ประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์เม็ดและอะโซโตแบคเตอร์ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ

The Efficiency of Pelleted Organic Fertilizer and *Azotobacter* on the Growth and Yield of Head Lettuce

พิมพ์ชนก นราศรี [1*]***, ชัยสิทธิ์ ทองจู*** [1]***, ศุภชัย อำคา*** [1] ***และธงชัย มาลา*** [1]

Pimchanok Narasri[1*] *, Chaisit Thongjoo*[1]*, Suphachai Amkha*[1] *and Thongchai Mala*[1]

ABSTRACT

This study was aimed to determine the influence of pelleted organic fertilizer and *Azotobacter* on the growth and yield of head lettuce. The experimental design was split plot in randomized complete block with 4 replications. The main plots were those inoculate and not inoculate with *Azotobacter*, while, the sub plots, each of 2×1.5 m^2, were 1) not fertilized, the control and fertilized with 2) urea, 6.5 kg / rai; 3) urea, 13 kg / rai; 4) pelleted organic fertilizer 181.57 kg / rai; 5) pelleted organic fertilizer 363.13 kg / rai; and 6) pelleted organic fertilizer 726.26 kg / rai. The head lettuce was cultivated from seedlings of 30 days old and was harvested for yields and certain analyses when the plants were 42 days old and of marketable size. The following results were obtained.

Azotobacter inoculation stimulated better growth and yield of head lettuce in all plots. The slightly different yields (as wet weights) of marketable size lettuce of 3,831.75; 3,995.55 and 4,081.50 kg / rai were obtained, respectively from plots fertilized with pelleted organic fertilizer of 181.57, 363.13 and 726.26 kg / rai. These yields were comparable to that, 3,847.50 kg / rai obtained from 6.5 kg / rai urea fertilization. The total nitrogen content in plants growing under *Azotobacter* inoculation was higher than that under non inoculation. While, total nitrogen contents of head lettuce supported by organic fertilizer at the rates of 363.13 and 726.26 kg / rai were not significantly different (p=0.5) from those supported by 6.5 kg / rai urea. The number of soil *Azotobacter* increased throughout 6 weeks of experiment in inoculated soil. There were more number of in soil supplemented with pelleted organic fertilizer than in unfertilized and urea fertilized soils. Under *Azotobacter* inoculation, there was more N

[1*]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel.08-9857-8427, E-mail address: banpim_201@hotmail.com

fixation, measured by acetylene reduction, in soil and in head lettuce rhizosphere. The effects of different fertilizers on N fixation in soil and lettuce rhizosphere were significantly different. The application to soil of 363.13 and 726.26 kg / rai pelleted organic fertilizer was as effective as the application of of 6.5 kg / rai urea to soil.

Key words: pelleted-organic fertilizer, head lettuce and *Azotobacter*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด และเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อ โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยได้แก่ 1) การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และ 2) การไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และ ปัจจัยรอง 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control) 2) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 6.5 กก./ไร่ 3) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 13 กก./ไร่ 4) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดในอัตรา 181.57 กก./ไร่ 5) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดในอัตรา 363.13 กก./ไร่ และ 6) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดในอัตรา 726.26 กก./ไร่ ผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ทำให้ผักกาดหอมห่อเจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ สำหรับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดทั้ง 3 อัตรา คือ 181.57, 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ ให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อในรูปของน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยเท่ากับ 3,831.75, 3,995.55 และ 4,081.50 กก./ไร่ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ที่มีน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ย 3,847.50 กก./ไร่การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผักกาดหอมห่อเฉลี่ย 475.15 และ 510.6 มก./ต้น เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชโดยเฉลี่ย 444.23 มก./ต้น การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทำให้มีปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ในดินในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 6 เพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด มีปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์มากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี และตำรับควบคุม ปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืช พบว่าการใส่เชื้อมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์อิสระในดินและรากมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทั้งในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 6 การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดในอัตรา 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.449 และ 0.458 กรัมไนโตรเจน/ชม./ไร่ และใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.445 กรัมไนโตรเจน/ชม./ไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด ผักกาดหอมห่อ และอะโซโตแบคเตอร์

คำนำ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นต้องใช้ในการผลิตพืช แต่ปุ๋ยมีราคาแพง เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูง จึงทำให้ปุ๋ยเคมีมีราคาสูงตามไปด้วย การเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหานี้จึงได้มีการนำวัสดุอินทรียวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตกระดาษมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์กากเยื่อกระดาษชนิดเม็ด ซึ่งเป็นการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีความน่าสนใจ เนื่องจากมีส่วนของกากตะกอนน้ำเสียยังมีสารอินทรีย์ ที่สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของดิน ช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชได้ (Hasit, 1986) นอกจากนี้การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ใช้เป็นปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดิน และวัสดุปลูก เป็นต้น ถือเป็นวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่าการจัดการตะกอนด้วยวิธีอื่น (Webber *et al.,* 1984; Manson, 1988) เนื่องจากกากตะกอนน้ำเสียสามารถปรับปรุงโครงสร้างของดินได้ โดยการลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความเสถียรของการเกิดเม็ดดิน ความพรุน และความอุ้มน้ำของดินได้ (Guidi and Hall, 1984) จากการศึกษาการใช้วัสดุจากการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเยื่อกระดาษร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่การเกษตรต่อผลผลิตข้าวโพด พบว่าการใช้วัสดุจากการบำบัดน้ำเสีย 15 และ 25 เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ ช่วยให้ผลผลิตด้านเมล็ดเพิ่มขึ้น คือ 377.60 และ 465.28 กก./ไร่ และเมื่อใช้วัสดุร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตด้านเมล็ดเพิ่มขึ้นเป็น 544.96 กก./ไร่ (Curnoe *et al.,* 2006) ในการผลิตแต่ละขั้นตอนของโรงงานมีวัสดุเหลือใช้ต่างๆมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ดังเช่น โรงงานผลิตกระดาษ มีวัสดุเหลือใช้จำพวกกากเยื่อกระดาษเป็นจำนวนมาก เกิดปัญหาเรื่องการกำจัด อินทรียวัสดุเหลือใช้ต่างๆ เมื่อนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ทำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เพื่อให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงใช้ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อจุลินทรีย์มีประโยชน์ในด้านการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และเปลี่ยนแปลงรูปของธาตุอาหารจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ ทำให้มีความเป็นประโยชน์ต่อพืช รวมถึงเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้ โดยเป็นการตรึงเอาแก๊สไนโตรเจนที่มีมากในอากาศแล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์โดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) เช่น การตรึงไนโตรเจนของ *Azotobacter* sp. ซึ่งการตรึงไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน (Free living) โดยใช้แหล่งพลังงานจากปุ๋ยอินทรีย์ (Esmaeil *et al*. 2008) พบว่าจุลินทรีย์อิสระในดินสามารถตรึงไนโตรเจนได้ 1.6 - 3.2 กก.ไนโตรเจน/ไร่/ฤดูปลูก ดังนั้นการทดลองนี้ จึงเลือกเชื้ออะโซโตแบคเตอร์มาใช้ในรูปผงเชื้อ และทำการทดลองร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดผลิตจากกากเยื่อกระดาษ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานให้กับเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ โดยเลือกผักกาดหอมห่อเป็นพืชทดสอบ เนื่องจากผักกาดหอมเป็นพืชที่มีช่วงอายุเก็บเกี่ยวสั้น เจริญเติบโตได้เร็ว มีความต้องการแร่ธาตุจากดินปริมาณมากในระยะเวลาสั้นๆ และยังสามารถปลูกได้ตลอดปี การทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดและเชื้ออะโซโตแบคเตอร์แทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งเป็นทางออกทางหนึ่งที่อาจลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมีลงส่วนหนึ่งได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัสดุเพาะกล้าที่ใช้ในการทดลองนี้ ประกอบด้วยส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยคอก ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตรในอัตราส่วนเท่ากับ 1:1:1 (ธัญวรัตน์, 2541) บรรจุวัสดุเพาะกล้าลงในกระบะเพาะกล้าขนาดหลุม

1.5 × 1.5 × 1 นิ้ว เตรียมวัสดุเพาะกล้าและคลุกเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ โดยใช้ผงเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ซึ่งผลิตโดยห้องปฏิบัติการ จุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การคลุกเชื้อนี้ใช้วิธีปลูกเชื้อลงในหลุมเพาะกล้า soil inoculation โดยกดแท่งแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม.ที่สะอาดปราศจากเชื้อลงบนวัสดุเพาะให้เป็นหลุมลึก 2 ซม. ในตำรับที่มีการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทำการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ โดยโรยผงเชื้อจำนวน 0.5 กรัม ลงในหลุม ส่วนตำรับที่ไม่ใส่ผงเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ใส่ผงเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 0.5 กรัม ลงในหลุม จากนั้นหยอดเมล็ดผักกาดหอมห่อพันธุ์ Ballade จำนวน 2 เมล็ด/หลุม ลงในกระบะเพาะแล้วกลบด้วยวัสดุเพาะ ให้น้ำทุกวันด้วยบัวรดน้ำ แล้วนำไปวางไว้ในโรงเรือนทดลอง เตรียมแปลงโดยการไถดินและพักดินไว้ 1 สัปดาห์ พรวนดินให้ดินแตกสม่ำเสมอ จากนั้นยกร่องทำแปลงย่อยขนาด 2 × 1.5 ตร.ม. ยกร่องให้สูง 20 ซม. โดยแบ่งแปลงออกเป็นแปลงที่ไม่มีการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ 24 แปลงย่อย และแปลงที่มีการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ 24 แปลงย่อยรวมทั้งสิ้น 48 แปลง ย้ายกล้าผักกาดหอมห่อที่เพาะไว้เมื่อกล้ามีอายุ 30 วัน 1 ต้นต่อ 1 หลุม โดยใช้ระยะปลูก 40 X 40 ตร.ซม. หลังปลูกคลุมดินด้วยฟางข้าวให้เท่าๆ กัน

วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ มีปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ คือ ปัจจัยหลัก (main plot) ประกอบด้วยวิธีการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ 2 วิธี ได้แก่ 1) การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ (Inoculate : I) และ 2) การไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ (non inoculate: NI) และปัจจัยรอง (sub plot) ประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ 6 วิธี ได้แก่ 1) ตำรับควบคุม (control : C) 2) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ (F1) 3) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 13 กก./ไร่ (F2) 4) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 181.57 กก./ไร่ (F3) 5) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 กก./ไร่ (F4) และ 6) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 726.26 กก./ไร่ (F5) ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (46 - 0 - 0) ตามตำรับการทดลอง โดยใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก 1 วัน ในปริมาณ 1/2 ของอัตราที่ใส่ปุ๋ยทั้งหมด และหลังจากปลูก 2 สัปดาห์ ใส่ส่วนที่เหลือของทั้งหมด ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ใส่ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก 1 วัน โดยการใส่รองพื้นก้นหลุมคลุกเคล้ากับดินให้ดีก่อนย้ายกล้า ในกรณีที่มีการเติมปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีการปรับปริมาณของ P_2O_5 และ K_2O ให้ได้ 6.5 กก./ไร่ ปรับโดยการใส่ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) โดยมีการให้น้ำระบบสปริงเกอร์ทุกวันเช้าเย็น ทำการตรวจและกำจัดวัชพืชด้วยการพรวนดิน การบันทึกข้อมูลทำโดยตรวจนับปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ด้วยวิธี dilution plate count (ธงชัย, 2550) ก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 2, 4 และ 6 สัปดาห์ และวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนด้วยวิธีการ acetylene reduction หลังการปลูก 3 และ 6 สัปดาห์ (Hardy *et. al.,* 1968; Hardy *et. al.,* 1973) ในขณะที่ผลผลิตผักกาดหอมห่อ ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 42 วันหลังย้ายปลูก โดยตัดส่วนเหนือดินมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผักกาดหอมห่อ (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จ ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลง เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธีการของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ในดินที่ปลูกผักกาดหอมห่อ

การปลูกแบบใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ทำให้ปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์ในดินแตกต่างกันทางสถิติ การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ทำให้มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 หลังปลูก และลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าก่อนปลูก (Figure 1) สำหรับการใส่ปุ๋ยพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 726.26 กก./ไร่ มีปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์มากที่สุด โดยระยะก่อนปลูก หลังปลูก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ มีปริมาณของเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 $\times 10^4$, 12.68 $\times 10^4$, 18.05 $\times 10^4$ และ 17.50 $\times 10^4$ โคโลนี/กรัม ตามลำดับ (Figure 2) ปริมาณเชื้ออะโซโตแบคเตอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อ หลังจากนั้นผักกาดหอมห่อเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณเชื้อเริ่มลดลง สาเหตุอาจเนื่องมาจากในระยะแรกของการเจริญเติบโตของพืช พืชจะปลดปล่อยสารออกมาทางราก (root exudates) หลายชนิด ซึ่งประกอบด้วยไอออน สารประกอบคาร์บอน น้ำ เมือก และออกซิเจน (Bais *et al*., 2006) คือเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ดังนั้นจึงช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ ส่วนในสัปดาห์ที่ 6 เป็นช่วงใกล้เก็บเกี่ยวซึ่งเป็นระยะที่พืชแก่ การปลดปล่อยสารออกมาทางรากเปลี่ยนแปลงไปทั้งชนิดและปริมาณอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้ออะโซโตแบคเตอร์

2. ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์อิสระในดินและบริเวณรากพืชที่ปลูกผักกาดหอมห่อ

ปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชแตกต่างกันทางสถิติในการปลูกที่ใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อ อะโซโตแบคเตอร์ การใส่เชื้อมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์อิสระในดินและรากมากกว่าการไม่ใส่เชื้อ อะโซโตแบคเตอร์ในสัปดาห์ที่ 3 แต่ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่าปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งการปลูกที่ใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ (Table 1) ในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยพบว่าในสัปดาห์ที่ 3 ปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชของการใส่ปุ๋ยในอัตราต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในสัปดาห์ที่ 6 การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.449 และ 0.458 กรัมไนโตรเจน/ชม./ไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.445 กรัมไนโตรเจน/ชม./ไร่ (Figure 3) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีสารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานที่สำคัญที่สุดสำหรับจุลินทรีย์ เช่น พวกเฮเทอโรโทรป โดยปกติแล้วดินที่ทำการเพาะปลูกทั่วไปมีอินทรียวัตถุที่เป็นอาหารหรือให้พลังงานแก่จุลินทรีย์มีอยู่จำกัดไม่เพียงพอกับความต้องการจุลินทรีย์ การใส่อินทรียวัตถุให้กับดิน ทำให้ประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่งผลให้มีการตรึงไนโตรเจนมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

3. ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ

น้ำหนักสดของหัวผักกาดหอมห่อไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ (Figure 4) แต่มีแนวโน้มว่าการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทำให้ผักกาดหอมห่อมีน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการใส่

ปุ๋ยที่แตกต่างกัน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดทั้ง 3 ระดับ คือ 181.57, 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ ให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อในรูปของน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น คือ 3,831.75, 3,995.55 และ 4,081.50 กก./ไร่ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 13 กก./ไร่ ที่มีน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ย 3,847.50 กก./ไร่ (Figure 4) สาเหตุที่ทำให้น้ำหนักสดของหัวผักกาดหอมห่อแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนที่ผักกาดหอมห่อได้รับในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันทำให้ได้น้ำหนักสดแตกต่างกัน และน้ำหนักสดของหัวผักกาดหอมห่อเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่

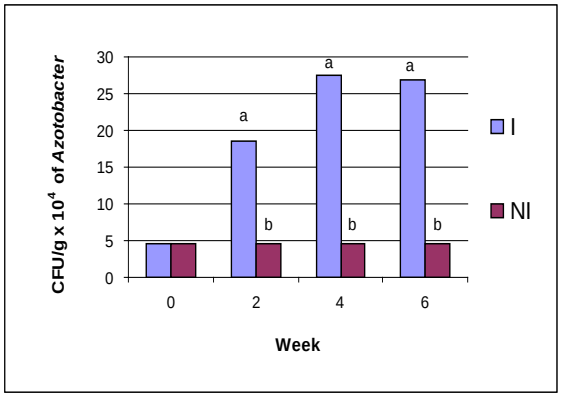


Figure 1 Number of *Azotobacter* in soils with (I) and without (NI) Inoculation during 6 weeks.

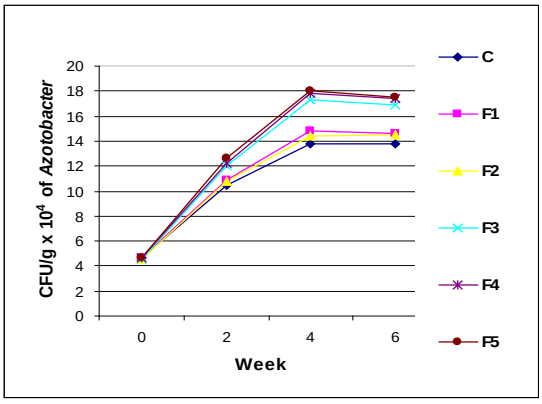
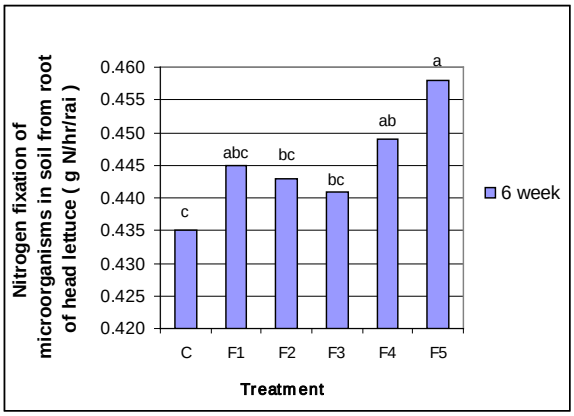
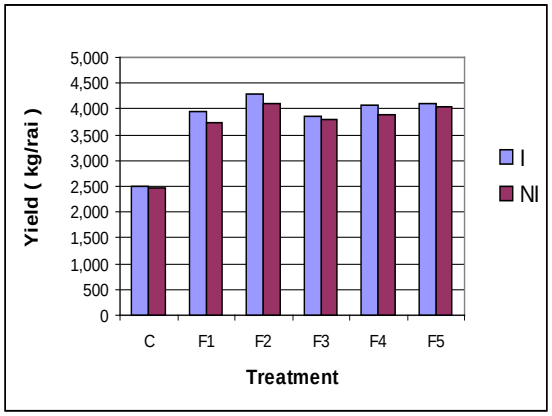


Figure 2 Number of *Azotobacter* in soils of various fertilization C, not fertilized; F3, pelleted organic fertilizer 181.57 kg / rai F1, urea, 6.5 kg / rai; F4, pelleted organic fertilizer 363.13 kg / rai F2, urea, 13 kg / rai; F5, pelleted organic fertilizer 726.26 kg / rai





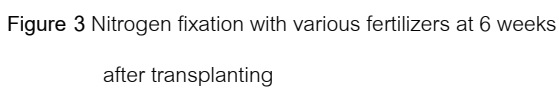


Figure 3 Nitrogen fixation with various fertilizers at 6 weeks after transplanting

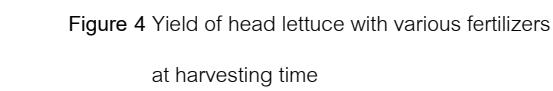


Figure 4 Yield of head lettuce with various fertilizers at harvesting time

Table 1 Microbial nitrogen fixation in soil from rhizosphere root of head lettuce grown in various inoculations and fertilizers.

Fertilizer	3 week (g. N / h / rai)			6 week (g. N / h / rai)		
	I	NI	average	I	NI	average
C	0.456	0.418	0.437	0.449	0.422	0.435c[1/]
F1	0.435	0.427	0.431	0.448	0.443	0.445abc
F2	0.454	0.435	0.445	0.451	0.435	0.443bc
F3	0.449	0.454	0.451	0.437	0.445	0.441bc
F4	0.442	0.416	0.429	0.457	0.441	0.449ab
F5	0.420	0.422	0.421	0.456	0.460	0.458a
average	0.443a	0.429b		0.450	0.441	
CV(%)						
Inoculation		1.26			2.40	
Fertilizer		5.03			2.87	
F-test						
Inoculation (I)		**			ns	
Fertilizer (F)		ns			*	
I x F		ns			ns	

[1/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT (p=0.05)

4. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืชแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่เชื้อกับการใส่ปุ๋ยที่ต่างกันทางสถิติ (Table 2) แต่การใส่ปุ๋ยที่ต่างกันทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยที่สุด (74.43 และ 243.93 มก. / กก.) การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน (Table 2)

Table 2 Total nitrogen available phosphorus and exchangable potassium content of soil with various inoculations and fertilizers.

Fertilizer	Total N (%)			Available P (mg / kg)			Exchangable K (mg / kg)		
	I	NI	average	I	NI	average	I	NI	Average
C	0.060	0.058	0.059	76.18	72.68	74.43b[1/]	245.98	241.88	243.93b[1/]
F1	0.069	0.060	0.064	84.09	82.21	83.15a	251.32	250.08	250.70a
F2	0.072	0.073	0.072	80.78	87.28	84.03a	252.20	249.44	250.82a
F3	0.060	0.068	0.064	78.38	84.50	81.44a	250.53	252.68	251.61a
F4	0.064	0.060	0.062	82.44	80.15	81.3a	248.11	253.43	250.77a
F5	0.069	0.060	0.064	81.23	87.03	81.13a	249.24	250.01	249.62a
average	0.066	0.063		80.517	82.309		249.56	249.59	
CV(%)									
Inoculation		10.97			12.01			1.69	
Fertilizer		12.47			5.31			1.47	
F-test									
Inoculation (I)		ns			ns			Ns	
Fertilizer (F)		ns			**			**	
I x F		ns			ns			Ns	

[1/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT (p=0.05)

5. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในพืช

การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผักกาดหอมห่อเฉลี่ย 475.15 และ 510.6 มก./ต้น ตามลำดับ เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชโดยเฉลี่ย 444.23 มก./ต้น (Table 3) สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในพืช การใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในพืชมีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน

Table 3 Total nitrogen phosphorus and potassium content of head lettuce grown with various inoculations and fertilizers.

Fertilizer	Nitrogen (mg / plant)			Phosphorus (mg / plant)			Potassium (mg / plant)		
	I	NI	average	I	NI	average	I	NI	Average
C	414.36f[1/]	335.82h[1/]	375.09f[1/]	91.52	91.47	91.49	1135.95	1136.55	1136.24
F1	477.71cd	410.76f	444.23d	92.03	92.37	92.20	1143.44	1135.78	1139.61
F2	668.37a	550.39b	609.38a	91.42	91.53	91.47	1139.65	1141.35	1140.50
F3	450.53e	383.02g	416.78e	91.20	91.97	91.59	1144.24	1145.95	1145.09
F4	493.21c	457.08de	475.15c	92.48	91.75	92.12	1140.08	1142.66	1141.37
F5	536.40b	484.81c	510.60b	92.47	91.35	91.91	1139.92	1143.74	1141.83
average	417.36a	356.18b		91.85	91.74		1140.54	1141.00	
CV(%)									
Inoculation		2.33			1.13			1.18	
Fertilizer		3.60			1.44			1.70	
F-test									
Inoculation (I)		**			ns			Ns	
Fertilizer (F)		**			ns			Ns	
I x F		**			ns			Ns	

[1/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT (p=0.05)

สรุปผลการทดลอง

เชื้ออะโซโตแบคเตอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะแรกของการปลูกผักกาดหอมห่อและลดลงเมื่อใกล้ถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดทั้ง 3 ระดับ ให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อในรูปของน้ำหนักสดของหัวใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ที่มีน้ำหนักสดของหัวโดยเฉลี่ย 3847.50 กก./ไร่ และการใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชมากกกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ มีผลทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช มีค่าเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ ส่วนการใส่เชื้อมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์อิสระในดินและบริเวณรากพืชมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ ทั้งในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 6 พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด 363.13 และ 726.26 กก./ไร่ มีปริมาณการตรึงไนโตรเจนในดินและบริเวณรากพืชเท่ากับ 0.449 และ 0.458 กรัมไนโตรเจน/ชม./ไร่ และใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.445 กรัมไนโตรเจน/ ชม./ไร่

เอกสารอ้างอิง

คณาจารยภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพครั้งที่ 10. สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.108 น.

ธัญวรัตน์ วจนะวงศ์วิจิตร. 2541. ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและเชื้อจุลินทรีย์ต่อผลผลิตของผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ. 300 น.

Bais, H. P., T. L. Weir, L .G. Perry, S. Gilroy and J. M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Ann. Rev. Plant Biol. 57: 233–266.

Curnoe, W. E., D. C. Irving, C. B. Dow, G. Velema and A. Unc. 2006. Effect of Spring Application of a Paper Mill Soil Conditioner on Corn Yield. Agron. Am. J. 98: 423-429.

Esmaeil, Y., A. M. E. Azadgoleh, H. Pirdashti and S. Mozafari. 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants as biofertilizers in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. Asian J. Plant Sci. 7(5): 490-494.

Guidi, G. and J.E., Hall. 1984. Effect of sewage sludge on the physical and chemical properties of soils, *pp*. 295-305. *In* P.L. Hermite and H. Ott (eds.). Processing and Use of Sewage Sludge. D. Reidel Publishing Company, Holland.

Hardy, R.W.F., R.C. Burns and R.S. Holsten. 1973. Application of acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. Soil Biol. Biochem. 5:47-48.

Hardy, R.W.F., R.S. Holsten, E.K. Johnson and R.C. Burns. 1968. The acetylene-ethylene assay for N_2 fixation laboratory and field evaluation. Plant Physiol. 43:1185-1270.

Hasit, Y. 1986. Sludge treatment. Utilization and Disposal J. WCSF. 58:510-515.

Liste, H. H. and M. Alexander. 2000. Plant-promoted pyrene degradation in soil. Chemosphere, 40(1):7–10.

Manson, J. 1988. Sewage sludge to land. Water and Wastewater Treatment. 31:4.

Webber, M. D., A. Kloke and J. Chr. Jell. 1984. A Review of Current Sludge Use Guildline for the Control of Heavy Metal Contamination in Soils, *pp*. 371-385. *In* P.L. Hermite and H. Ott (eds.). Processing and Use of Sewage Sludge. D. Reidel Publihing Company, Holland.

Received 10 May 2010

Accepted 31 August 2010