

ปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินนา ภายใต้สภาพไถพรวน และไม่ไถพรวน จากการวัดโดยวิธีไอโซโทปเทคนิค

จันทนา ศิริไพบุลย์ และคณะ

บทคัดย่อ

ทำการทดลองศึกษาการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินสภาพไถพรวนและไม่ไถพรวน โดยใช้ ^{15}N - ไอโซโทปเทคนิค ที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตองฤดูแล้ง 2526 ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ที่สร้างปม 3 พันธุ์ คือ สจ. 2, สจ. 5, maturity 'F' (พันธุ์ของสหรัฐอเมริกา) และ (D 68-0099) (พันธุ์ถั่วเหลืองที่ไม่สร้างปม) ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียอัตรา 0, 4.8, และ 24 กก. N/ไร่ เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเมื่ออายุ 102 วัน ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตขณะฝักยาวเต็มที่ (R4) ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5

การทดลองครั้งนี้แสดงว่า ถั่วเหลืองที่ปลูกในดินนาตามหลังข้าวในดินเหนียวทางภาคเหนือจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้สูง การไถพรวนเตรียมดินปลูก และการไม่ไถพรวน ไม่มีอิทธิพลต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของต้นถั่วเหลือง ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองตรึงจากอากาศวัดโดยวิธีการใช้ปุ๋ยยูเรีย ^{15}N ได้ค่าเฉลี่ย 70—75% มาจากปุ๋ย (ยูเรีย) ที่ใส่ 5—7% และประมาณ 20—25% ของไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองได้มาจากไนโตรเจนในดิน ผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกโดยการไม่ไถพรวนดินสูงกว่าผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกโดยการไถพรวนดินประมาณ 18% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในต้นถั่วเหลือง 5.7 กก./ไร่ จะเป็นไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศ 4.2 กก./ไร่

ถั่วเหลืองที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวเท่ากันจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ปริมาณเท่าเทียมกัน ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้สูงกว่าถั่วเหลืองพันธุ์ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีอายุสั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะปลูกในสภาพดินไถพรวนหรือไม่ไถพรวน อิทธิพลของปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศแตกต่างกันในถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ ปริมาณไนโตรเจนจากอากาศที่ตรึงได้ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 จะคงที่ แม้ว่าปุ๋ยยูเรียจะเพิ่มจาก 0 เป็น 4.8 กก. N/ไร่ และเมื่อใส่ปุ๋ยยูเรียสูงถึง 24 กก. N/ไร่ ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จากอากาศลดลง 11—27% พันธุ์ maturity 'F' ตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้น้อยกว่าพันธุ์ไทย สจ. 2 และ สจ. 5 ประมาณ 10% นอกจากนี้ ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำจะช่วยเพิ่มทั้งผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จากอากาศของต้นถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพดินไม่ไถพรวน แต่จะไม่มีอิทธิพลต่อการตรึงไนโตรเจนภายใต้สภาพที่มีการไถพรวนเตรียมดิน

การใช้พืชมาตรฐานที่ไม่มีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศเป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะใช้ ^{15}N - Dilution Method คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่พืชตระกูลถั่วตรึงได้ การใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ไม่สร้างปมเป็นพืชมาตรฐานที่พบว่าดีที่สุด ส่วนการใช้เชื้อไรโซเบียมชนิด ineffective strain (*Rhizobium japonicum*) คลุกเมล็ด และใช้วิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง (เพื่อหยุดยั้งการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ) ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ เพราะยังมีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้

การปลูกพืชโดยลดการปฏิบัติต่อดินให้น้อยลง หรือจนกระทั่งไม่มีการรบกวนสภาพของดินเลย เรียกว่า zero tillage สำหรับพืชบางชนิด เช่น ถั่วเหลืองที่ปลูกในนาหลังจากเก็บเกี่ยว

¹ปทุม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, พรพิมล ชัยวรรณคุปต์, อำไพ สัตบุสสง, จิตรา คล้ายมนต์ และ สุมณ ศรีสมนัญญู นักวิทยาศาสตร์ กลุ่มงานวิจัยนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ 10900

ข้าว กำลังได้รับความสนใจและทดลองศึกษากว้างขวางยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการลดต้นทุนการผลิตด้านเครื่องจักรกลหรือแรงงานของเกษตรกรในการเตรียมดิน ทั้งยังเป็นการสงวนน้ำในดินไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับในภาคเหนือของประเทศไทย ได้มีการปลูกถั่วเหลืองในต่อช่วงตามหลังการปลูกข้าว ปรากฏว่าได้ผลดี ถึงแม้จะมีปัญหาด้านวัชพืช แต่ส่วนใหญ่ก็ยังมีการเตรียมดินอย่างดีร่วมกับการใช้ปุ๋ยเพื่อช่วยให้ได้ผลผลิตทางเกษตร

เพิ่มขึ้น การตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วมีความสำคัญยิ่งเนื่องจากขบวนการนี้เป็นการได้ธาตุอาหารไนโตรเจนที่ถูกที่สุดสำหรับพืช เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งนับวันก็จะมีราคาแพงขึ้น ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่ปลูกหลังปลูกข้าวภายใต้สภาพการไม่ไถพรวนและไถพรวน

นักวิจัยได้พยายามหาวิธีวัดปริมาณไนโตรเจนจากอากาศที่พืชสามารถตรึงได้ และมีการปรับปรุงวิธีการดังกล่าวต่าง ๆ ให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้น แม้ปัจจุบันจะมีวิธีวัดปริมาณไนโตรเจนที่พืชตระกูลถั่วตรึงได้ เช่น วิธี kjeldahl ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างที่ต้องการศึกษา หรือวิธี acetylene reduction ใช้สมบัติการเปลี่ยนแปลงของสารเอทไธมในโตรจีนเนส แต่วิธีเหล่านี้ก็ยังไม่สามารถระบุรายละเอียดที่จำเป็นได้เพียงพอ การใช้ ^{15}N -dilution techniques เป็นวิธีการที่ทำให้สามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จากอากาศได้โดยตรง (Anonymous, 1976) โดยใช้ไอโซโทป ^{15}N ใส่ลงไปในพื้นที่ปลูกพืชแล้ววัดปริมาณ ^{15}N และ ^{14}N ในต้นพืช แต่วิธีนี้จำเป็นต้องมีพืชมาตรฐานที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนไว้เป็นการเปรียบเทียบ

งานทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา (1) การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ โดยใช้ ^{15}N -dilution technique (2) อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลือง ภายใต้การปฏิบัติการเตรียมดินแบบไถพรวนและไม่ไถพรวน และ (3) พืชมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ต่อไป ซึ่งเป็นข้อสำคัญสำหรับวิธีการใช้ไอโซโทปเทคนิค ^{15}N ศึกษาการตรึงไนโตรเจนในพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง จ. เชียงใหม่ ดินที่ทำการทดลองเป็นดินชุดหางดง คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการทดลองมีดังนี้

$\text{NH}_3\text{-N} = 5 \text{ ppm}$, $\text{NO}_3\text{-N} = 0$, total N = 1158 ppm, (Kjeldahl Method)

available P (Bray 2) 10–11 ppm, pH = 5.5 (ดิน : น้ำ = 1 : 10) และ Extractable K = 38 ppm (NH_4OAc pH = 7) วางแผนการทดลองแบบ randomize complete block โดยแบ่งเป็น 2 แปลง คือ แปลงไม่ไถพรวน (zero till) กับแปลงไถพรวน (conventional till) แต่ละแปลงทดลองมี 6 ซ้ำ 13 คำรับการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

การเตรียมแปลงทดลอง ใช้พื้นที่ทดลองต่อวิธีการเตรียม

ตารางที่ 1 รายละเอียดคำรับการทดลอง

คำรับ การทดลอง	พันธุ์ถั่วเหลือง	ระดับปุ๋ย ไนโตรเจน	ลูกเรือ
1	ถั่วเหลืองไม่สร้างปม	N_0	—
2	ถั่วเหลืองไม่สร้างปม	$\text{N}_{4.8}$	—
3	ถั่วเหลืองไม่สร้างปม	N_{24}	—
4	ถั่วเหลืองพันธุ์ maturity 'F'	N_0	โรโซเบียม
5	ถั่วเหลืองพันธุ์ maturity 'F'	N_{24}	โรโซเบียม
6	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2	N_0	โรโซเบียม
7	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2	N_{24}	โรโซเบียม
8	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2	N_0	ineffective strain
9	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5	N_0	โรโซเบียม
10	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5	$\text{N}_{4.8}$	โรโซเบียม
11	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5	N_{24}	โรโซเบียม
12	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5	N_0	ineffective strain
13	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5	$\text{N}_{4.8}$	ineffective strain

N_0 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

$\text{N}_{4.8}$ = ใส่ปุ๋ย 4.8 กก. N/ไร่

N_{24} = ใส่ปุ๋ย 24 กก. N/ไร่

ดินขนาด 33.5×25.25 ม. สำหรับแปลงไม่ไถพรวน หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วตัดตอซึ่งข้าวออก เกลี่ยไถบนผิวดิน จัดแปลงทดลองออกเป็น 6 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำแบ่งออกเป็น 13 แปลง ซึ่งมีขนาด 2×4 ม. ในแต่ละแปลงย่อยปลูกถั่วเหลือง 4 แถว แต่ละแถวปลูกถั่วเหลือง 19 หลุม โดยปลูกหลุมละ 2 ต้น ระยะระหว่างแถวและระหว่างต้น 50×20 ซม. สุ่มเลือก 4 หลุม (2 แถวกลาง) ใช้ไม้เสียบปักไว้ทำเป็น microplot สำหรับใส่ปุ๋ยไอโซโทป N-15

สำหรับแปลงไถพรวน หลังการเก็บเกี่ยวข้าว ใช้รถแทรกเตอร์ไถลึกจากผิวดินหน้าดินประมาณ 15 ซม. แบ่งเป็นแปลงย่อยและปลูกถั่วเหลืองเช่นเดียวกับแปลงไม่ไถพรวน

การใส่ปุ๋ยเคมีปกติ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปซูเปอร์ฟอสเฟต ใส่โรยเป็นแถบในแต่ละแถว ใส่พร้อมกันวันที่ 28 มกราคม 2527 อัตราดังนี้

ปุ๋ยยูเรีย 0, 4.8, และ 24 กก. N/ไร่

ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต 4 กก. P_2O_5 /ไร่ เฉพาะในแถวที่ 3

ปุ๋ยไอโซโทป ในรูปของยูเรีย 3.42% N^{15} enriched ผสมกับสาร nitrification inhibitor ทำเป็นสารละลายแล้วฉีดลงไปในดินความลึกประมาณ 7 ซม. จากผิวดินข้าง ๆ ต้นถั่ว ที่ได้สุ่มเลือกไว้ในแต่ละแปลงย่อย ปุ๋ยไอโซโทป N-15 ใส่เมื่อวันที่ 10–11 กุมภาพันธ์ 2527 หรือประมาณ 14 วัน หลังจากหยอด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการไถพรวนและไม่ไถพรวนดินต่อการตรึงไนโตรเจนในต้นถั่วเหลืองและผลผลิตเมื่อถั่วเหลืองอายุ 102 วัน

การเปรียบเทียบ	สภาพไม่ไถพรวนดิน	สภาพไถพรวนดิน	F
^{15}N Excess, %	.183±.07	.225±.112	*
Ndfa, %	73.7±13	74.6±12	NS
Ndff, %	5.7±1.9	7.0±3.5	NS
ผลผลิต, กก./ไร่	258±9.8	212±8.8	*
N ในพืช, %	2.564±.342	2.384±.356	*
N-ในอากาศ, กก./ไร่	4.7±1.8	3.6±2.1	*
Total N, กก./ไร่	6.4±2.1	5.1±2.1	*

เมล็ดใช้อัตรา 3.2 กก.N/ไร่ สำหรับดำรับการทดลองที่ 1-13 ใส่ในแถวที่ 3 ส่วนดำรับการทดลองที่ 6, 8, 11, 12 ใส่ในแถวที่ 2 การเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองสามารถแบ่งออกเป็น 8 ระยะ คือ ต้นถั่วเหลืองเริ่มเป็นดอก (R_1), ดอกบานเต็มที่ (R_2), ผักยาว 5 มม. (R_3), ผักยาวเต็มที่ 2 ซม. (R_4), ผักเริ่มมีเมล็ด (R_5), ผักมีเมล็ดเต็มที่ (R_6), ผักเริ่มแก่ (R_7), และ ผักแก่เต็มที่ (R_8) เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเมื่ออายุ 102 วัน เป็นระยะที่ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 อยู่ในระยะ R_4 พันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปมอยู่ในระยะ R_6 และพันธุ์ maturity 'F' อยู่ในระยะ R_7 การเก็บเกี่ยวใช้มีดตัดถึงโคนต้นล้างด้วยน้ำ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60-65°C และบดรวมทั้งต้น ใบ และผัก

การวิเคราะห์ทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชโดยวิธี semimicro kjeldahl สำหรับปริมาณไอโซโทป ^{15}N ในพืช วิเคราะห์ด้วยเครื่อง mass spectrometer

ปริมาณไนโตรเจนจากอากาศที่พืชตรึงได้ วิธี isotope dilution (Fried and Middleboe, 1976)

1. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่พืชได้จากปุ๋ย (% Ndff)

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

$$\text{Atom}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ excess} = \text{Atom}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ (ตัวอย่าง)} - \text{Atom}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ (ในธรรมชาติ)} \text{ เมื่อ Atom}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ (ในธรรมชาติ)} = 0.3663$$

2. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนจากอากาศที่พืชตรึงได้ (% Ndfa)

$$\% \text{ Ndfa} = 1 - \frac{\text{at.}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ excess ในพืชที่ตรึง N}}{\text{at.}\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ excess ในพืชมาตรฐาน}} \times 100$$

3. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในพืชที่มาจากดิน (% Ndfs)

$$\% \text{ Ndfs} = 100 - (\% \text{ Ndff} + \% \text{ Ndfa})$$

ตารางที่ 3 ผลผลิต เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย เปอร์เซนต์ไนโตรเจนจากอากาศที่ถูกตรึง ปริมาณไนโตรเจนที่พืชตรึงได้ของถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไถพรวน

พันธุ์ถั่วเหลือง	ผลผลิต กก./ไร่	Ndff %	Ndfa %	ปริมาณ N ที่ตรึงได้ กก. N / ไร่	ระยะการ เจริญเติบโต
ไม่สร้างปม ¹ (D 68-0099)	75	19.2	-----	-----	R_6
maturity 'F' (D 68-0102)	177	8.0	76.9	4.1	R_7
สจ. 2	241	3.9	86.6	5.3	R_4
สจ. 5	320	4.2	87.8	6.2	R_4
L.S.D. (P = .5)	34	3.5	6.1	0.6	

¹ใส่ปุ๋ย 24 กก. N / ไร่ ใส่ในรูปยูเรียเกรด 46-0-0

$$\text{และ ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกตรึง (N}_2 \text{ fixed)} = \frac{\% \text{ Ndfa}}{100} \times \text{total N ในพืชที่ตรึงไนโตรเจน}$$

วิธีการคัดเลือกพืชมาตรฐาน

ในการวัดปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยถั่วเหลือง หรือพืชตระกูลถั่ว โดยใช้ไอโซโทป เทคนิคจะให้ค่าถูกต้องมากขึ้นเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชมาตรฐานที่ไม่มีการตรึงไนโตรเจนที่จะนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาทดลองในสนาม การทดลองนี้ได้พิจารณาเลือกพืชมาตรฐานดังนี้—

1. พันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปม (Nonnodulating isoline)
2. ถั่วเหลืองที่คลุกเชื้อ ineffective strain (*Rhizobium japonicum*)
3. พืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เช่น ข้าวบาร์เลย์, ข้าวไร
4. ถั่วเหลืองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงเพื่อหยุดยั้งการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

พืชชนิดใดที่จะนำมาใช้เป็นพืชมาตรฐาน จะต้องทำการทดสอบในแต่ละสภาพท้องถิ่นเพื่อความถูกต้องในการวัดปริมาณไนโตรเจนที่ถูกตรึงจากอากาศ

ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยเกี่ยวกับการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของพืชตระกูลถั่ว โดยใช้ ^{15}N -technique นับเป็นงานวิจัยที่ค่อนข้างใหม่ นอกจากรายงานของ อำนาง และคณะ (2527) แล้ว ไม่ปรากฏรายงานอื่นใดในประเทศไทย

อิทธิพลวิธีการเตรียมดินแบบไถพรวนดินและไม่ไถพรวนต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกตรึงจากอากาศของถั่วเหลือง

ตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยของทุกคำรับการทดลอง เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงระหว่างไถพรวนและไม่ไถพรวนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ประมาณ 70-75% ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองที่รายงานโดย อำนาจ และคณะ (2527) ที่พบว่าถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ประมาณ 67% การที่ถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนได้สูงเช่นนี้ แสดงว่าถั่วเหลืองที่ปลูกในดินที่สันป่าตองใช้ในโตรเจนในดินต่ำมาก เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในถั่วที่ได้มาจากปุ๋ยไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างการไถพรวนดินและไม่ไถพรวน ค่าเฉลี่ย 5-7% อย่างไรก็ตาม Valley (1978) ได้รายงานไว้ว่า โดยเฉลี่ยถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 53% ในโตรเจนที่ได้มาจากปุ๋ย 4% และที่เหลือ 43% มาจากอินทรีย์วัตถุในดิน ผลผลิตของถั่วเหลืองในสภาพไม่ไถพรวนสูงกว่าในสภาพไถพรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินในสภาพไถพรวนมีระดับน้ำใต้ดินสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยขบวนการ denitrification นอกจากนี้ในสภาพไถพรวนการไถกลบเศษซากพืชลงไปดินอาจช่วยส่งเสริมให้เกิด N immobilization ซึ่งเป็นผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนลดลง

พันธุ์ถั่วเหลืองและการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่อายุ 102 วัน พบว่าถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์อยู่ในระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน กล่าวคือ พันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 อยู่ในระยะ R_4 พันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปมอยู่

ในระยะ R_6 และพันธุ์ maturity 'F' อยู่ในระยะ R_7 จะสังเกตเห็นว่า เปอร์เซ็นต์การตรึงไนโตรเจนจากอากาศสำหรับพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น เช่น พันธุ์ maturity 'F' ซึ่งเป็นพันธุ์ต่างประเทศและปลูกในแถบอบอุ่น จะตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าพันธุ์ สจ. 2 และพันธุ์ สจ. 5 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานกว่า และปลูกในสภาพอากาศค่อนข้างร้อน เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยเฉลี่ยแล้ว พันธุ์ maturity 'F' จะตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 ประมาณ 10% (ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4) ผลผลิตพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 สูงกว่าถั่วเหลืองพันธุ์ไม่สร้างปม และพันธุ์ maturity 'F' อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน เมื่อปลูกในดินมีสภาพไถพรวน คือ

ตารางที่ 4 ผลผลิต เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจากอากาศที่ถูกตรึง ปริมาณไนโตรเจนที่พืชตรึงได้ของถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไม่ไถพรวน

พันธุ์ถั่วเหลือง	ผลผลิต กก./ไร่	Ndff %	Ndfa %	ปริมาณ N ที่ตรึงได้ กก. N / ไร่	ระยะการ เจริญเติบโต
ไม่สร้างปม ¹ (D 68-0099)	157	13.8	-----	-----	R_6
maturity 'F' (D 68-0102)	188	8.6	72.9	4.3	R_7
สจ. 2	309	2.8	91.2	7.5	R_4
สจ. 5	358	4.6	85.6	7.0	R_4
L.S.D. P = .05	37	3.1	4.7	3.2	

¹ใส่ปุ๋ย 24 กก. N / ไร่ ใส่ในรูปปุ๋ยเรียด 46-0-0

ตารางที่ 5 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ต่อผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ของถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไม่ไถพรวน

พันธุ์ถั่วเหลือง	อัตราปุ๋ย N, กก./ไร่					
	0		4.8		24	
	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %
ไม่สร้างปม	43	-----	68	-----	157	-----
maturity 'F'	188	72.9	-----	-----	263	46.3
สจ. 2	309	91.2	-----	-----	350	70.0
สจ. 5	358	86.5	325	84.7	362	61.4

L.S.D. (P = .05) ของผลผลิต = 35

L.S.D. (P = .05) ของ Ndfa = 5.1

ตารางที่ 6 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ต่อผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ของถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไถพรวน

พันธุ์ถั่วเหลือง	อัตราปุ๋ย N, กก./ไร่					
	0		4.8		24	
	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %	ผลผลิต กก./ไร่	Ndfa %
ไม่สร้างปม	36	-----	32	-----	75	-----
maturity 'F'	177	76.9	-----	-----	212	55.0
สจ. 2	241	88.6	-----	-----	268	71.1
สจ. 5	320	87.6	298	87.3	303	77.7

L.S.D. (P = .05) ของผลผลิต 37 L.S.D. (P = .05) ของ Ndfa 4.9

ตารางที่ 7 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ของถั่วเหลืองและผลผลิตในสภาพการเตรียมดินแบบไถพรวนและไม่ไถพรวน

อัตราปุ๋ย ฟอสฟอรัส กก. P ₂ O ₅ /ไร่	ไม่ไถพรวนดิน		ไถพรวนดิน	
	ผลผลิต, กก./ไร่	N ตรึงได้, กก./ไร่	ผลผลิต, กก./ไร่	N ตรึงได้, กก./ไร่
O	199	5.7	174	5.8
4	219	6.3	175	5.4
F	*	*	NS	NS

ถ้าเป็นพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวนานจะให้ผลผลิตสูง เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ตรึงได้สูง และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้มาจากปุ๋ยต่ำ

อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

ปุ๋ยไนโตรเจนโดยปกติเมื่อใส่ให้ถั่วเหลือง อาจจะทำให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วลดลง ในบางกรณี การใส่อัตราที่สูงมาก อาจทำให้ถั่วไม่ตรึงไนโตรเจนเลย (Bhangoo and Albritton, 1976) จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงว่าสำหรับถั่วที่สร้างปมเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย ถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูง และให้ผลผลิตสูงเท่ากับการใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำที่ใช้เป็น "Starter dose" (4.8 กก.N/ไร่) ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต และการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มลงไปไนดินอัตราสูงถึง 24 กก.N/ไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่พืชตรึงได้ลดลงเพียงเล็กน้อย สำหรับถั่วพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 การตรึงไนโตรเจนลดลงประมาณ 15-20% ขณะที่ถั่วพันธุ์ maturity 'F' ลดลง 20-25% ทั้งที่

ไถพรวนและไม่ไถพรวนดิน ซึ่งค้านกับทฤษฎีที่ว่าถ้าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงพืชจะใช้ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปทำให้พืชไม่ตรึงไนโตรเจน หรือตรึงได้เล็กน้อย สาเหตุนี้อธิบายได้ว่า ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มลงไปไนดินบางส่วนอาจถูก denitrified เนื่องจากระดับความชื้นไนดินสูง ดังนั้น ปุ๋ยที่ใส่เพิ่มลงไปจึงไม่มากพอที่จะไปยับยั้งกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนได้ทั้งหมด เมื่อพิจารณาในแง่ผลผลิตสำหรับถั่วเหลืองไม่สร้างปม แสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเห็นได้ชัด ส่วนพันธุ์ maturity 'F', สจ. 2, และ สจ. 5 ไม่แสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลืองและผลผลิต

จากตารางที่ 7 เมื่อใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 4 กก.-P₂O₅/ไร่ ให้แก่ถั่วเหลือง ปรากฏว่าผลผลิตถั่วเหลืองในการปลูกแบบไม่ไถพรวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับการปลูกแบบไถพรวน ทั้งนี้อาจจะอธิบายได้ว่าเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไนดินเหนียวในแบบที่ไม่ไถพรวน ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะอยู่ในบริเวณที่ใส่มากกว่าที่จะกระจายออกไป และในสภาพไม่ไถพรวนมีความชื้นไนดินเหมาะสมกว่า จึงทำให้ถั่วเหลืองสามารถใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ดีขึ้น และส่งเสริมผลผลิตให้สูงกว่าผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกแบบไถพรวนดิน

พิจารณาตรึง

จากผลการทดลองในตารางที่ 8 จะเห็นว่าพันธุ์ถั่วเหลืองไม่สร้างปมไม่ตรึงไนโตรเจนและไม่ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ เมื่อปลูกเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2 และ สจ. 5 ด้วยเชื้อ ineffective strain พบว่ายังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เนื่องจาก

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นพืชมাত্রฐาน

ชนิดของถั่วเหลือง	ผลผลิต	Ndfa ¹
	กก./ไร่	%
ถั่วเหลืองไม่สร้างปม (D 68-0099)		
ใส่ปุ๋ย 0 กก. N/ไร่	39	—
ใส่ปุ๋ย 4.8 กก. N/ไร่	50	—
ใส่ปุ๋ย 24 กก. N/ไร่	116	—
ถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อ ineffective inoculum		
สจ. 2 ไม่ใส่ปุ๋ย	111	80.3
สจ. 5 ไม่ใส่ปุ๋ย	94	70.3
สจ. 5 ใส่ปุ๋ย N = 4.8 กก. N/ไร่	138	64.1
ถั่วเหลืองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง (24 กก. N/ไร่)		
Maturity 'F' (D 68-0102)	237	50.6
สจ. 2	309	70.5
สจ. 5	332	69.5

¹เป็นค่าเฉลี่ยของ % Ndfa ของถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในระบบไถพรวนดินและไม่ไถพรวน

อาจมีเชื้อไรโซเบียมอยู่ในดินก่อนแล้ว ถึงแม้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงถึง 24 กก. N/ไร่ ก็สามารถเกิดขบวนการตรึงไนโตรเจนได้ อาจอธิบายได้ว่า ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปสูญเสียเป็นแก๊สแอมโมเนีย (volatilization) ไปจากผิวดิน หรือเกิดการสูญเสียไปโดยขบวนการทางชีวเคมี (denitrification) ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลือจึงไม่สูงพอที่จะยับยั้งปฏิกิริยาการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลือง พืชอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่วที่ปรากฏว่าเป็นพืชมাত্রฐานที่ดี คือ ข้าวบาร์เลย์ ก็ได้นำมาพิจารณาทดสอบเช่นกัน แต่เนื่องจากฤดูปลูกไม่เหมาะสมและอากาศร้อน ทำให้ข้าวบาร์เลย์ไม่เจริญเติบโต การทดลองครั้งนี้จึงใช้ถั่วเหลืองไม่สร้างปมเป็นพืชมাত্রฐาน

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การไม่ไถพรวนดินในการปลูกถั่วเหลืองนอกจากจะให้ผลผลิตดีกว่าการปลูกโดยไถพรวนดินแล้ว ในด้านการตรึงไนโตรเจนจากอากาศก็อยู่ในระดับเท่ากับการปลูกโดยการไถพรวนดิน ผลการทดลองนี้จึงสนับสนุนการปลูกถั่วเหลืองในนาข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยปลูกในตอซังโดยไม่ต้องมีการไถพรวน

2. ถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ประมาณ

4–5 กก. N/ไร่ (รวมทั้งต้นและฝัก) เมื่อมีการไถกลบต้นถั่วเหลืองสำหรับการปลูกพืชครั้งต่อไป เป็นการรักษาระดับไนโตรเจนในดิน ซึ่งควรจะนำไปใช้พิจารณาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้พืชที่จะปลูกต่อไปได้

3. ปริมาณไนโตรเจนจากอากาศที่ตรึงได้โดยถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับพันธุ์ของถั่วเหลือง กล่าวคือ พันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวนาน จะตรึงไนโตรเจนได้สูงกว่าพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็ว ข้อมูลนี้เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป เช่น หากต้องการพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวเร็วขึ้นและให้มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ดี ก็จำเป็นต้องหาพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงเป็นพิเศษเป็นพ่อหรือแม่พันธุ์

4. ปุ๋ยฟอสเฟตจะเป็นปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง โดยเฉพาะในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ ถึงแม้ฟอสฟอรัสจะไม่มีผลส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของถั่วเหลืองโดยตรงก็ตาม (% Ndfa ไม่แตกต่างกันระหว่างการใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส) การทดลองนี้พบว่า ในการไม่ไถพรวนดินและใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ผลผลิตถั่วเหลืองสูงกว่าที่ปลูกในแบบไถพรวนดิน

คำนิยม

คณะนักวิจัยโครงการนี้ ขอขอบคุณหัวหน้าสถานีทดลองข้าวสันป่าตอง และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสมุน ศรีสมบูรณ์ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองครั้งนี้ และขอไว้อาลัยในการเสียชีวิตอย่างกะทันหันของ นายสมุน ศรีสมบูรณ์ ไว้ ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณ Dr. D.A. Rennie, Dean of College of Agriculture, Saskatchewan University, Canada ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาโครงการ และขอขอบคุณ ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency IAEA) ที่สนับสนุนโครงการ ด้านปุ๋ย ไนโตรเจนและไนโตรเจนและภาวะวิเคราะห้ รวมทั้งความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง และค่าใช้จ่ายสำหรับที่ปรึกษาโครงการ

สุดท้ายคณะนักวิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิชาการ พนักงานวิจัยนิวเคลียร์เทคนิค กองเกษตรเคมี และสถานีทดลองข้าวสันป่าตอง ทุกท่านที่ไม่สามารถระบุนามได้ทั่วถึง ที่มีส่วนร่วมให้การทดลองนี้สำเร็จลงได้

เอกสารอ้างอิง

- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, และ สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์. 2527. ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยถั่วเขียว, ถั่วเหลือง, และถั่วลิสง และผลของถั่วต่อไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินและต่อ

- ข้าวโพดที่ปลูกตามหลัง ซึ่งวัดได้โดยใช้ไอโซโทป. การประชุมทางวิชาการเรื่องการใช้พลังงานปรมาณูในกิจการเกษตร ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 25-27 กรกฎาคม 2527 กรุงเทพฯ
- Anonymous. 1976. Tracer manual on crops and soils. Technical Report Series No. 171. International Atomic Energy Agency, Vienna p. 277.
- Bhangoo, M.S. and D.J. Albritton. 1976. Nodulating and Non-nodulating Lee Soybean Isolines Response to Applied Nitrogen. Agronomy Journal, Vol. 68, July-August, p. 642-645.
- Fried, M. and V. Middleboe. 1976. Measurement of amount of nitrogen fixed by legume crop. Plant and Soil. 47 : 713-715.
- Rennie, R.J. and D.A. Rennie. 1983. Techniques for quantifying N_2 fixation in association with non-legumes under field and greenhouse conditions. Can. J. of Microbiology, Vol. 29, 1022-1035.
- 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.
- Velly, J. 1977. Irat research work on nitrogen fixation. Isotopes in Biological Dinitrogen fixation Meeting, Vienna, 21-25 November, 1977.

Dinitrogen Fixation by Soybean under Zero and Conventional Tillage as Determined by Isotope Technology

**Chantana Siripaibool, Patoom Snitwongse Na Ayutaya, Pornphimal Chaiwanakupt,
Amphai Satrusajang, Chitra Klaimon and Sumon Srisomboon**

Agricultural Chemistry Division, Department of Agriculture, Bangkok, Bangkok 10900.

ABSTRACT

Using ^{15}N enriched urea fertilizer, a field study was conducted with the primary objective of determining nitrogen fixation of soybean under zero and conventional tillage systems. The experiment was conducted between February and April in 1983 on rice paddy soils at the San Pa Tong Rice Research Station in Chiang Mai province, North Thailand. Two nodulating Thai soybean varieties, SJ 1 and SJ 5, a nodulating variety from southern U.S., Maturity 'F', and a non-nodulating isolate, D 68-0099, were used in the investigation. Three different levels of N as urea, the equivalent of zero, 30 and 150 kg N/ha were compared.

On average between 70 and 75% of plant N was fixed by the soybean plants irrespective of the tillage treatments. Between 5–7% of plant N was derived from the ^{15}N labelled fertilizer, with the remaining 20–25% being supplied by the soil. However, final grain yield was significantly influenced by the tillage treatment, that from the conventional tillage being on average 18% less than from the zero tillage treatment. The two Thai varieties, SJ 2 and SJ 5 fixed significantly more N than the earlier maturing U.S. variety (Maturity 'F') in both tillage systems. The varieties differed in respect to the effect of fertilizer N on N fixation. For the variety SJ 5 N fixation remained unchanged under the zero and 30 kg N/ha treatments; however under the 150 kg N/ha treatment N fixation by this variety decreased by 11 and 27% respectively under the conventional and zero tillage treatments. The U.S. variety on average fixed 10% less N than the two Thai varieties.

It was concluded that N fixation by soybean grown on paddy soils in North Thailand is generally high and little influenced by tillage practices. Soybean varieties with similar maturity dates fixed similar amounts of nitrogen. Total N in the soybean plant was estimated at 35.6 kg N/ha, of which 26.3 kg N/ha was derived from the atmosphere.
