ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากถั่วเหลืองฝักสดของผักคะน้าโดยเทคนิคไอโซโทป

Uptake Efficiency of N Mineralized from Vegetable Soybean Residues of Chinese Kale by Using Isotope Technique

วิวัฒน์ มัธยกุล[1/] สุดชล วุ้นประเสริฐ [2/]

สมพร ชุนห์ลือชานนท์ [3/] จักรี เส้นทอง [4/]

Wiwat Matayakul [1/] Sodchol Wonprasaid [2/]

Somporn Choonluchanon [3/] Chuckree Senthong [4/]

ABSTRACT

The objective of this research was aimed to evaluate availability of mineralized N from vegetable soybean veriety no 75 for Chinese kale growth by using ^{15}N technique. The experiment was conducted in RCB design with 3 replications and 4 treatments namely vegetable soybean variety No 75 was grown with variation of nitrogen fertilizer. Nitrogen fertilizer was applied at the rate of 0, 16, 32 and 48 kg/rai. A micro-plot of 25x50 cm within 1.2x6 m plot size was surrounded with zinc flame for application of isotope N fertilizer using ^{15}N urea (5% atom excess). Growth, yield and N_2-fixing efficiency of soybean were determined after 65 days of growing. Soybean plant residues were incorporated into the soil after harvest. The Chinese kale plantlets were transplanted after soil incubation for 21 days. Increasing of N-fertilizer resulted in increasing soybean plant weight and yield. The maximum plant weight and yield were found in 32 kg/rai of N fertilizer treatment. Although higher

1/ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 1 เชียงใหม่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

1/ Office of Agriculture Economics Zone 1, Office of Agricultural Economics, Muang district, Chiang Mai province 50200

2/ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

2/ School of Crop Production Technoligy, Institute of Agricultural Technology, Suranee University, Muang district, Nakhon Ratchasima province 30000

3/ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

3/ Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang district, Chiang Mai province 50000

4/ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

4/ Department of Agrinomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang district, Chiang Mai 50000

growth and yield of soybean high N application but the formation of root nodules were inhibited. Soybean root nodules were reduced approximately 50% when N fertilizer were applied at the rate of 32 and 48 kg/rai and the efficiency of nitrogen fixation was also reduced. The incorporation of soybean plant residues at 2.0, 2.3 and 2.4 t/rai caused in mineralization of inorganic N totally before transplanting at 22.63, 32.95 and 26.2 kg/rai, respectively. This amount of mineralized N was uptaken by Chinese kale as the consequent crop at approximately of 21-34 % leading to increase in the fresh weight yield of 20-35 % at 56 days after transplanting

Key words: vegetable soybean, ^{15}N, Isotope technique, N-mineralization, Chinese kale

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองฝักสดของผักคะน้าโดยใช้เทคนิคไอโซโทป ^{15}N โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจากต้นถั่วเหลืองหลังจากมีการไถกลบลงดิน ต่อการดูดใช้ของต้นผักคะน้าที่ใช้เป็นพืชปลูกตาม วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี แต่ละซ้ำปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ No 75 เปรียบเทียบอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 0 16 32 และ 48 กก./ไร่ ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 1.2x6 ม. แบ่งพื้นที่สำหรับการใส่ปุ๋ย ^{15}N urea (5% atom excess) ขนาด 25x50 ซม. ล้อมพื้นที่ด้วยกรอบสังกะสี หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วไถกลบต้นถั่วเหลืองที่แยกฝักออกในอัตรา 2.0 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ บ่มดินทิ้งไว้นาน 3 สัปดาห์ แล้วปลูกผักคะน้าตาม พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีผลให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักต้นและผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยมีน้ำหนักต้นและผลผลิตมากที่สุด เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 32 และ 48 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนปมลดลงประมาณ 50% และทำให้ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย การไถกลบต้นถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนย้ายกล้าผักคะน้าลงปลูกมีไนโตรเจนปลดปล่อยออกมาประมาณ 22.63 32.95 และ 26.2 กก/ไร่เมื่อไถกลบต้นถั่วเหลืองในอัตรา 2.0 2.3 และ 2.4 กก/ไร่ตามลำดับ และไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมานี้ผักคะน้าสามารถดูดใช้ได้ประมาณ 21-34% และทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 20-35% เมื่อคะน้ามีอายุ 56 วัน

คำหลัก: ถั่วเหลืองฝักสด ^{15}N เทคนิคไอโซโทป การปลดปล่อยไนโตรเจน ผักคะน้า

คำนำ

การผลิตพืชอินทรีย์เพื่อสนองนโยบายของรัฐที่ให้ความสำคัญต่อการลด ละ หรือเลิกการใช้สารเคมีและเปลี่ยนไปใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนนั้นในส่วนของปุ๋ยอินทรีย์หากพิจารณาจากปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักแล้วต้องใช้ถึงไร่ละ 1-2 ตัน (นิรนาม, 2535) นับว่ามากพอสมควร ประกอบกับปัจจุบันปุ๋ยคอกจากกระบือมีจำนวนลดลงโดยในปี พ.ศ. 2536 มีจำนวนทั้งสิ้น 4,753,697 ตัว และลดลงเหลือ 1,612,534 ตัวในปี 2545 (นิรนาม, 2547) ในขณะที่การใช้ปุ๋ยจากมูลไก่ก็มีปัญหาในเรื่องยาปฏิชีวนะ ดังนั้นปุ๋ยพืชสดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชอินทรีย์ เนื่องจากมีข้อดีคือสามารถไถกลบลงบนที่เดิมไม่ต้องเป็นภาระในการขนย้าย โดยเฉพาะปุ๋ยคอกซึ่งเกษตรกรที่ไม่มีรถยนต์ของตนเองต้องเสียเงินจ้างขนและค่าปุ๋ยคอก จึงทำการวิจัยเพื่อศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด และการดูดใช้ไนโตรเจนของผักคะน้าหลังจากไถกลบ การเลือกศึกษาถั่วเหลืองฝักสดเนื่องจากเกษตรกรสามารถขายผลผลิตฝักสดทำให้มีรายได้ไปส่วนหนึ่งแล้ว ส่วนที่เหลือคือลำต้น ใบยังสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยได้ประโยชน์อีกต่อหนึ่งด้วยซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่าหากการปลูกพืชเพื่อหวังไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว เกษตรกรจะไม่เห็นความสำคัญเนื่องจากไม่มีรายได้ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยพืชสดเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืชที่ปลูกตาม ควรจะต้องทราบปริมาณ การถ่ายเทช่วงเวลาการปลดปล่อย เพื่อวางแผนการปลูกพืชตามให้เหมาะสมกับระยะต่างๆ ดังกล่าว สำหรับการทดสอบผลผลิตผักคะน้าที่ปลูกตามหลังสับกลบปุ๋ยพืชสด โดยเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีในอัตรา และเวลาที่ใส่ปุ๋ยตามเอกสารคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ภายใต้เงื่อนไขที่ทราบปริมาณไนโตรเจนที่ผักใช้จากซากถั่วเหลืองแล้ว ประการสุดท้ายเหตุผลที่เลือกผักคะน้ามาศึกษาเป็นพืชปลูกตามเนื่องจากผักคะน้าสร้างผลผลิตใบ โดยใช้ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลัก และการย่อยสลายของซากถั่วเหลืองจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูป NH_4^+- N และ NO_3^-- N ให้แก่ผักคะน้า (Carmen *et al.*, 2000) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนไอโซโทป 15 เป็นตัวติดตามผลเพื่อความแม่นยำ

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกถั่วเหลืองฝักสด

ดำเนินการทดลองที่ตำบลแม่ขะจาน อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย ในดินที่มี pH 4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ 2.1% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 35 มก/กก และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 95 มก./กก โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ ได้แก่ 0 16 32 และ 48 กก./ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่รองก้นหลุมก่อนหยอดเมล็ด และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อต้นถั่วเหลืองอายุ 25 วัน ทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 9 กก. P_2O_5/ไร่ และ

6 กก. K_2O/ไร่ปลูกถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ No 75 ตร.ม. บนแปลงย่อยขนาด 1.2x6 ตร.ม. ระยะปลูก 50x20 ซม. ภายในแปลงย่อยแบ่งพื้นที่ศึกษาการใช้ปุ๋ยไอโซโทปไนโตรเจน ขนาด 25x50 ซม. ล้อมด้วยกรอบสังกะสีจำนวน 2 พื้นที่ พื้นที่หนึ่งใช้สำหรับปลูกถั่ว และอีกพื้นที่หนึ่งสำหรับปลูกข้าวเพื่อใช้เป็นพืชเปรียบเทียบ (reference plant) ปุ๋ยไอโซโทปไนโตรเจนที่ใช้คือ ^{15}N urea (5 atom % excess)

การประเมินการดูดใช้ไนโตรเจน

เก็บตัวอย่างต้นถั่วและต้นข้าวในพื้นที่มีการใส่ปุ๋ยไอโซโทป นำไปล้างน้ำให้สะอาดแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ. นาน 48 ชม. แล้วบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.6 mesh ส่งตัวอย่างทั้งหมดไปวิเคราะห์ที่กลุ่มวิจัยนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยเครื่อง Elemental Analysis (NC 2500) ที่ติดตั้ง Stable Isotope Ratio Analysis (SIRA) Mass Spectometer (Iso Prime) เพื่อวิเคราะห์สัดส่วน ^{14}N:^{15}N นำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากดินตามวิธีของอำนาจ (2531)

การประเมินการเติบโต ผลผลิตและการติดปมของถั่วเหลือง

บันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก รวมทั้งจำนวนปม และน้ำหนักปมถั่วเหลืองมีอายุในระยะ R_1 (25 วัน) เก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำหนักฝักสดเมื่อถั่วเหลืองมีอายุ 65 วัน

การใช้ต้นถั่วเหลืองฝักสดเป็นปุ๋ยพืชสด

ต้นถั่วเหลืองหลังจากเก็บฝักสดออกแล้วนำมาตัดให้มีขนาดประมาณ 3-5 ซม. แล้วกลบลงดินลึกประมาณ 5-10 ซม. ในแปลงปลูกเดิมทิ้งไว้นาน 2 สัปดาห์ก่อนปลูกผักคะน้า

การปลูกและการประเมินการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ปลูกต้นกล้าคะน้าอายุ 21 วันที่เพาะด้วยวัสดุเพาะกล้าในถาดหลุม จากแปลงปลูกขนาด 1.2x6 ม. หลุมละ 1 ต้น ระยะห่างระหว่างแถว 15 ซม. ระหว่างหลุม 15 ซม. ดูแลรักษาโดยรดน้ำสม่ำเสมอ และป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งทุก 7 วัน จนถึงอายุ 56 วัน

การวิเคราะห์การถ่ายเทไนโตรเจนจากซากต้นถั่วไปยังผักคะน้า

ทำการเก็บรวบรวมผักคะน้าในพื้นที่ ๆ ใช้ปุ๋ยไอโซโทปไนโตรเจนกับต้นถั่วเมื่อผักคะน้ามีอายุ 50 วัน จัดการต้นผักคะน้าเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโซโทปไนโตรเจน โดยเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์วิธีเดียวกันกับการวิเคราะห์ไอโซโทปไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองฝักสด

การวิเคราะห์การปลดปล่อยไนโตรเจนในดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง

เพื่อวิเคราะห์หาการปลดปล่อยไนโตรเจน (N-mineralization) โดยวิเคราะห์ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^--N) ในดินโดยใช้ 2M KCl เป็นสารละลายสกัดดินแล้วกลั่นด้วย MgO และ Devarda's alloy ตามวิธีของ Mulvaney (1996) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ หลังสับกลบต้นถั่วเหลืองเป็นเวลา 6 สัปดาห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

น้ำหนักต้นและผลผลิตถั่วเหลือง

การตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดต่อปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 65 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้ต้นถั่วเหลืองมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะน้ำหนักสดส่วนเหนือดินหลังจากแยกฝักออกแล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 และ 48 กก./ไร่ มีผลให้ต้นถั่วมีน้ำหนักมากที่สุดโดยที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 32 และ 48 กก/ไร่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักสด 2,274 และ 2,447 กก./ไร่ รองลงมาได้แก่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ ให้น้ำหนักต้นสดอยู่ที่ 1,997 กก./ไร่ ส่วนถั่วเหลืองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนักต้นสดอยู่ที่ 1,595 กก./ไร่ (Table 1) และต้นถั่วเหลืองเหล่านี้มีน้ำหนักแห้งประมาณ 50% ของน้ำหนักสด เมื่ออบที่อุณหภูมิ 70 °ซ. ประมาณ 48 ชม. สำหรับส่วนของรากนั้นมีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนคล้ายกับน้ำหนักต้น โดยเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 และ 48 กก./ไร่ มีผลให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักรากมากที่สุด รองลงมาได้แก่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ โดยมีสัดส่วนของน้ำหนักต้นต่อน้ำหนักรากอยู่ที่ประมาณ 14:1

ในส่วนของผลผลิตมีการตอบสนองของผลผลิตในรูปของน้ำหนักฝักสดต่ออัตราปุ๋ย

Table 1. Average fresh weight and dry weight of above ground root and pod yield of vegetable soybean

N fertilizer	Above ground		Root		Pod yield
(kg/rai)	Fresh wt	Dry wt	Fresh wt	Dry wt	(kg/rai)
0	1,594.67 b	786.99 b	115.73 b	39.35 b	720 b
16	1,996.67 ab	971.95 ab	142.80 ab	48.60 ab	862 ab
32	2,274.00 a	1,102.51 a	162.13 a	55.13 a	969 a
48	2,447.00 a	1,156.91 a	170.13 a	57.85 a	956 a
$LSD_{0.05}$	**519.9**	**209.91**	**30.72**	**10.5**	**160.29**
CV (%)	**12.52**	**10.46**	**10.41**	**10.46**	**9.15**

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

ไนโตรเจนที่ใช้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการสะสมน้ำหนักต้นและราก กล่าวคือการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 และ 48 กก./ไร่ให้น้ำหนักฝักสดมากที่สุดที่ 969 และ 956 กก./ไร่ โดยปุ๋ยทั้ง 2 ระดับนี้ไม่มีผลให้น้ำหนักฝักสดของถั่วเหลืองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีน้ำหนักฝักสดสูงกว่าถั่วเหลืองที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 16 กก./ไร่ ในขณะที่ถั่วเหลืองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ฝักสด 720 กก/ไร่ ซึ่งมีน้ำหนักต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จากผลที่ได้นี้จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ No 75 ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดอยู่ที่ 32 กก./ไร่ ทั้งในส่วนของการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ผลการทดลองนี้แสดงว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติมไม่มีผลให้ถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์นี้ให้ผลผลิตได้มากที่สุด จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยอย่างน้อย 16 กก./ไร่ ซึ่งโดยทั่วไปถั่วเหลืองฝักสดให้ผลผลิต 750 กก./ไร่ (นิรนาม, 2548).

การติดปมและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การติดปมของถั่วเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้สูงขึ้นยิ่งทำให้การติดปมลดลงมากขึ้น จำนวนปมลดลงมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่ 32 กก/ไร่ โดยลดลงประมาณ 50% จากต้นถั่วเหลืองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนั้นยังทำให้ขนาดของปมเล็กลงอีกด้วย ซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักปมแห้ง (Table 2) สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นอาจเป็นเพราะไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทไปทำปฏิกิริยากับ indole acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้รากขนอ่อนมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการเข้าสู่รากของเชื้อไรโซเบียม เปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่น จึงมีผลทำให้การเข้าสู่รากยากขึ้น การสร้างปมจึงลดลง (สมพร,2541) หรือการมีไนโตรเจนในดินมากเกินไปถั่วเหลืองจะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากดินและยับยั้งการสร้างปม (Bohner, 2007)

ไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในต้นถั่วเหลืองมีที่มาจาก 3 ทางด้วยกันคือ การใส่

Table 2. Number and dry weight of root nodules of vegetable soybean

N fertilizer (kg/rai)	Number of nodules	% decrease	Nodules dry weight (g)	100 nodules dry weight (g)
0	174 a		1.89 a	1.12 a
16	106 ab	39.0	0.81 b	0.78 ab
32	82 b	52.9	0.30 b	0.43 b
48	87 b	50.0	0.36 b	0.50 ab
$LSD_{0.05}$	**67.84**		**0.72**	**0.67**
CV(%)	**30.25**		**42.91**	**47.23**

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

การตรึงไนโตรเจน จากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไป และไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน ในการติดตามหาสัดส่วนของไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองโดยไอโซโทปเทคนิคด้วยการใช้ ^{15}N ในรูปของยูเรีย พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่ 16 กก./ไร่ ทำให้ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนลดลง แต่ในทางกลับกันต้นถั่วเหลืองได้รับไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่และจากดินเพิ่มมากขึ้น (Table 3) กล่าวคือ สัดส่วนไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (Ndfa) มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยอัตรา 16 กก./ไร่ และอัตรา 32 และ 48 กก/ไร่ โดยสัดส่วนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนลดลงจาก 64.5% ไปเป็น 44.7 และ 40.7% ตามลำดับ ในขณะที่สัดส่วนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนลดลง สัดส่วนไนโตรเจนในต้นถั่วที่ได้จากปุ๋ย (Ndff) และดิน (Ndfs) กลับเพิ่มมากขึ้น ดังนี้คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก/ไร่ มีสัดส่วนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจน 64.5% จากปุ๋ย 5.89% และจากดิน 29.6% ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 กก/ไร่ต้นถั่วมีไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจน 44.7% ไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย 18.4% และไนโตรเจนจากดิน 36.8% สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 48 กก/ไร่ ไม่ทำให้สัดส่วนของไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 กก/ไร่ จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงของเชื้อไรโซเบียมลดลงสอดคล้องกับการลดลงของการเข้าสร้างปม ซึ่งมีผลมาจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมนั้น นอกจากมีผลกระทบจากปุ๋ยไนโตรเจนแล้วยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อและชนิดของพืชวงศ์ถั่วด้วย ซึ่งผลจากการวิจัยต่างๆ เช่นของ Rennie และคณะ (1982) รายงานว่าการคลุก

Table 3. Contribution of nitrogen in vegetable soybean plant from different sources: biological N_2 fixation (Ndfa), fertilizer (Ndff) and soil (Ndfs)

N fertilizer	Ndfa		Ndff		Ndfs	
(kg/rai)	%	kg/rai	%	kg/rai	%	kg/rai
0	-	-	-	-	-	-
16	64.5 a	23.35	5.89 b	2.14 b	29.61	10.73
32	44.77 b	18.24	18.38 a	7.41 a	36.85	14.86
48	40.75 b	16.48	21.79 a	8.41 a	37.46	14.45
$LSD_{0.05}$	**11.2**	**7.75**	**3.96**	**1.51**	**7.26**	**3.99**
CV%	**9.88**	**17.65**	**11.39**	**11.1**	**9.24**	**13.2**

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

Ndfa = nitrogen derived from air, NdfF = nitrogen derived from fertilizer,

NdfS = nitrogen derived from soil

เมล็ดถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Rhizobium japonicum* strain GIA 101 สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 38-70% ขณะที่ Ledgard และคณะ (1985) รายงานว่าถั่ว *Trifolium subteranum* สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 95% จิตติมาและคณะ (2541) พบว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์ต่างๆ สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 72-78%

การปลดปล่อยไนโตรเจนจากต้นถั่วเหลือง

นำตัวอย่างต้นถั่วเหลืองฝักสดหลังจากไถกลบเพื่อวิเคราะห์หาการปลดปล่อยไนโตรเจน (mineralization) เป็นระยะทุกสัปดาห์ พบว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด (Figure 2) เริ่มมีการปลดปล่อยตั้งแต่สัปดาห์แรกซึ่งมีปริมาณ 0.71 2.15 3.65 และ 3.82 กก./ไร่ ในดินที่ไม่มีการไถกลบและไถกลบในอัตรา 2.0 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ตามลำดับ การปลดปล่อยเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 โดยการไถกลบต้นถั่วเหลืองในอัตรา 2.0 ตัน/ไร่ให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด 11.99 กก./ไร่ ส่วนการไถกลบต้นถั่วเหลืองในอัตรา 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนออกมาเท่ากับ 17.19 และ 16.88 กก./ไร่ หลังจากนั้นการปลดปล่อยลดลงค่อนข้างเร็ว ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 แต่การลดลงเริ่มช้าลงในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 6 มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนน้อยมากเกือบเท่ากับในดินที่ไม่ได้ไถกลบต้นถั่วเหลือง เมื่อแยกพิจารณาการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N) และไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) พบว่าในสัปดาห์แรกไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดอยู่ในรูป NH_4^+- N โดยมีปริมาณ 2.15 3.65 และ 3.82 กก./ไร่ จากการไถกลบต้นถั่วเหลืองในอัตรา 2.0 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Figure 2) การปลดปล่อย NH_4^+- N เริ่มลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในอัตราเร็วขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 5

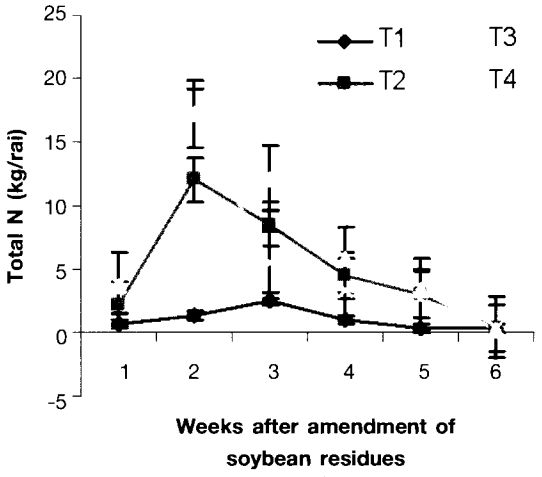

Figure 1. Quantity of total N-Mineralization during 1-6 weeks after amendment of vegetable soybean residues T1 = without soybean residue T2 = soybean residues incorporation at 2.0 t/rai T3 = soybean residues incorporation at 2.3 t/rai T4 = soybean residues incorporation at 2.4 t/rai)

ส่วน NO_3^-- N นั้นพบน้อยมากในสัปดาห์แรก และพบมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณ NO_3^-- N ก็ลดลงเช่นเดียวกันกับ NH_4^+- N (Figure 3) การที่ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปนั้นอาจเป็นเพราะส่วนหนึ่งถูกดูดไปใช้โดยผักคะน้าที่ปลูกลงไปใน

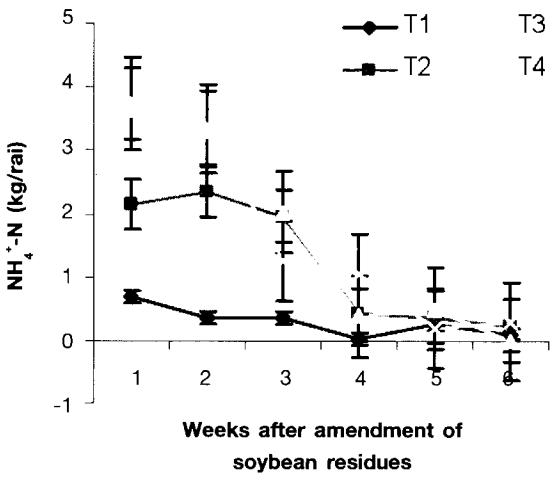

Figure 2. Mineralization quantity of NH_4^+-N during 1-6 weeks after amendment of vegetable soybean residures T1 = without soybean residue T2 = soybean residues incorporation at 2.0 t/rai T3 = soybean residues incorporation at 2.3 t/rai T4 = soybean residues incorporation at 2.4 t/rai)

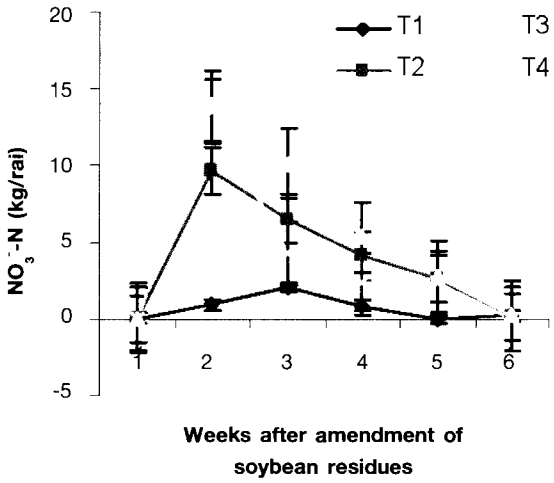

Figure 3. Mineralization quantity of NO_3^--N during 1-6 weeks after amendment of vegetable soybean residures T1 = without soybean residue T2 = soybean residues incorporation at 2.0 t/rai T3 = soybean residues incorporation at 2.3 t/rai T4 = soybean residues incorporation at 2.4 t/rai

ระยะนี้ การเจริญเติบโตของผักคะน้าและการดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองหลังจากปลูกคะน้าลงไปในดินที่ไถกลบต้นถั่วเหลืองทิ้งไว้นาน 21 วัน พบว่าต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามลำดับตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากปลูกผักคะน้า โดยในแต่ละสัปดาห์ผักคะน้ามีน้ำหนักสดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือการไถกลบต้นถั่วเหลืองทำให้คะน้ามีน้ำหนักสดมากกว่าการปลูกโดยไม่ไถกลบต้นถั่วเหลือง โดยเฉลี่ยแล้วส่วนใหญ่ การไถกลบต้นถั่วเหลืองในอัตรา 2.4 ตัน/ไร่ ทำให้ได้น้ำหนักสดของผักคะน้ามากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม อัตราของการไถกลบต้นถั่วเหลืองฝักสดตั้งแต่ 2.0 ถึง 2.4 ตัน/ไร่ ไม่ทำให้ผลผลิตของผักคะน้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาผลผลิตของผักคะน้าที่อายุ 49 วันหรือสัปดาห์ที่ 5 หลังปลูกซึ่งเป็นระยะที่ใกล้เคียงกับความเหมาะสมของอายุเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำทั่วไปคือที่ 45 วัน พบว่าผักคะน้าที่ปลูกในดินที่ไถกลบต้นถั่วเหลืองให้ผลผลิตระหว่าง 1,074 ถึง 1,079 กก./ไร่ ถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักมากกว่าคะน้าที่ปลูกในดินที่ไม่ได้ไถกลบต้นถั่วเหลือง แต่ก็ยังมีผลผลิตน้อยกว่าการปลูกคะน้าโดยทั่วไปที่ได้ผลผลิตประมาณ 1,422 กก/ไร่ (จตุรงค์, 2548) และเมื่อปล่อยให้

Table 4. Fresh weight (kg/rai)of Chinese kale at the different growth stages responsed to soybean residues incorporation.

Incorporated	Week after transplanting						Increase
biomass(t/rai)	1	2	3	4	5	6	(%)
0	28.68 b	91.87 c	242.64 b	741.18	946.16 b	995.10 b	0
2.0	33.25 ab	127.71 ab	327.21 a	783.67	1079.31 a	1194.87 ab	20.08
2.3	34.02 ab	100.20 bc	304.66 ab	885.47	1029.69 ab	1262.11 ab	26.83
2.4	41.92 a	139.04 a	296.74 ab	876.04	1073.93 a	1345.79 a	35.24
$LSD_{0.05}$	**10.10**	**34.05**	**78.02**	**269.56**	**119.25**	**302.52**	
CV(%)	**14.7**	**14.9**	**13.3**	**16.4**	**5.8**	**12.6**	

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

Table 5. Efficiency of N-uptake in Chinese kale affected by vegetable soybean decomposition.

Incorporated	N-uptake in Chinese kate	
biomass(t/rai)	kgN/rai	%
2.0	1.09 b	21.04 NS
2.3	2.06 a	34.24 NS
2.4	1.56 ab	25.76 NS
$LSD_{0.05}$	**0.59**	**16.01**
CV%	**16.57**	**26.14**

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by LSD.

NS = non significent

ผักคะน้าเจริญเติบโตต่อไปจนถึงอายุ 56 วัน ผักคะน้าที่ปลูกในดินที่ไถกลบต้นถั่วเหลืองให้ผลผลิตระหว่าง 1,195-1,346 กก/ไร่ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากต้นคะน้าที่ปลูกโดยไม่ไถกลบต้นถั่วเหลืองอยู่ที่ 20.1, 26.8 และ 35.2% ในดินที่ไถกลบต้นถั่วเหลืองอัตรา 2.0, 2.3, และ 2.4 ตัน/ไร่ตามลำดับ (Table 4) แต่อย่างไรก็ตามคะน้าที่อายุขนาดนี้มีคุณภาพแข็ง และเหนียวจนไม่เหมาะสำหรับรับประทานได้

ในการวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยใช้เทคนิคไอโซโทปเพื่อประเมินความเป็นประโยชน์ต่อต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าสามารถดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 1.09-2.06 กก./ไร่ หรือคิดเป็น 21.0 ถึง 34.2% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในต้นคะน้า โดยการไถกลบในอัตรา 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ มีการดูดใช้มากกว่าอัตรา 2.0 ตัน/ไร่ (Table 5) ซึ่งประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองหลังจากมีการไถกลบลงดิน มีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืชที่ปลูกตามและสภาพแวดล้อมเช่นจากรายงานของ Ladd และคณะ (1986) ได้ใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดโดยติดตราด้วยไอโซโทป ^{15}N และปลูกข้าวสาลีตาม พบว่าข้าวสาลีดูดใช้ไนโตรเจนจากถั่วเหลืองได้ 17% ขณะที่ Norman และคณะ (1990) รายงาน

ว่าการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดปลูกข้าว ต้นข้าวสามารถดูดใช้ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองได้ 11% แต่จิตติมาและคณะ (2541) ที่ได้ศึกษาเช่นเดียวกันกับ Norman พบว่าการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลดปล่อยจากต้นถั่วเหลืองเท่ากับ 36.7%

สรุปผลการทดลอง

ถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ No 75 มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักต้น และผลผลิตฝักสดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นโดยมีน้ำหนักต้นและผลผลิตมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 กก./ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีผลให้จำนวนน้ำหนักและขนาดปมลดลงโดยจำนวนปมลดลงถึงประมาณ 50% เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 และ 48 กก./ไร่ การลดลงของจำนวนปมทำให้อัตราการตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย เมื่อติดตามโดยใช้ ^{15}N urea และเมื่อนำส่วนของต้นถั่วเหลืองที่แยกฝักออกแล้วไปไถกลบลงดินเป็นปุ๋ยพืชสดพบว่ามีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาแตกต่างกันเมื่อใช้อัตราต้นถั่วเหลือง 2.0 2.3 และ 2.4 ตัน/ไร่ ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา 22.63 32.95 26.2 กก./ไร่ หลังจากไถกลบ 21 วัน และไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมานี้ ต้นคะน้าที่ปลูกตามสามารถดูดใช้ได้ประมาณ 21 ถึง 34% และมีผลให้คะน้ามีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 20-35% เมื่อคะน้ามีอายุ 56 วัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.สุทัศน์ จุลศรีไกวัล และรศ.ดร.ดำเนิน กาละดี ที่กรุณาให้แนวทางการศึกษาวิจัยตลอดจนคำปรึกษา และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ดร.สมศักดิ์ ศรีสมบุญ ที่ตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญจริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ กรมวิชาการเกษตรที่กรุณาวิเคราะห์หาไอโซโทปตัวอย่างพืช

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. 2535. *ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์เชื้อไรโซเบียม.* เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรปุ๋ยชีวภาพ รุ่นที่ 9 กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 213 หน้า.

นิรนาม. 2547. *สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2545/46.* สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 58 หน้า.

นิรนาม. 2548. *เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองฝักสดเพื่อการส่งออก.* กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 15 หน้า.

จตุรงค์ พวงมณี. 2548. *คู่มือผลิตผักไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช.* ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 105 หน้า.

จิติมา ยถาภูธานนท์ พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ สุดชล วุ้นประเสริฐ และเธียรชัย อารยางกูร. 2541. *การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองและผลตกค้างจากการตรึง*

ไนโตรเจนของถั่วที่มีต่อผลผลิตข้าวในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ข้าว-ถั่วเหลือง โดย N-15 Technique. กลุ่มงานวิจัยนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 144 หน้า.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2531. *การใช้ไนโตรเจน-15 ในการวิจัยเกี่ยวกับดิน ปุ๋ย และพืช (เล่มที่ 1).* ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 157 หน้า.

Carmen T., J. David, M. Jagdish, K Ladha, D. C. Olk and Urs. Schmidhaiter. 2000. *Legume Decomposition and Nitrogen Release when Applied as Green Manures to Tropical Vegetable Production Systems.* Dept. of Plant Nutrition Technische, Universitat Munchen, Germany. 253 p.

Bohner, H. 2007. *Soybean Nodulation.* Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs Ontario Canada. 2 p.

Ladd, J.N., M. Amato, 1986. The fate of N from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions. *Soil Bio. and Biochem.*18 (4): 417-425.

Ledgard S.F., J.R.S Impson, J.R. Frency, F.J.Bergersen and R.Morton.1985. Assessment of the relative uptake of added and indigenous soil nitrogen by nodulated legumes and reference plants in the ^{15}N dilution measurement of N_2 fixation:glasshouse application of method. *Soil. Bio. and Biochem.* 17(3): 323-328.

Mulvaney, R.L.1996. Nitrogen-inorganic Form. Pages 1139-1223. *In: Method of Soil Analysis Part 3. Chemical Method.* Sparks D.L., A.L. Page, P.A. Helmlee, R.H. Loeppert, P.A.Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T.Johnston and M.E. Summer (eds). SSSA. Book Series 5, USA.

Norman, R.J.; J.T. Gilmour, B.R. Wells. 1990. Mineralization of N from ^{15}N labeled crop residues and utilization by rice. *Soil Science Society of America J.* 54: 1351-1356.

Rennie, R.J., S. Dubetz, J.B. Bole and H.H. Muendel.1982. Dinitrogen fixation measured by ^{15}N Isotope dilution in two Canadian soybean cultivars. *Agron. J.* 74(4): 725-730.