50 days after planting the kailaan. (g/plant)

Treatment	Fresh weight of shoot	Dry weight of shoot	Fresh weight of root	Dried weight of root
Control	69.94 c	5.15 d	5.63 d	0.50 c
Urea	89.02 ab	7.28 b	7.94 a	0.90 ab
AS	73.71 bc	6.08 c	6.55 c	0.80 b
Entec (1)	94.15 a	8.58 a	7.67 ab	0.91 ab
Entec (2)	88.76 ab	7.63 b	8.00 a	0.97 a
Urea+herb	88.97 ab	7.59 b	7.24 b	0.83 ab
F-test	*	**	**	**
CV (%)	16.80	15.55	12.72	21.74

*Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

ย้ายปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 12) แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นและรากของคะน้าฮ่องกงที่อายุ 50 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับ Entec (1) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นและรากสูงที่สุดเท่ากับ 5.48% และ 2.86% ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea, Entec (2) และ Urea+herb โดยที่ตำรับควบคุมมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นและรากต่ำที่สุด

ตำรับ Entec (1) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนต้นและรากของคะน้าฮ่องกงมีปริมาณสูงที่สุด เนื่องจากคะน้าฮ่องกงนั้นได้รับธาตุไนโตรเจนทั้งในรูปของ NH_4^+-N และ NO_3^--N อย่างเพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้มีการสะสมของธาตุไนโตรเจนได้สูงที่สุด ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นและรากของคะน้าฮ่องกงมีปริมาณไม่แตกต่างกัน เนื่องจากได้มีการปรับปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้เท่ากันในทุกตำรับการทดลองจึงทำให้มีการดูดกินได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

11. ปริมาณ ammonium oxidizing bacteria (AOB) และ nitrite oxidizing bacteria (NOB) ในดินที่ระยะเวลา10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปริมาณ AOB และ NOB ในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วันหลังใส่ปุ๋ย มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย (Table 13) ตำรับ AS มีจำนวนเซลล์ของ AOB สูงที่สุด ($2.15x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่าง เมื่อเทียบกับตำรับ Urea และ Urea+herb โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ AOB ต่ำที่สุด ($1.14x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (1) ส่วนตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ NOB สูงที่สุด ($2.79x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea+herb โดยที่ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ NOB ต่ำที่สุด ($9.15x10^6$ CFU/g)

หลังใส่ปุ๋ย 20 วัน ตำรับ AS มีจำนวนเซลล์ของ AOB สูงที่สุด ($2.05x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม Urea และ Urea+herb โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์

Table 12 The quantity of nitrogen phosphorus and potassium in plant shoot and root at 50 days after planting the kailaan.

Treatment	N (%)		P (%)		K (%)	
	shoot	root	shoot	root	shoot	root
Control	3.54 c	2.15 b	0.29	0.26	8.00	2.26
Urea	5.16 ab	2.75 a	0.30	0.26	7.92	2.39
AS	4.73 b	2.33 b	0.30	0.31	7.02	2.65
Entec (1)	5.48 a	2.86 a	0.30	0.30	8.06	2.69
Entec (2)	5.09 ab	2.62 a	0.31	0.26	8.17	2.53
Urea+herb	5.11 ab	2.70 a	0.32	0.28	8.47	2.54
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15.15	11.77	8.73	11.64	17.99	16.42

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, ns = non significant at 0.05*

Table 13 The quantity of nitrogen phosphorus and potassium in plant shoot and root at 50 days after planting the kailaan.

Treatment	AOB		NOB	
	CFU/g	Log number	CFU/g	Log number
Control	$1.64x10^6$	6.21 b-c	$1.78x10^6$	6.25 b-c
Urea	$1.93x10^6$	6.28 a-b	$2.79x10^6$	6.44 a
AS	$2.15x10^6$	6.33 a	$1.95x10^6$	6.28 b-c
Entec (1)	$1.35x10^6$	6.13 c-d	$1.38x10^6$	6.13 c
Entec (2)	$1.14x10^6$	6.05 d	$9.15x10^6$	5.95 d
Urea+herb	$1.90x10^6$	6.28 a-b	$2.30x10^6$	6.36 a-b
F-test		**		**
CV(%)		1.83		1.73

*Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01, ns = non significant at 0.05*

Table 14 The number of ammonium oxidizing bacteria (AOB) and nitrite oxidizing bacteria (NOB) in mixed soil at 20 days after planting the kailaan.

Treatment	AOB		NOB	
	CFU/g	Log number	CFU/g	Log number
Control	$1.64x10^6$	6.21 a-b	$1.68x10^6$	6.22 c
Urea	$1.83x10^6$	6.25 a-b	$2.10x10^6$	6.32 a-b
AS	$2.05x10^6$	6.31 a	$2.45x10^6$	6.39 a
Entec (1)	$1.45x10^6$	6.16 b	$1.38x10^6$	6.13 d
Entec (2)	$1.05x10^6$	6.02 d	$1.20x10^6$	6.08 d
Urea+herb	$1.78x10^6$	6.25 a-b	$1.78x10^6$	6.25 b-c
F-test		**		**
CV(%)		1.71		1.83

*Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01*

ของ AOB ต่ำที่สุด ($1.05x10^6$ CFU/g) ส่วนตำรับ AS มีจำนวนเซลล์ของ NOB สูงที่สุด ($2.45x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Urea โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ NOB ต่ำที่สุด ($1.20x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (1) (Table 14)

ผลการศึกษาที่ 30 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ AOB สูงที่สุด ($1.33x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS และ Urea+herb โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ AOB ต่ำที่สุด ($1.10x10^6$ CFU/g) ส่วนตำรับ AS มีจำนวนเซลล์ของ NOB สูงที่สุด ($1.78x10^6$

CFU/g) โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ NOB ต่ำที่สุด (1.28x10^6 CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม Urea, Entec (1) และ Urea+herb (Table 15)

เมื่อพิจารณาที่ 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ AOB สูงที่สุด (1.79x10^6 CFU/g) โดยที่ตำรับ Entec (1) มีจำนวนเซลล์ของ AOB ต่ำที่สุด (1.13x10^6 CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่าง

Table 15 The number of ammonium oxidizing bacteria (AOB) and nitrite oxidizing bacteria (NOB) in mixed soil at 30 days after planting the kailaan.

Treatment	AOB		NOB	
	CFU/g	Log number	CFU/g	Log number
Control	9.6x10^6	5.98 c	1.20x10^6	6.08 b
Urea	1.33x10^6	6.12 a	1.33x10^6	6.12 b
AS	1.30x10^6	6.11 a	1.78x10^6	6.25 a
Entec (1)	1.14x10^6	6.05 b	1.40x10^6	6.14 b
Entec (2)	1.10x10^6	6.04 b	1.28x10^6	6.11 b
Urea+herb	1.28x10^6	6.11 a	1.43x10^6	6.16 b
F-test		**		*
CV(%)		0.93		1.11

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

Table 16 The number of ammonium oxidizing bacteria (AOB) and nitrite oxidizing bacteria (NOB) in mixed soil at 40 days after planting the kailaan.

Treatment	AOB		NOB	
	CFU/g	Log number	CFU/g	Log number
Control	1.18x10^6	6.07 b-c	1.17x10^6	6.07 b-c
Urea	1.79x10^6	6.25 a	1.56x10^6	6.19 a
AS	1.36x10^6	6.13 b	1.32x10^6	6.11 a-c
Entec (1)	1.13x10^6	6.05 c	1.04x10^6	6.01 c
Entec (2)	1.18x10^6	6.07 b-c	1.15x10^6	6.06 b-c
Urea+herb	1.27x10^6	6.10 b-c	1.38x10^6	6.13 a-b
F-test		**		*
CV(%)		1.25		1.32

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01, * = Significant at 0.05*

Table 17 The number of ammonium oxidizing bacteria(AOB) and nitrite oxidizing bacteria (NOB) in mixed soil at 50 days after planting the kailaan.

Treatment	AOB		NOB	
	CFU/g	Log number	CFU/g	Log number
Control	$3.33x10^6$	5.52 e	$1.14x10^6$	6.06 d
Urea	$9.75x10^6$	5.98 a	$2.71x10^6$	6.43 a
AS	$8.35x10^6$	5.92 a-b	$1.78x10^6$	6.25 b-c
Entec (1)	$6.75x10^6$	5.83 c	$1.58x10^6$	6.19 c
Entec (2)	$5.50x10^6$	5.74 d	$1.19x10^6$	6.07 d
Urea+herb	$7.30x10^6$	5.86 b-c	$2.00x10^6$	6.30 b
F-test		**		**
CV(%)		2.71		2.27

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT.
*** = Significant at 0.01*

เมื่อเทียบกับตำรับ Entec (2) และ Urea+herb ส่วนตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ NOB สูงที่สุด ($1.56x10^6$CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS โดยที่ Entec (1) มีจำนวนเซลล์ของ NOB ต่ำที่สุด ($1.04x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ Entec (2) (Table 16)

ที่ระยะเก็บเกี่ยว 50 วันหลังใส่ปุ๋ย ตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ AOB สูงที่สุด ($9.75x10^6$ CFU/g) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับ AS โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ AOB ต่ำที่สุด ($5.50x10^6$ CFU/g) ส่วนตำรับ Urea มีจำนวนเซลล์ของ NOB สูงที่สุด ($2.71x10^6$ CFU/g) โดยที่ตำรับ Entec (2) มีจำนวนเซลล์ของ NOB ต่ำที่สุด ($1.19x10^6$ CFU/g)

สังเกตเห็นได้ว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ย Entec มีปริมาณของไนตริฟายอิงแบคทีเรียน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตในทุกระยะเวลา แสดงให้เห็นว่าปุ๋ย Entec ซึ่งมีสาร 3,4 dimethylpyrazole phosphate สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ โดยจะเข้าไปลดจำนวนไนตริฟายอิงแบคทีเรียในกลุ่มของ AOB ซึ่งสอดคล้องกับ Li *et.al.* (2007) ที่รายงานว่า สาร 3,4-dimethylpyrazole phosphate สามารลดจำนวนไนตริฟายอิงแบคทีเรียในกลุ่มของ AOB ในขณะที่ตำรับ Urea+herb สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้เด่นชัดในที่ระยะเวลา 40 และ 50 วันหลังจากย้ายปลูก ส่วนตำรับ Urea และ AS นั้นพบว่ามีปริมาณของไนตริฟายอิงแบคทีเรียสูงที่สุดในทุกระยะเวลา

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้ปุ๋ย Entec ทั้ง 2 ชนิด ส่งผลให้มีปริมาณ NH_4^+-N สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตในทุกระยะเวลา และมีปริมาณ NO_3^--N ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต

2. อัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในการใช้ปุ๋ย Entec (1) > Entec (2) > Urea +herb > Urea > AS ส่วนอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย มีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ย Entec

3. การใช้ปุ๋ย Entec ส่งผลให้ค่า pH ดินที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย สูงกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า pH ก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่า pH จะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้น และการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้ค่า EC ในดินสูงที่สุด

4. การใช้ปุ๋ย Entec มีแนวโน้มส่งผลให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนเหนือดินและใต้ดิน สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต นอกจากนี้การใช้ปุ๋ย Entec ส่งผลให้จำนวนเซลล์ของไนตริฟายอิงแบคทีเรียมีจำนวนน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.

Harrison, R. and J. Webb. 2001. A review of the effect of fertilizer type on gaseous emissions. **Adv. Agron.** 73: 65-108.

Hail, W., T. Mala, Y. Osotsapar and V. Verasan. 2006. Nitrification inhibiting ability of Ethiopian medicinal herbs as affected by soil types. **Kamphaensaen Acad. J.** 4(1): 61-73.

Kholdebarin, B. and J.J. Oertli. 1994. Nitrification: Interference by phenolic compounds. **J. Plant Nutrition.** 17(11): 1827 -1837.

Li, H., X. Liang, Y. Chen, Y. Lian, G. Tian and W. Ni. 2007. Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen leaching, nitrifying organisms, and enzyme activities in a rice-oilseed rape cropping system. **J. Environ.l Sci.** 20: 149-155.

Prasad, R. and J.F. Power. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. **Adv. Agron.** 54: 234 -281.

Sommer, S.G., J.K. Schjoerring and O.T. Denmead. 2004. Ammonia emission from mineral fertilizer and fertilized crops. **Adv. Agron.** 42: 43-83.

Wang, F., Y. Fenglin and Q.I. Aijiu. 2007. Nitrifying and denitrifying bacteria in aerobic granules formed in sequencing batch airlift reactors. **Front Environ. Sci. Engin.Chaina.** 1(2): 184-189.

Wu, S., L. Wu, Q. Shi, Z. Wang, X. Chen and Y. Li. 2006. Effects of a new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrate and potassium leaching in two soils. **J. Environ. Sci.** 19: 841-847.