การศึกษาปริมาณการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในดินสภาพไถพรวนและไม่ไถพรวนโดย ^{15}N เทคนิค

Evaluation for Dinitrogen Fixation and Yield of Soybean Cultivars under Conditions of Zero and Conventional Tillage by ^{15}N Technique

จันทนา ศิริไพบูลย์ [1] พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ [2] จิตรา คล้ายมนต์ [1] จริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ [1]
เธียรชัย อารยางกูร [3] ปรีชา วดีศิริศักดิ์ [4] วรวิชญ์ รุ่งรัตนกสิน [5]

Chantana Siripaibool [1] Pornpimol Chaiwanakupt [2] Jittra Claimon [1]
Jariya Prasatsrisupab [1] Thianchai Arayangkoon [3] Preecha Vadisirisak [4]
Woravich Rungrattanakasin [5]

ABSTRACT

This research project evaluated the choice of a non-fixing control to quantify N_2 fixation by ^{15}N isotope dilution, and the effect of tillage regime and soybean cultivars on yield and N_2 fixation of soybean in northern, central and northeastern of Thailand.

Japanese non-nodulating lines Tol-O and A62-2 were the most appropriate control plants for ^{15}N isotope dilution for Thai soybeans in these soils which contained indigenous rhizobia. Cereals such as maize, sorghum and barley were also appropriate controls at some sites. The choice of the appropriate no-fixing control plant for the ^{15}N isotope dilution technique remains a dilemma and no alternative exists other than to use several possible controls with each experiment.

[1] กลุ่มงานวิจัยนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

[1] Nuclear Research in Agriculture Group, Agricultural Chemistry Division

[2] สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร

[2] Office of the Senior Experts, Department of Agriculture

[3] ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่

[3] Chiang Mai Field Crop Research Center

[4] กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

[4] Soil Microbiology Group, Soil Science Division

[5] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่

[5] Khon Kaen Field Crops Research Center

The recommended Thai soybean cultivars (SJ. 1,2, 4,5) and an advanced line 16-4 differed little in their ability to support N_2 fixation or yield, possibly due to similar ancestry. The ten AVRDC (ASET) lines showed considerable genotypic control in their ability to utilize their three available N sources (soil, fertilizer, atmosphere) and to assimilate and translate them into yields. None of these lines were consistently superior to Thai cultivars SJ.4 or SJ.5 although ASET lines 129, 208 and 217 showed considerable promise.

Neither recommended Thai nor ASET cultivars were affected by tillage regime. Zero tillage resulted in superior N_2 fixation and yield at Khon Kaen site but conventional tillage was superior at Chiang Mai Site. Soybean cultivars grown in Thailand were well adapted to zero tillage. Nitrogen fixation of Thai soybean cultivars were similar to world figures, averaging more than 16 kg N/rai or 100 kg N/ha and supplying over 50% of the plant's N yield. However, seed yield at Chiang Mai site seldom exceeded 320 kg/rai or 2 ton/ha, which is well below yield for temperately grown soybeans. It is not clear why Thai soybeans support N_2 fixation, but do not utilize the nitrogen for higher seed yields.

Key Words : dinitrogen fixation, soybean cultivars, effect of tillage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อประเมินหาพืชที่ไม่ตรึงไนโตรเจนที่ใช้เป็นพืชมาตรฐานในการวัดปริมาณการตรึงไนโตรเจนโดยวิธี ^{15}N isotope dilution เพื่อนำมาใช้ในการวิจัยผลของการไถพรวนและไม่ไถพรวนดินต่อผลผลิตและปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกทางภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ถั่วเหลืองญี่ปุ่นที่ไม่สร้างปมพันธุ์ Tol-O และ A62-2 เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นพืชมาตรฐานในการวัดปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองพันธุ์ไทยในดินซึ่งมีเชื้อไรโซเบียมอยู่ตามธรรมชาติแล้วโดยวิธี N dilution ธัญญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลีเหมาะสมที่จะใช้เป็นพืชมาตรฐานในบางท้องที่ อย่างไรก็ตามการเลือกพืชมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อการวิจัยนี้ยังมีช่องว่างให้ศึกษาได้ต่อไปในสภาพต่างๆ วิธีที่ดีที่สุดควรใช้พืชมาตรฐานหลายชนิด

การคัดเลือกพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน พบว่าพันธุ์ถั่วเหลืองแนะนำของไทย (สจ. 1,2,4,5) และสายพันธุ์จาก ASET (AVRDC Soybean Evaluation Trial) 16-4 ให้ผลแตกต่างเล็กน้อยในการตรึงไนโตรเจนหรือผลผลิต อาจเป็นไปได้ว่ามีต้นกำเนิดที่คล้ายคลึงกัน พันธุ์จาก ASET 10 สายพันธุ์ มีความสามารถใช้ไนโตรเจนจาก 3 แหล่ง (ดิน ปุ๋ย และอากาศ) และเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการสร้างผลผลิต อย่างไรก็ตามไม่มีสายพันธุ์ไหนที่ดีกว่าสายพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 ทั้งๆ ที่ ASET พันธุ์ 129, 208 และ 217 แสดงลักษณะที่ดีกว่า ASET พันธุ์อื่นๆ มาก

ถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไม่ไถพรวนให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตดีกว่าที่ขอนแก่น ขณะที่การไถพรวนดีกว่าที่เชียงใหม่ โดยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ไทยและพันธุ์ ASET พันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทยเจริญเติบโตและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีในสภาพไม่ไถพรวน และปริมาณการตรึงไนโตรเจนได้ใกล้เคียงกับต่างประเทศเฉลี่ยประมาณ 20 กก.N/ไร่ หรือมากกว่า 100 กก.N/เฮคตาร์ หรือประมาณ 50% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชซึ่งค่าใกล้เคียงกับต่างประเทศอย่างไรก็ตามผลผลิตที่เชียงใหม่จะค่อนข้างต่ำไม่เกิน 320 กก./ไร่ หรือ 2 ตัน/เฮคตาร์ ซึ่งต่ำกว่าประเทศแถบอบอุ่น แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ถั่วเหลืองของไทยจะตรึงไนโตรเจนได้สูง แต่ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

คำหลัก : การตรึงไนโตรเจน พันธุ์ถั่วเหลือง อิทธิพลของการไถพรวน

คำนำ

ถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ระหว่าง 25 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Deibert *et al.*, 1979) ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

ของพืชตระกูลถั่วกว้างขวางมากในประเทศต่างๆ และมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาในแง่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นพันธุ์พืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ปริมาณมากจึงเป็นที่ต้องการ รวมทั้งการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อปริมาณการตรึงไนโตรเจนนี้ด้วย เช่น อิทธิพลของการไถพรวนและไม่ไถพรวนดินซึ่งกำลังได้รับความสนใจและทดลองศึกษากว้างขวางยิ่งขึ้น นักวิจัยได้พยายามหาวิธีวัดปริมาณไนโตรเจนจากอากาศที่พืชสามารถตรึงได้ และมีการปรับปรุงวิธีการต่างๆ ให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้น การวัดปริมาณการตรึงไนโตรเจนในสภาพไร่นา สามารถวัดได้โดยใช้วิธีต่างๆ ดังนี้ (1) Acetylene Reuuction Assay (ARA)ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของสารเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Hardy *et al.*, 1973) (2) วิธี Kjeldahl ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชที่ทดสอบกับปริมาณไนโตรเจนในพืชที่ไม่ตรึงไนโตรเจน (Bergersen, 1980) (3) การวิเคราะห์น้ำเลี้ยงลำต้น (เบญจวรรณและคณะ, 2532 ;Herridge, 1989) (4) วัดจากปริมาณ N ที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Rennie *et al.*, 1976) และ (5) วิธี Isotope dilution (Fried and Broeshart, 1975)

วิธีการ Isotope dilution สามารถคำนวณปริมาณการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ในเชิงปริมาณถูกต้องและแม่นยำกว่าวิธีอื่น เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานในแปลง (Rennie *et al.*, 1982) แต่วิธีนี้จำเป็นต้องมีพืชมาตรฐานที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนไว้เป็นการเปรียบเทียบ พืชที่ไม่ตรึงไนโตรเจนสามารถได้ไนโตรเจนจาก 2 แหล่ง คือ ดินกับปุ๋ย ขณะที่พืชตรึงไนโตรเจนได้ไนโตรเจนจาก 3 แหล่ง คือ ดิน ปุ๋ย และอากาศ โดยใช้ไอโซโทป ^{15}N ใส่ลงไปในดินที่ปลูกพืช ปริมาณไนโตรเจนในพืชซึ่งได้มาจากดินซึ่งมี ^{15}N ไอโซโทปที่ใส่ลงไปจะถูกเจือจางด้วย $^{14}N_2$ จากอากาศที่ได้จากการตรึง จากการวัดปริมาณ ^{15}N และ ^{14}N ในต้นพืชสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ตามวิธีของ Rennie (1979) โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อดำเนินงานวิจัยต่อเนื่องเกี่ยวกับโครงการศึกษาการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วในแง่ต่างๆ วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาปริมาณการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในดินสภาพไถพรวนและไม่ไถพรวนโดย Isotope dilution เทคนิค

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

พันธุ์ถั่วเหลืองต่างๆ จำนวน 11 สายพันธุ์ จาก ASET (AVRDC Soybean Evaluation Trial) พันธุ์ สจ.1 สจ.2 สจ.4 และสจ.5 ปุ๋ยเคมีธรรมดา โพแทสเซียมคลอไรด์ และปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตปุ๋ยไอโซโทปในรูปของยูเรีย 4.95% N enriched เชื้อไรโซเบียมที่ใช้เป็นชนิด glanular soil implant ประกอบด้วย *B.japonicum* 61A101C,61A124 และ 61A148

วิธีการ

ทำการทดลองในแปลงทดลอง 3 แห่ง คือ (1) ที่สถานีทดลองพืชไร่เชียงใหม่ ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินในกลุ่มดินหลัก Low Humic Gley, silty clay loam มี pH 6.4 ปริมาณอินทรียวัตถุ 1.14% (2) ที่วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นดินในกลุ่มดินหลัก Non Calcic Brown, sandy loam, pH 7.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ 1.3% และ (3) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น เป็นดินชุดร้อยเอ็ด loam จนถึง sandy loam, pH 6.2, อินทรียวัตถุ 0.4% แผนการทดลองแสดงใน Table 1

การเตรียมแปลงทดลอง

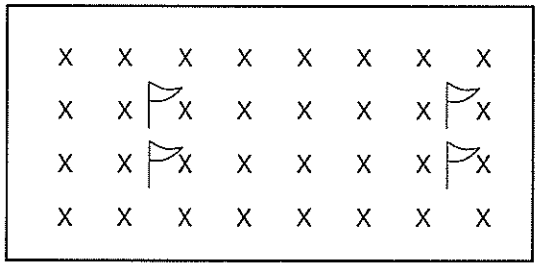
สำหรับแปลงไม่ไถพรวนหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วตัดตอซังข้าวออกเกลี่ยใส่บนผิวดิน จัดแปลงทดลองออกเป็นแปลงย่อยมี 6 ซ้ำ ซึ่งแต่ละแปลงย่อยมีขนาด 2x4 $ม^2$ ในแต่ละแปลงย่อยปลูกถั่วเหลือง 4 แถว แต่ละแถวปลูกถั่วเหลือง 40 หลุม ใส่เชื้อไรโซเบียมหลุมละประมาณ 2 กรัม ($7.3x10^7$ rhizobia/กรัม) แล้วกลบดิน ระยะระหว่างแถวและระหว่างต้น 50x10 ซม. ดินที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กำแพงแสน และขอนแก่น มีเชื้อไรโซเบียมอยู่ประมาณ $5.85x10^3$, $5.80x10^1$ และ $6.2x10^3$ rhizobia / กรัม ตามลำดับ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี most probable number plant infection counts (Weaver and Frederic, 1972) สำหรับแปลงไถพรวนหลังเก็บเกี่ยวข้าวใช้รถแทรกเตอร์ไถลึกจากผิวหน้าดินประมาณ 15 ซม. แบ่งเป็นแปลงย่อยและปลูกถั่วเหลืองเช่นเดียวกับแปลงไม่ไถพรวน

การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปทริปเปิลซูเปอร์ ฟอสเฟต อัตรา 9 กก. P_2O_5/ไร่ และโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 5 กก. K_2O/ไร่ โดยใช้วิธีโรยเป็นแถวก่อนปลูก สำหรับบริเวณที่ใส่ปุ๋ย ^{15}N นั้นเลือกแถวกลาง 2 แถวๆ ละ 0.5 เมตร ดังนั้น พื้นที่ซึ่ง labelled ด้วย ^{15}N คือ 0.5 x 1 ม. = 0.5 $ม^2$ ใส่ในรูปสารละลาย ^{15}N ยูเรียในอัตรา 1.6 กก.N/ไร่ โดยนำยูเรียตามปริมาณน้ำหนักที่จะต้องใช้สำหรับการทดลอง ละลายน้ำตามอัตราส่วนเดิม N-serve 2-chloro-6-(trichoromethyl)-pyridine) 1 กรัม ต่อ 100 กรัมไนโตรเจน เพื่อให้ไนโตรเจนอยู่ภายในบริเวณที่ฉีด แล้วบรรจุลงในกระบอกฉีดซึ่งมีเข็มชนิดพิเศษ ให้สารละลายออกทางด้านข้าง

Table 1. Experimental plot desing.

Experiment	Design	Replication	Treatments	Location: Khon Kaen	Location: Chiang Mai	Location: Kam Phaeng Saen
			Glycine max cvs.			
Non-fixing controls	RCBD	6	SJ.5-uninoc	+	+	+
			inoc	+	+	+
			D68-0099-non-nod.(U.S.A.)	+	+	+
			Tol-O non-nod. (Japan)	+	–	+
			A62-2 -non-nod. (Japan)	+	–	+
			Wheat (INIA 15)	–	+	–
			Barley (Ihora 118)	–	+	–
			Sorghum (DA1)	+	+	+
			Upland rice (Sew majun)	+	+	+
			Maize (Suwan 1)	+	+	+
Cultivar screening	RCBD	6	*Glycine max* cvs. (uninoc, inoc)			
			SJ.1	+	+	+
			SJ.2	+	+	+
			SJ.4	+	+	+
			SJ.5	+	+	+
			AVRDC 16-4	+	+	+
Tillage and advanced line screening (ASET)	Split plot (ZT vs.CT)	6	*Glycine max* cvs.			
			29,58,129,133,146,172	+	+	–
			183,204,208,217, SJ.5	+	+	–
			16-4	–	+	–
			SJ.4	+	–	–
			main plot :ZT VS CT			
			sub plot : *Glycine max* cvs			



เพื่อป้องกันดินอุดรูเข็มเมื่อแทงลงไปในดินแล้วปล่อยน้ำยาสารละลายต้นพืชที่จะทำการฉีดสารละลาย ^{15}N เลือกจากแถวที่ 2 และที่ 3 จำนวนแถวละ 5 หลุม โดยใช้ธงสีคู่หนึ่งปักคร่อมจำนวน 5 หลุม หัวท้ายดังภาพ ทำ 2 แถว จะเป็นจำนวนหลุม 10 หลุม (20 ต้นถั่วเหลือง) ฉีดสารละลาย ^{15}N หลุมละ 10 ซีซี ทุกหลุม ภายในธงสี (ธงนี้จะเป็นเครื่องหมายให้ทราบบริเวณที่ได้ฉีด ^{15}N เพื่อติดตามเก็บเกี่ยวต้นพืชไปทำการวิเคราะห์) การฉีดสารละลายฉีดลึกประมาณ 5-7 ซม. ข้างต้นถั่วเหลืองห่างออกประมาณ 5 ซม.

การวัดโดยวิธี Acetylene reduction

เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่อายุ 60 วัน โดยขุดขึ้นมาทั้งต้นและราก แล้วตัดเฉพาะรากที่ปมจำนวน 5 ต้น ใส่ในขวดแก้วขนาด 500 ซีซี ปิดด้วยฝาที่มีแผ่นยางกันก๊าซรั่ว ใช้เข็มฉีดยาดูดอากาศ 50 ซีซี ออกจากขวดแก้วผ่านทางจุกยางที่ติดอยู่ที่ฝาขวด แล้วฉีดก๊าซอะเซททีลีน (C_2H_2) 50 ซีซี เข้าไปในขวดแก้วโดยใช้เข็มฉีดยา ก๊าซอะเซททีลีนซึ่งหนักกว่าอากาศจะลงไปแทนที่อากาศก้นภาชนะเขย่าให้ก๊าซผสมให้เข้ากัน แล้วบ่มไว้ได้ร่มถั่วในสภาพแปลงทดลองนาน 60 นาที จึงใช้เข็มฉีดยาขนาด 10 ซีซี ดูดก๊าซในขวดเพื่อนำมาวัดปริมาณเอททีลีน (C_2H_4) ที่เกิดขึ้นโดยเครื่อง Gas Chromatograph

วิธีการเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์

ทำการเก็บตัวอย่างเมื่อถึงระยะของการเจริญเติบโตเต็มที่ R8 (Fehr *et al.*, 1971) โดยตัด 3 หลุมกลางภายในธงสีของแต่ละแถว จำนวนต้นจะเป็น 12 ต้น ตากให้ค่อนข้างแห้ง แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 65–70 °C จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแล้วบดให้ละเอียดเพื่อใช้ตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชโดยวิธี Semimicro Kjeldahl (Bremner, 1965) และปริมาณ ^{15}N โดยวิธี LiOBr (Ross and Martin 1970, Porter and O'Deen, 1977) แล้วหาปริมาณอัตราส่วน $^{14}N : {}^{15}N$ ด้วยเครื่อง VG SIRA 12 isotope ratio mass spectrometer ณ ห้องปฏิบัติการ Lethbridge Experimental Station ประเทศแคนาดา และการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดทำที่ประเทศแคนาดา เช่นเดียวกัน

การคำนวณ โดยวิธี isotope dilution

1. เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่พืชได้จากปุ๋ย (%Ndff)

$$\%Ndff = \frac{\text{atom\% } ^{15}N \text{ excess ในพืช} \times 100}{\text{atom \% } ^{15}N \text{ excess จากปุ๋ย}}$$

Atom % ^{15}N excess = Atom % ^{15}N (ตัวอย่าง) – Atom % ^{15}N (ในธรรมชาติ)

เมื่อ Atom % ^{15}N (ในธรรมชาติ) = 0.3663

2. เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจากอากาศที่พืชตรึงได้ (% Ndfa)

$$\%Ndfa = 1 - \frac{\text{atom\% } ^{15}N \text{ excess ในพืชตรึงไนโตรเจน} \times 100}{\text{atom \% } ^{15}N \text{ excess ในพืชมาตรฐาน}}$$

3. เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในพืชที่มาจากดิน (% Ndfs)

%Ndfs = 100 – (% Ndff + % Ndfa)

4. ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกตรึง (N_2 fixed)

$$N_2 \text{ fixed} = \frac{\%\ Ndfa \times \text{total N ในพืชที่ตรึงไนโตรเจน}}{100}$$

5. A-value = เป็นค่าแสดงความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน (Soil N availability) ของพืชแต่ละชนิดเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนระดับหนึ่ง

$$\text{A-value} = \frac{\%Ndfs \times \text{rate N applied (กก.N/ไร่)}}{\%\ Ndff}$$

6. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (The percent fertilizer N use efficiency = % FUE)

$$\%FUE = \frac{\%Ndff \times \text{N yield กก. N/ไร่}}{\text{N application rate กก. N/ไร่}}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การคัดเลือกพืชมาตรฐาน (Choice of non-fixing control plant)

จากการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (ภาคเหนือ) วิทยาเขตกำแพงแสน (ภาคกลาง) และศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ดังแสดงใน Table 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ค่า A-value ที่ได้จากการทดลอง แสดงความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินที่พืชใช้เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนระดับหนึ่ง ในสภาพดินที่มีความสม่ำเสมอ ค่า A-value จะบ่งชี้ว่าพืชต่างชนิดกันหรือพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ที่สามารถใช้ไนโตรเจนในดินได้เท่าเทียมกัน ค่า A-value ไม่แตกต่างกัน สันนิษฐานว่าพืชนั้นย่อมจะมีระบบรากที่มีรูปแบบเดียวกันหรือกระจายอยู่ในดินที่มีขอบเขตปริมาตรเดียวกัน (Fried and Dean, 1952) การทดลองที่วิทยาเขตกำแพงแสนปรากฏว่าปริมาณไนโตรเจนในดินค่อนข้างสูง มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และจากการตรวจสอบด้วยวิธีอะเซททีลีนรีดักชั่นไม่พบการตรึงไนโตรเจนเลย การตรวจสอบเช่นนี้เป็นผลดีต่อการทดลองในการคัดเลือกพืชมาตรฐานกล่าวคือ พืชที่นำมาศึกษาที่มีค่า A-value และ % FUE ใกล้เคียงกับ สจ.5 เมื่อไม่คลุกเชื้อไรโซเบียมย่อมเป็นพืชมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณการตรึงไนโตรเจนโดย ^{15}N dilution method แต่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากมีเชื้อไรโซเบียมในธรรมชาติอยู่แล้ว (Boonkert *et al.*, 1979) ถั่วเหลืองพันธุ์ Tol-O และ A62-2 ข้าวฟ่าง และข้าวโพด ก็สามารถใช้เป็นพืชมาตรฐานได้เช่นเดียวกัน ที่เหมาะสมที่สุดจะเป็น Tol-O และ A62-2 สายพันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปม (Table 3) ถั่วเหลืองพันธุ์ไม่สร้างปม D68-0099 ข้าวสาลีให้ค่า A-value และ % FUE ที่แตกต่างออกไป ไม่น่าจะนำมาพิจารณาเป็นพืชมาตรฐาน ถึงแม้ข้าวไร่จะให้ค่า A- value อยู่ในระดับเดียวกัน แต่ค่า % FUE แตกต่างออกไปแสดงถึงความคลาดเคลื่อนที่ไม่น่าจะรับได้ (Table 2) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ไม่ได้นำพันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปม Tol-O และ A62-2 มาทดสอบ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ซึ่งได้จาก

Table 2. Comparison of possible non-fixing control plants at Chiang Mai 1985.

Cultivar	Yield kg rai $^{-1}$		Ndff	Ndfa	FUE	A-value
	Dry matter	N	%	%	%	(kg N rai $^{-1}$)
SJ.5 (Inoc.)	710	24.3	2.0	52.6	29.5	36
SJ.5 (Uninoc.)	644	23.8	2.0	51.6	30.4	37
D68-0099	253	7.4	8.9	0	39.8	17
Sorghum	915	9.8	2.8	0	17.8	57
Maize	1349	9.4	4.4	0	25.9	38
Rice	215	3.7	3.8	0	8.6	42
Wheat	543	7.0	6.5	0	29.2	24
Barley	337	5.4	4.3	0	14.9	37
LSD 0.05	184	4.3	1.6	–	12.2	24

Table 3. Comparison of possible non-fixing control plants at Kamphaeng Saen 1985.

Cultivar	Yield kg rai $^{-1}$		Ndff	Ndfa	FUE	A-value
	Dry matter	N	%	%	%	(kg N rai $^{-1}$)
SJ.5 (Inoc.)	1119	40.3	2.1	0	52.0	77
SJ.5 (Uninoc.)	1098	37.8	1.7	0	39.4	96
Tol-O	929	32.6	1.9	0	39.3	85
A92-2	1037	33.0	1.9	0	39.2	82
D68-0099	748	27.5	3.1	0	54.8	49
Sorghum	2503	41.6	1.7	0	43.2	97
Maize	2676	37.6	2.1	0	48.7	76
Rice	577	12.8	4.0	0	32.0	39
LSD 0.05	351	12.0	0.7	–	14.7	28

Table 4. Comparison of possible non-fixing control plants at Khon Kaen 1985.

Cultivar	Yield kg rai $^{-1}$		Ndff	Ndfa	FUE	A-value
	Dry matter	N	%	%	%	(kg N rai $^{-1}$)
SJ.5 (Inoc.)	1914	65.8	1.4	68.8	53.5	34
SJ.5 (Uninoc.)	1395	43.8	1.4	68.4	38.2	34
Tol -O	1255	34.4	3.7	0	62.5	41
A62-2	581	14.8	7.5	0	63.1	20
D68-0099	659	16.2	7.9	0	74.4	19
Sorghum	535	13.1	10.1	0	74.9	14
Maize	705	18.1	10.2	0	68.4	14
LSD 0.05	247	8.8	1.0	-	8.6	21

ประเทศญี่ปุ่นมาถึงเมื่องานทดลองได้เริ่มดำเนินการแล้ว (ระยะเวลาการปลูกถั่วเหลืองที่ภาคเหนือถ้าปลูกล่าจะมีผลกระทบต่อการเจริญ เติบโตและการให้ผลผลิต) ข้าวโพด ข้าวบาร์เล่ย์ให้ค่า A-value และ % FUE ใกล้เคียงกัน จึงใช้เป็นพืชมาตรฐานได้ (ค่าเฉลี่ยของ atom % ^{15}N excess = 0.2190) การศึกษาที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สรุปได้ว่า Tol-O เป็นพืช มาตรฐานที่ดีที่สุด A62-2 ถึงแม้จะได้ค่า % FUE ใกล้ เคียงกับ Tol-O แต่ค่า A-value ต่ำกว่ามาก ถั่วเหลืองพันธุ์ D68-0099 ที่ทดสอบที่ขอนแก่นก็ไม่สามารถนำมาพิจารณาเป็นพืชมาตรฐาน (Table 4)

สรุปผลการทดลองพืชมาตรฐานที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้งานวิจัยการศึกษาปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองโดย ^{15}N dilution method ในสภาพการปลูกในประเทศไทย คือ พันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปม Tol-O และ A62-2 พืชอื่น เช่น ข้าวโพด ข้าวบาร์เล่ย์ ใช้ได้ในบางพื้นที่ อย่างไรก็ตามการศึกษาคัดเลือกพืชมาตรฐานสำหรับงานวิจัยเช่นนี้ ยังจำเป็นต้องศึกษาในสภาพต่างๆ ต่อไป และในการทำการทดลองสมควรใช้พืชมาตรฐานที่คัดเลือกแล้วมากชนิดเท่าที่จะทำได้เพื่อนำค่า atom % ^{15}N excess ต่างๆ มาพิจารณาร่วมกันและหาค่าเฉลี่ย

2. เปรียบเทียบถั่วเหลืองพันธุ์ไทยที่แนะนำ (Comparison of recommended Thai soybean cultivars)

ผลการใส่เชื้อไรโซเบียมทั้งที่เชียงใหม่และขอนแก่นค่าต่างๆ ไม่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ของถั่วเหลืองที่ทดสอบ ยกเว้นผลผลิตเมล็ด (Table 5,6) ที่ขอนแก่นทั้ง 5 สายพันธุ์

Table 5. Comparison of recommended soybean cultivars for ability to support N_2 fixation: Chiang Mai 1985.

Cultivar	Dry matter kg rai $^{-1}$		% Ndfa	A-value	N2-fixed
	Stover	Seed		(kg N rai^{-1})	(kg rai^{-1})
SJ.1	402	340	42	37	13
SJ.2	430	270	39	36	10
SJ.4	436	298	51	37	15
SJ.5	436	251	44	37	12
16-4	378	228	46	36	10
LSD (0.05)	-	100	-	-	-

Mean ARA = 1.9 nmols C_2H_4 min^{-1} plant $^{-1}$: number of nodules = 40 plant^{-1} data not included as there was no statistically significant difference between varieties

Table 6. Comparison of reccommended soybean cultivars for ability to support N_2 fixation: Khon Kaen 1985.

Cultivar	Dry matter kg rai $^{-1}$		% Ndfa	A-value	N_2-fixed
	Stover	Seed		(kg N rai^{-1})	(kg rai^{-1})
SJ.1	888	377	46	42	25
SJ.2	1268	787	70	42	72
SJ.4	754	579	50	40	38
SJ.5	708	530	46	42	36
16-4	661	441	41	42	23
LSD (0.05)	274	149	21	-	21

Mean ARA = 1.9 nmols C_2H_4 min^{-1} plant^{-1} : number of nodules = 40 plant^{-1} data not included as there was no statistically significant difference between varieties

จำนวนปมไม่มีความแตกต่างกันที่ระยะ 60 วัน (ดอกบานเต็มที่) อย่างไรก็ตามพันธุ์ สจ.2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้แนะนำให้ปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง มีน้ำหนักแห้ง และผลผลิตไนโตรเจนสูงกว่าอาจเป็นเพราะมีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูง (70%) สำหรับพันธุ์อื่นไม่มีความแตกต่างชัดเจนในเรื่องผลผลิตและปริมาณไนโตรเจน (Ndfa, Ndff, Ndfs)

โดยทั่วไปพันธุ์ไทยแนะนำ 4 สายพันธุ์ (สจ .1,2,4,5) และพันธุ์ AVRDC (16-4) ก็เป็นพันธุ์ที่แนะนำให้ใช้ปลูกในประเทศไทย มีลักษณะคล้ายคลึงกันเกือบทั้งหมด ยกเว้นปริมาณการตรึงไนโตรเจนในพันธุ์ สจ.2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีลักษณะพันธุกรรมที่มาจากต้นกำเนิดที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่เลือกควรจะคัดเลือกจากลักษณะอื่นทางพืชไร่ เช่น สามารถปรับตัวต่อความชื้น ความแห้งแล้ง และสิ่งแวดล้อมทางดินอื่นๆ

เนื่องจากในดินมีปริมาณไนโตรเจนสูงจึงระงับการเกิดปมของถั่วและปริมาณการตรึงไนโตรเจนที่กำแพงแสนจึงไม่มีตัวเลขแสดง อย่างไรก็ตามที่เชียงใหม่และขอนแก่น สายพันธุ์ต่างๆ ของถั่วเหลืองมีความสามารถคล้ายคลึงกันในการใช้ไนโตรเจนจากดิน และปุ๋ย (ซึ่งวัดจากค่า % Ndff, %Ndfs และ A-value) แต่ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักต้นแห้ง และปริมาณการตรึงไนโตรเจน (N_2-fixed) ที่ขอนแก่นสูงกว่า

3. การคัดเลือกพันธุ์ (Screening Advanced Breeding Lines)

ที่เชียงใหม่จากการเปรียบเทียบพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพันธุ์ของ AVRDC หรือ ASET (Advanced Soybean Evaluation Trial) ได้แสดงถึงความสามารถทางลักษณะพันธุกรรมคือยีนที่ควบคุมการใช้ไนโตรเจนจาก 3 แหล่งคือ จากอากาศ ดิน และปุ๋ย ที่ถ่ายทอดไปยังผลผลิต ค่าวัดผลผลิตต่างๆ (yield parameters) ระหว่างผลของการไถพรวน ไม่ไถพรวน และสายพันธุ์ถั่วเหลืองไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ร่วมกัน ดังนั้นเพียงค่าผลกระทบหลัก (main effect) เท่านั้นที่แสดง ถั่วเหลืองพันธุ์ 217 ให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนสูงสุดซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากมีค่า % Ndfa สูงสุด นอกจากนี้ยังให้ค่าผลผลิตและ % FUE สูงที่สุดด้วย อย่างไรก็ตามค่าจำนวนปมถั่วเหลืองได้ค่าใกล้เคียงกันทุกพันธุ์ (36-30 plant^{-1}) และไม่มีพันธุ์ไหนที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนสที่ระยะดอกบานเต็มที่ (anthesis) สูงมากกว่ากัน (7.6-7.3 n mol C_2H_4 min^{-1} plant^{-1}) ในทางตรงกันข้าม ASET พันธุ์ 208 ตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าพันธุ์ 217 อาจเป็นเพราะมีค่า % Ndfa ต่ำสุด พันธุ์ 208, 129, 133 และ 146 ตรึงไนโตรเจนได้น้อยที่สุด และเป็นที่แน่ชัดว่ายีนทางพันธุกรรมยับยั้งลักษณะที่สำคัญของถั่วเหลือง

ในทางตรงข้าม ASET สายพันธุ์ 204 ซึ่งมี % FUE สูงสุด (71.1%) แต่กลับตรึงไนโตรเจนเป็นครึ่งหนึ่งของสายพันธุ์ 217 ปริมาณไนโตรเจนในถั่วพันธุ์ 204 ซึ่งมี % FUE สูงสุด (71.1%) แต่กลับตรึงไนโตรเจนเป็นครึ่ง

Table 7 Screening of advanced breeding lines (ASET) for ability to support N_2 fixation: Chiang Mai 1985.

Cultivar	Seed		Dry matter yield		Ndfa	A-value	N_2-fixed	FUE
	Protein	Oil	kg rai^{-1}		%	kg N rai^{-1}		%
	%	%	Stover	Seed				
29	29.8	13.6	915	214	57.8	35.8	21.8	41.1
58	36.9	14.7	632	360	54.9	36.3	20.3	43.5
129	37.3	18.0	669	232	39.2	35.8	14.2	52.1
133	39.0	15.6	349	327	46.7	35.5	14.1	35.4
146	38.7	13.7	541	222	42.8	36.5	13.0	41.3
172	39.8	13.9	611	303	53.6	35.5	19.0	42.1
183	38.8	13.2	609	425	59.8	36.2	23.8	40.7
204	41.2	13.6	542	395	47.3	36.8	16.2	71.1
208	37.8	14.6	406	313	40.0	35.5	11.2	44.5
217	41.8	14.1	784	577	67.9	35.0	36.5	48.7
SJ.5	42.4	13.9	729	299	55.4	36.0	21.6	44.0
16-4	37.6	16.4	676	315	55.2	36.2	20.5	41.7
LSD (0.05)	0.3	0.1	230	102	23.1	NS	10.6	14.9

Mean ARA = 7.3 nmol C_2H_4 min^{-1} plant^{-1} : number of nodules = 30 plant^{-1} data not included as there was no significant difference between varieties

หนึ่งของพันธุ์ 217 ปริมาณไนโตรเจนในถั่วพันธุ์ 204 สูง 42.8 กก.N/ไร่ แต่ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้เพียง 47.3% สายพันธุ์ 208, 129 และ 146 มีปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศต่ำกว่า (X = 13.2 กก. N/ไร่ และ 42.2%) และเช่นเดียวกันให้ผลผลิตต่ำ % FUE ก็ต่ำเช่นเดียวกันยกเว้นสายพันธุ์ 129 ซึ่งสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ เนื่องมาจากค่า % Ndff สูง (ตัวเลขไม่ได้แสดง) เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 สายพันธุ์ คือ 217 และ 204 ซึ่งเป็นไปได้ที่นักผสมพันธุ์จะมุ่งไปในทางผสมพันธุ์เพื่อให้ได้ % FUE ต่ำ แต่ตรึงไนโตรเจนสูง หรือ % FUE สูง แต่ตรึงไนโตรเจนได้ต่ำ การคัดเลือกสายพันธุ์ของ ASETเหล่านี้ปรากฏว่าอย่างชนิดแรกให้ผลผลิตสูงกว่า

จากการทดลองที่เชียงใหม่พบว่าสายพันธุ์ ASET หลายสายพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงกว่าพันธุ์ไทย สจ.5 ในด้านผลผลิตเมล็ดส่วนมากจะได้ค่าเท่ากันหรือสูงกว่าพันธุ์ สจ.5 แต่โดยทั่วไปเปอร์เซ็นต์โปรตีนและน้ำมันต่ำกว่าพันธุ์ สจ.5 ยกเว้น ASET พันธุ์ 217 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่มีสายพันธุ์ ASET สายพันธุ์ใดที่ควรจะแนะนำให้ใช้แทนพันธุ์ สจ.5 ได้ เมื่อคำนึงถึงแง่ต่างๆ ทั้งหมดทางด้านผลผลิตและคุณภาพทางอาหารแล้ว

การคัดเลือกพันธุ์ ASET ที่ขอนแก่นพบว่าคุณสมบัติของปมถั่วเหลืองทั้งหมด (จำนวนปม น้ำหนักสด ค่า Acetylene reduction) ต่ำกว่าค่าที่เชียงใหม่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำท่วมขังในระยะปลูก และต่อมายังกระทบแล้ง ทั้งที่ไม่มี ASET สายพันธุ์ไหนที่ดีกว่าพันธุ์ไทยที่แนะนำ สจ. 4 และ สจ.5 ที่ระยะ 60 วัน แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยว (Table 8) พันธุ์ 208 และ 129 ให้ผลผลิตเมล็ดสูงเกือบ 2 เท่าของพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 ทั้งพันธุ์ 208 และ 129 มีค่า % Ndfa สูง และ 129 ให้ค่า % FUE สูงที่สุด แต่ค่า Ndfa ทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ไม่สูงแตกต่างทางสถิติกว่าพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 อย่างไรก็ตามมีเพียงสายพันธุ์ 129 ที่มี % FUE สูงกว่าพันธุ์ไทยที่แนะนำ 2 สายพันธุ์ พันธุ์ 129 และ 208 ยังให้ค่า A-value สูงสุดแต่ค่าไม่แตกต่างอย่างเด่นชัดกว่าพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 ซึ่ง

ผลก็เช่นเดียวกับค่าปริมาณการตรึงไนโตรเจน ดังนั้นค่อนข้างเด่นชัดว่า ASET พันธุ์ 129 และ 208 มีแนวโน้มที่ใช้ปลูกได้ที่ขอนแก่น แต่ก็ยังไม่แนะนำให้ใช้แทนพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 นอกจากจะมีคุณสมบัติอย่างอื่นที่เป็นประโยชน์เด่นชัด

Table 8 Screening of advanced breeding lines (ASET) for ability to support N_2 fixation: Khon Kaen 1985.

Cultivar	Seed protein %	Dry matter yield kg rai^{-1}		Ndfa %	A-value kg N rai^{-1}	N_2-fixed kg N rai^{-1}	FUE %
		Stover	Seed				
29	33.6	520	468	51.2	44.3	15.7	30.1
58	32.8	513	510	49.5	43.2	14.2	31.8
129	42.6	702	697	63.0	44.0	33.0	42.3
133	38.0	406	353	42.3	44.5	11.4	30.0
146	34.4	352	307	29.7	45.3	6.1	30.0
172	34.2	410	375	47.4	45.1	11.2	26.4
183	37.8	291	260	13.7	44.5	2.7	33.5
204	38.4	369	453	49.5	45.9	13.8	30.1
208	34.8	595	644	64.1	45.9	24.5	28.4
217	35.4	403	364	53.8	44.6	12.8	23.3
SJ.4	33.0	808	407	57.8	43.4	20.5	31.6
SJ.5	31.0	810	425	60.8	43.4	20.8	28.8
LSD (0.05)	6.2	129	106	11.6	14.2	6.6	10.2

Mean ARA = 2.4 n mol C_2H_4 min^{-1} plant^{-1} : number of nodules = 68 plant^{-1} data not included as there was no significant different between varieties

A-value คือ ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์จากดิน จาก Table 7, 8 ค่า A-value ทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าถั่วเหลืองแต่ละสายพันธุ์มีระบบการแผ่กระจายของรากเหมือนกัน

4. อิทธิพลของการไถพรวนและไม่ไถพรวนดิน (Effect of Tillage)

จากค่าตัวเลขที่เชียงใหม่และขอนแก่น (Table 9,10) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไม่ไถพรวนและไถพรวน ปรากฏว่าค่าที่ได้แปรเปลี่ยนไปตามสถานที่และเวลาที่ปลูก ปรากฏว่าปริมาณการตรึงไนโตรเจนจากอากาศน้อยกว่าที่จันทนาและคณะทดลองที่สันป่าตองในปี 2527 ซึ่งเป็นไปตามคาดหมายเนื่องจากความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินจากค่าวิเคราะห์ทั้งที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่และขอนแก่นสูงกว่าที่สันป่าตอง นอกจากนั้นเนื่องจากไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ถั่วเหลืองจากการทดลองทั้งที่เชียงใหม่และขอนแก่นถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนในสภาพไถพรวนได้มากกว่าไม่ไถพรวนที่เชียงใหม่ แต่ที่ขอนแก่นผลกลับตรงกันข้าม

จากการวัดคุณสมบัติของปม (จำนวนปมน้ำหนักสด ARA) ที่ระยะ 60 วัน ปรากฏว่า ภายใต้สภาพไม่ไถพรวนมีมากกว่าสภาพไถพรวนที่เชียงใหม่แต่ปรากฏการณ์นี้เป็นผลที่เกิดในระยะสั้น อาจเนื่องมาจากผลกระทบของความชื้นทำให้รากของถั่วเหลืองในสภาพไม่ไถพรวนดูดธาตุอาหารได้สะดวกมากขึ้น (ในสภาพไถพรวนจะมีการแผ่กระจายของรากได้มากกว่า) ที่ขอนแก่นการไถพรวนไม่มีผลต่อค่า ARA และน้ำหนักปม แต่จำนวนปมมีมากกว่าในสภาพไม่ไถพรวน

Table 9 Effect of tillage on yield and N_2 fixation (main effects) of soybean at Chiang Mai, 1985

Tillage	Anthesis			Atom	Seed		Dry matter yield	
	C_2H_4	Nodules per plant		% ^{15}N	Protein	Oil	kg rai^{-1}	
	(nmol min^{-1} plant^{-1})	Wet wt. (mg)	Number	excess	%	%	Stover	Seed
ZT	6.4	861	29	0.1362	34.2	11.9	534	408
CT	5.5	665	23	0.1113	35.0	11.5	631	393
LSD (0.05)	0.8	105	3	0.0100	0.3	0.3	48	NS

Tillage	Nitrogen, kg rai^{-1}			Ndfa	Ndff	Ndfs	FUE	A-value	N_2 fixed
	Stover	Seed	Plant	%	%	%	%	kg N rai^{-1}	kg rai^{-1}
ZT	10.9	24.5	35.4	35.2	2.7	62.0	55.0	36.8	14.6
CT	13.9	23.5	37.4	47.1	2.2	50.6	49.8	36.8	18.6
LSD (0.05)	1.3	-	-	4.8	0.2	4.6	-	-	2.2

Table 10 Effect of tillage on yield and N_2 fixation (main effects) of soybean at Chiang Mai. 1985

Tillage	Anthesis			Atom	Seed		Dry matter yield	
	C_2H_4	Nodules per plant		% ^{15}N	Protein	Oil	kg rai^{-1}	
	(nmol min^{-1} plant^{-1})	Wet wt. (mg)	Number	excess	%	%	Stover	Seed
ZT	2.60	25	76	0.0838	36.0	12.2	545	476
CT	2.60	23	61	0.0949	35.0	11.8	485	399
LSD (0.05)	-	-	8	0.0050	-	-	31	26

Tillage	Nitrogen, kg rai^{-1}			Ndfa	Ndff	Ndfs	FUE	A-value	N_2 fixed
	Stover	Seed	Plant	%	%	%	%	kg N rai^{-1}	kg rai^{-1}
ZT	7.2	25.0	32.2	51.8	1.7	46.5	31.6	102.1	17.6
CT	2.9	24.3	27.2	45.4	1.9	52.7	29.6	93.0	13.6
LSD (0.05)	1.4	-	2.1	2.8	0.1	4.7	-	7.4	1.6

ทั้งถั่วเหลืองพันธุ์ไทยและพันธุ์จาก AVRDC ปรับตัวได้ดีในสภาพไม่ไถพรวน อัตราการงอกสูง และให้ผลผลิตสูงเท่าๆ กับพันธุ์ไทยมาตรฐาน ปริมาณการตรึงไนโตรเจนเฉลี่ยประมาณ 20 กก. N/ไร่ หรือมากกว่า 100 กก.N/เฮกตาร์ ประมาณ 50% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช ซึ่งค่าใกล้เคียงกับต่างประเทศ แต่ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่า ทำไมถั่วเหลืองของไทยทั้งๆ ที่ให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนสูงพอกับที่แคนาดา (Rennie and Dubetz, 1984) และประเทศอื่นๆ (Rennie, 1985) มีระยะเวลาปลูกนาน 100 กว่าวัน แต่ผลผลิตกลับต่ำกว่าต่างประเทศ ทั้งๆ ที่ไรโซเบียมที่ใส่เพียงพอจนผลผลิตไม่ตอบสนอง ถ้าใช้สายพันธุ์ไรโซเบียมที่ให้ประสิทธิภาพสูงร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอาจมีทางเป็นไปได้ว่าผลผลิตอาจจะเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

กลุ่มผู้ทำการวิจัยใคร่ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญพิเศษ ดร.ปทุม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ ดร.นันทกร บุญเกิด ในการจัดทำโครงการประสานงานให้คำปรึกษาและร่วมดำเนินงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง และขอขอบคุณในความร่วมมือของ วิทยา ธนานุสนธิ์ นักวิชาการกองปฐพีวิทยา ชลูด ธารัตถพันธุ์ และชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ไชย นักวิชาการสถาบันวิจัยพืชไร่

ขอขอบคุณ Dr.C.Y.Yang ผู้อำนวยการโครงการวิจัยพืชผักสู่ชนบท (AVRDC) ในประเทศไทย ในการประสานงานกับศูนย์พัฒนางานวิจัยระหว่างประเทศแคนาดา (IDRC) ซึ่งสนับสนุนโครงการด้วยการจัดหา ^{15}N ไอโซโทป และบริการการวัดปริมาณ ^{15}N โดยมีผู้ทำงานวิจัยร่วมกันคือ Dr.D.A.Rennie, University of Saskatchewan และ Dr.R.J.Rennie, Agriculture Canada, Lethbridge Research Station, Canada.

เอกสารอ้างอิง

จันทนา ศิริไพบูลย์ ปทุม สนิทวงศ์ พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ อำไพ สัตรูแสยง จิตรา คล้ายมนต์ และสุมน ศรีสมบุญ. 2527 ปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินนาภายใต้สภาพไถพรวนและไม่ไถพรวน โดยวิธีไอโซโทปเทคนิค *วารสาร วิชาการเกษตร* 2(2) : 120-127.

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม อำพรรณ พรมศิริ และเฉลิมพล แซมเพชร. 2532. คู่มือการประชุมเชิงปฏิบัติการวิธีการวัดการตรึงไนโตรเจนในถั่ว โดยการวิเคราะห์น้ำหล่อเลี้ยงลำต้น. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

Bergersen, F.J. 1980. Analysis of nitrogen fixation by direct means. Pages.65-110 in : Methods for Evaluating Biological Nitrogen Fixation. F.J.Bergrsen, ed. John Wiley and Sons, Chichester.

Bremner, J.M. 1965. Isotope-ratio analysis of nitrogen in nitrogen -15 tracer investigations. in: Method of Soil Analysis Part 2. C.A. Black (ed.) American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A.

Boonkerd, N; W.Rungrattanakasin; P.Wadeesirisak; S.Kotepongs and Y.Vasuvat. 1979. *Rhizobium japonicum* strain selection in Thailand. Page 213-223. in : Proc. Symp. Somiplan Kuala Lumpru. Broughton WJ ed.

Deibert, E. J.; M. Bijeriego and R.A. Olsen. 1979. Utilization of ^{15}N fertilizer by nodulating soybean isolines. *Agron. J.* 71:717-723.

Fried, M. and L.A. Dean. 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrient. *Soil Science.* 73 : 263-271.

Fried, M.and H. Broeshart. 1975. An independent measurement of the amount of nitrogen fixed by a legume crop. *Plant and Soil.* 43 : 707 -711.

Fehr, W.R; C.E. Caviness; D.T. Burmood and J.S.Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybeans. *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11 : 929-931.

Hardy, R.W.F.; R.C. Bruns and R.D.Holsten. 1973. Application of the acetylene -ethylene assay for measurements of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.* 5 : 47-81.

Herridge. D.F. 1989. Measurement of nitrogen fixation by soybean using the ureide technique. in. The Proceeding of World Soybean Research Conference IV. Buenos Aires. Argentina. 5-9 March. 1989.

Porter, L.K. and W.A. O'Deen. 1977. Apparatus for preparing nitrogen from ammonium chloride for nitrogen-15 determination. *Anl. Chem.* 45 : 541-516.

Ross, P.J. and A.E. Martin. 1970. A rapid procedure for preparing gas samples for N-15 determination. *Analyst.* 95:817-822.

Rennie, D.A.; E.A. Paul and L.E. Johns. 1976. Natural nitrogen -15 abundance of soil and plant samples. *Can. J.Soil Sci.* 56 : 43-50.

Rennie, R.J. 1979. A comparison of 15N -aided methods for determining symbiotic dinitrogen fixation. *Rev. Ecol. Biol. Soil.* 16 : 455-463.

Rennie, R.J.;S. Dubetz; J.B.Bole and H.H.Muendel. 1982. Dinitrogen fixation measured by 15N isotope dilutiion in two Canadian soybean cultivars. *Agron. J.* 74 : 725-730.

Rennie, R.J. and S.Dubetz. 1984. Multistrain vs single strain *Rhizobium japonicum* inoculants for early maturing (00 and 000) soybean cultivars : N2 fixation quantified by 15N isotope dilution. *Agron. J.*76 : 498-502.

Rennie, R.J. 1985. N2 fixation in temperate legumes. Pages 659-666 in : Nitrogen Fixation Research Progress H.J.Evan et al.eds. Martinus Nijhoff. Publishers. Dordrecht, Holland.

Weaver, R. W. and L. R. Frederick, 1972. A new technique for the most probable number (MPN) count of rhizobia. *Plant and Soil.* 36:219-222