

# แนวทางการจัดการปุ๋ยเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มการตรึงไนโตรเจน สำหรับการปลูกข้าวเหลืองฝักสด<sup>1</sup>

จรรยา ฉัตรคำ<sup>2</sup> ดร.พันธุ์ แสนศิริพันธ์<sup>3</sup> และ อำพรพรณ พรมศิริ<sup>4</sup>

## บทคัดย่อ

ในการปลูกข้าวเหลืองฝักสดเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง โดยไม่คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดิน ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาแนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี โดยนำผลการวิเคราะห์ดินมาใช้พิจารณา กำหนดอัตราการใช้ปุ๋ย P และ K และเพิ่มประสิทธิภาพการตรึง N โดยการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากข้าวคลุกเมล็ดข้าว และ ใส่ปุ๋ย N โดยการฝังลึก ในการทดลองใช้ถั่วเหลืองฝักสดนมเบอร์ 75 ปลูกในพื้นที่ซึ่งใช้ปลูกข้าวเหลืองมาเป็นเวลานาน ใช้แผนการทดลองแบบ split plot มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีใน main plot มี 2 กรรมวิธี คือ การคลุกและไม่คลุกเมล็ดข้าวด้วยผงเชื้อไรโซเบียม ส่วนกรรมวิธีใน sub plot คือ การจัดการปุ๋ยซึ่งมี 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุม ซึ่งเป็นการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำของ บ.ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด (FR) โดยใช้ N 34.71 กก./ไร่ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 14 กก./ไร่ และ K<sub>2</sub>O 18 กก./ไร่ และใช้วิธีการใส่ปุ๋ยตามที่นิยมใช้กันทั่วไป 2) ใส่ปุ๋ย N P และ K ในอัตราเดียวกับกรรมวิธีที่ 1 แต่ใส่ N โดยการฝังลึกลงในดิน 20 ซม. (FRD) 3) ใส่ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดินและความต้องการของพืช (FS) ซึ่งดินในแปลงทดลองมีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง จึงใส่เฉพาะ N ในอัตรา 23.8 กก./ไร่ และใส่ตามวิธีการที่ใช้กันทั่วไป 4) ใช้ปุ๋ยในอัตราเดียวกับที่ใช้ในกรรมวิธีที่ 3 แต่ใช้ N โดยการฝังลึกระดับ 20 ซม. (FSD) ศึกษาการตรึง N ของถั่วเหลือง โดยใช้ยูรีโดเทคเทคนิค ผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียปมรากข้าว ทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปม เปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงที่ระยะ R 3.5 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยก็มีผลต่อน้ำหนักแห้งของปม และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงด้วย (P<0.05) โดยใส่ปุ๋ยในอัตรา FRD และ FSD ให้ผลไม่แตกต่างกัน ในแง่ของการทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งของปมและเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงเพิ่มขึ้น และทั้งสองอัตราเป็นการจัดการปุ๋ยที่ให้ผลดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการจัดการปุ๋ยอัตรา FR รองลงมาคือ อัตรา FS ซึ่งทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งของปม และเปอร์เซ็นต์ N สูงกว่าอัตรา FR แต่ปุ๋ยอัตรานี้ทำให้เปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงต่ำกว่าอัตรา FRD และ FSD (P<0.05) ในแง่ของการสะสม N ในส่วนเหนือดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา FS และ FSD ไม่แตกต่างจากอัตรา FR ในทางสถิติ ส่วนอัตรา FRD ทำให้การสะสม N ในส่วนเหนือดินต่ำกว่าอัตรา FR (P<0.05) ที่ระยะเก็บเกี่ยวการจัดการปุ๋ย และการใส่เชื้อ ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้เชื้อกับการจัดการปุ๋ย ไม่มีผลทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดทั้งหมด และ ถั่วเหลืองฝักสดที่ได้มาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในแง่ของจำนวนฝักที่ได้มาตรฐานใน 1 กก. พบว่า การจัดการปุ๋ยแบบ FR ทำให้จำนวนฝักต่อกิโลกรัมมีประมาณ 296 ฝัก ในขณะที่การจัดการปุ๋ยแบบ FS ทำให้จำนวนฝักต่อกิโลกรัมมีมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (326 ฝัก) ส่วนการใส่ปุ๋ย N แบบฝังลึกให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ย N แบบไม่ฝังลึก (P<0.05) ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยในอัตรา FR หรือ FS ก็ตาม ในแง่ของการใช้จ่ายด้านปุ๋ย พบว่า การใช้ปุ๋ยอัตรา FS ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 68% เมื่อเปรียบเทียบกับอัตรา FR

**คำสำคัญ:** ถั่วเหลืองฝักสด การจัดการปุ๋ย การลดต้นทุนการผลิต การตรึงไนโตรเจน

<sup>1</sup> งานวิจัยร่วมกับ บ.ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด

<sup>2</sup> นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup> บ.ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด

<sup>4</sup> โครงการวิจัย FFC คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## บทนำ

ถั่วเหลืองฝักสด (vegetable soybean) เป็นพืชที่มีศักยภาพในการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นมานานนับ 10 ปี และปัจจุบันเริ่มมีการส่งออกไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา การปลูกเพื่อการส่งไปจำหน่ายในต่างประเทศนั้น ได้รับการส่งเสริมจากบริษัทเอกชนที่เข้ามาดูแลจัดระบบในเรื่องการปลูกและบำรุงรักษาให้กับเกษตรกร เพื่อที่จะได้ผลิตถั่วเหลืองฝักสดให้ได้มาตรฐานตรงตามความต้องการของประเทศผู้นำเข้า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อการส่งออกต้องใช้พันธุ์เฉพาะตามที่ตลาดกำหนดได้แก่ พันธุ์ AGS 292 และนัมเบอร์ 75 สำหรับพันธุ์ที่นิยมบริโภคภายในประเทศคือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ส่งเสริมของกรมวิชาการเกษตร การปลูกถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากเมล็ดพันธุ์หายาก และมีราคาแพง อีกทั้งการปลูกยังต้องอาศัยการดูแลรักษาอย่างพิถีพิถันต่างจากการผลิตถั่วเหลืองทั่วไป นอกจากนี้ผู้ผลิตถั่วเหลืองฝักสดเชื่อว่า ในการสร้างผลผลิตในปริมาณมากและมีคุณภาพ จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชให้แก่ต้นถั่วในปริมาณที่สูงและต่อเนื่อง แต่การใส่ปุ๋ยเคมีกับถั่วเหลืองฝักสดในปริมาณที่สูงอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดียวกัน โดยไม่คำนึงปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่มีอยู่ในดิน ย่อมก่อให้เกิดผลตกค้างของปุ๋ยในดินสูง และยิ่งอาจก่อให้เกิดการขาดสมดุลของธาตุอาหารในดินพืช ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต และยังทำให้เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยสูงโดยไม่จำเป็น การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเหลืองฝักสด จะช่วยให้ทราบถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงดิน หรือเพิ่มเติมธาตุอาหารให้แก่พืชได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อผลผลิตที่ต้องการได้ อีกทั้งยังสามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมีในพื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยในปริมาณสูงและต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการใส่ปุ๋ย P และ K ในกรณีที่ดินมีการสะสมธาตุทั้งสองธาตุในระดับสูงหรือสูงมาก

อนึ่ง เนื่องจากการใช้หัวเชื้อแบคทีเรียปรมรากถั่วคอกเมล็ดก่อนปลูก เป็นวิธีการที่แนะนำสำหรับการปลูกถั่วเหลืองฝักสด แต่การเกิดปมและการตรึง N ของเชื้อแบคทีเรียในปรมรากถั่วเป็นกระบวนการที่ไว (sensitive) ต่อปริมาณ N ที่มีอยู่ในดิน และการใส่ปุ๋ย N ในอัตราสูง มีผลทำให้การเกิดปมและการตรึง N ลดลง อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ย N ในระดับเล็กน้อยสามารถเพิ่มการตรึง N สำหรับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศญี่ปุ่นได้แม้ว่าจะใส่ในอัตราสูง (Tewati *et al.*, 2004) การใส่ปุ๋ย N ด้วยวิธีการดังกล่าว สำหรับการปลูกถั่วเหลืองฝักสดยังไม่เคยมีการปฏิบัติมาก่อน ถ้าวิธีการนี้สามารถใช้ได้เช่นกันสำหรับการปลูกถั่วเหลืองฝักสดในภาคเหนือของประเทศไทย ก็น่าจะเป็นวิธีการที่น่าสนใจและจะทำให้ถั่วเหลืองฝักสด สามารถใช้ประโยชน์จากการตรึง N จากอากาศได้มากขึ้น และอาจทำให้เกษตรกรสามารถลดการใส่ปุ๋ย N ให้น้อยลง รวมถึงลดการนำเข้าของปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศได้ด้วย ในการทดลอง จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดการใส่ปุ๋ยในการปลูกถั่วเหลืองฝักสด โดยนำข้อมูลด้านปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีในดิน และความต้องการธาตุอาหารของพืชมาประกอบการกำหนดอัตราการใช้ปุ๋ย และเพิ่มความสามารถการตรึง N ของถั่วเหลืองฝักสด



## วิธีการทดลอง/วิเคราะห์

ทำการทดลองในแปลงทดลอง โดยใช้พื้นที่ซึ่งใช้ในการเพาะปลูกถั่วเหลืองฝักสดอย่างต่อเนื่อง ของสถานีทดลองและวิจัยการเกษตรออนหลวง บ.ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด อ.แม่อน จ.เชียงใหม่ และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะเวลาทดลองตั้งแต่พฤษภาคม-ตุลาคม 2550 ก่อนการทดลองได้ทำการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ดังกล่าวด้วยชุดตรวจสอบดินอย่างง่าย พบว่าดินมี pH 6.4 มีปริมาณของ P ที่เป็นประโยชน์ได้ (>40 มก./กก.) และ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (>100 มก./กก.) พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ใช้ปลูก คือ พันธุ์ 75 วางแผนการทดลองแบบ split plot มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีใน Main plot มี 2 กรรมวิธี ได้แก่ การคลุมเชื้อไรโซเบียม (I) และการไม่คลุมเชื้อไรโซเบียม (U) ส่วนกรรมวิธีใน sub plot คือ วิธีการจัดการปุ๋ยซึ่งมี 4 กรรมวิธี ดังนี้

**กรรมวิธีที่ 1** กรรมวิธีควบคุม (Control) โดยใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 34.7 กก./ไร่, 14 กก./P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ไร่ และ 18 กก./K<sub>2</sub>O/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่ฝ่ายส่งเสริมของ บ.ลานนาเกษตร จำกัด แนะนำให้เกษตรกรใช้ และใส่โดยวิธีหว่านลงบนผิวดิน (FR)

**กรรมวิธีที่ 2** ใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกับกรรมวิธีที่ 1 แต่ใส่ปุ๋ย N แบบลึกใต้ผิวดิน 20 ซม. (FRD)

**กรรมวิธีที่ 3** ใส่ปุ๋ยตามความต้องการของถั่วเหลืองฝักสดและคุณภาพดิน โดยใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 23.80 กก./ไร่ (เรวดี, 2548) ไม่ใส่ปุ๋ย P และ K เพราะดินมีปริมาณ P และ K ในระดับสูง และใส่ปุ๋ยโดยวิธีหว่านลงบนผิวดิน (FS)

**กรรมวิธีที่ 4** ใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกับกรรมวิธีที่ 3 แต่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบลึกใต้ผิวดิน 20 ซม. (FSD)

ที่ระยะออกดอก (R1.5) และระยะติดฝัก (R3.5) ตามเกณฑ์ของ Fehr *et al.* (1971) บันทึกข้อมูลด้านน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งของปม สัดส่วน (%) ของ N ในรูปสารประกอบยูรีโดหรือดัชนียูรีโดสัมพันธ์ (relative ureide index, RUI) ของน้ำเลี้ยงจากตอราก ซึ่งเป็น N ที่ได้จากการตรึงจากอากาศ เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงไนโตรเจน การสะสม N ในส่วนเหนือดิน สำหรับดัชนียูรีโดสัมพันธ์ คำนวณได้จากสูตรที่เสนอโดย People *et al.* (1989) ดังนี้

$$\% \text{ RUI} = \frac{4 \times \text{ureide}^*}{(4 \times \text{ureide}^* + \text{amimo}^* + \text{Nitrate}^*)} \times 100$$

\*หน่วย mmoles

ส่วนเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนอากาศ (Nitrogen derived from air, Ndfa) โดยใช้สมการที่เสนอแนะโดย Heridge and People (1990) ดังนี้

$$y = 4.8 + 0.83x \quad \text{ที่ระยะออกดอก (flowering)}$$



$$y = 21.3 + 0.67x \quad \text{ที่ระยะติดฝัก (Pod-fill)}$$

เมื่อ  $y$  คือ %RUI

$x$  คือ %Ndfa

ที่ระยะเก็บเกี่ยว (65-72 วันหลังปลูก) ซึ่งเป็นระยะ R6 บันทึกข้อมูลด้านน้ำหนักสดของฝักทั้งหมด น้ำหนักฝักที่ได้มาตรฐาน และจำนวนฝักที่ได้มาตรฐาน โดยใช้พื้นที่เก็บเกี่ยว 2 ตร.ม./แปลง

### ผลการทดลอง

ที่ระยะ R1.5 R3.5 และ R6 ถั่วเหลืองฝักสดมีการตอบสนองต่อกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ และมีการตอบสนองต่อการใส่โรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะที่ระยะ R3.5 เพียงระยะเดียว สำหรับผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อกับกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยต่อข้อมูลทุกข้อมูลที่ได้บันทึกในทุกระยะของการเก็บข้อมูลไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ยกเว้นผลที่มีต่อจำนวนฝักที่ได้มาตรฐานต่อกิโลกรัม

### ผลของการใส่เชื้อโรโซเบียม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะออกดอก (R1.5)

ที่ระยะ R1.5 กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยมีผลทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1) แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งและการสะสม N ของส่วนเหนือดิน การจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FR ทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงต่ำที่สุด ในขณะที่การจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FRD ให้ผลดีที่สุด และทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FS ให้ผลดีกว่าวิธี FR (P 0.05) เฉพาะด้านน้ำหนักแห้งของปมเท่านั้น แต่ในแง่ของค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง มีแนวโน้มให้ผลดีกว่า นอกจากนี้การจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FS ยังให้ผลไม่แตกต่างจากวิธี FRD ในแง่ของน้ำหนักแห้งของปม และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงอีกด้วย (P0.05) ส่วนการจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FSD ให้ผลไม่แตกต่างจากวิธี FS ในแง่ของน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง (P0.05) และการจัดการปุ๋ยวิธีนี้ ยังให้ผลไม่แตกต่างจากวิธี FRD ด้วยในทางสถิติ

### ผลของการใส่เชื้อโรโซเบียม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะติดฝัก (R3.5)

ที่ระยะ R3.5 ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อการใส่เชื้อโรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2) โดยการใส่เชื้อมีผลทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI และเปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงมากกว่าการไม่ใส่เชื้อ (P0.05) และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงเพิ่มขึ้นด้วยประมาณ 18% สำหรับเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงของถั่วที่ได้รับการใส่เชื้อมีประมาณ 65% ของปริมาณ N ทั้งหมดในส่วนเหนือดิน ในขณะที่ถั่วที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อมี N ที่ได้จากการตรึง 59%



ตารางที่ 1 ผลของกรรมวิธีใส่ปุ๋ยต่อน้ำหนักแห้งปมถั่ว ค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง  
 น้ำหนักแห้งและปริมาณ N ที่สะสมในส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ R1.5

กรรมวิธี	นน.แห้งปม (กรัม/ต้น)	ส่วนเหนือดิน		N ที่ได้จากการตรึง		%RUI
		นน.แห้ง (กก./ไร่)	N-uptake (กก.N/ไร่)	%***	(กก.N/ไร่)	
1. FR	0.07 B <sup>''</sup>	149.7	5.33	17.28 c <sup>''</sup>	0.09 b <sup>''</sup>	19.41 c <sup>''</sup>
2. FRD	0.15 A	136.7	4.50	43.72 a	1.95 a	41.09 a
3. FS	0.13 A	145.9	5.12	28.56 bc	1.45 ab	28.50 bc
4. FSD	0.12 A	145.4	4.80	33.08 ab	1.44 ab	32.25 ab
% CV	37.84	12.52	49.14	45.66	29.63	38.41

\* ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 4 กรรมวิธีและ 4 ซ้ำ

\*\* ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

\*\*\*% N ทั้งหมดในต้นถั่ว

ตารางที่ 2 ผลของกรรมวิธีการคลุมเชื้อไรโซเบียมต่อน้ำหนักแห้งปมถั่ว ค่า RUI เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จาก  
 การตรึงของถั่วเหลืองฝักสด ที่ระยะR3.5

กรรมวิธี	นน.แห้งปม (กรัม/ต้น)	%RUI	N ที่ได้จากการตรึง	
			%	กก.N/ไร่
1. คลุมเชื้อไรโซเบียม	0.56 A <sup>''</sup>	64.76 A <sup>''</sup>	64.87 A <sup>''</sup>	10.15 <sup>''</sup>
2. ไม่คลุมเชื้อไรโซเบียม	0.43 B	60.91 B	59.11 B	8.63
% CV	20.42	4.16	6.29	70.61

\* ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการคลุมเชื้อไรโซเบียม 2 กรรมวิธีและ 4 ซ้ำ

\*\* ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

สำหรับลักษณะในการตอบสนองของถั่วต่อกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยที่ระยะ R3.5 (ตารางที่ 3) คล้ายคลึงกับการตอบสนองที่พบในระยะ R1.5 และมีการตอบสนองต่อกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแต่ละวิธีเด่นชัดมากขึ้น ที่ระยะนี้ การจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FR ทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง (44%) ต่ำที่สุด และแตกต่างจากกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในแง่ของน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน ถึงแม้ถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยวิธี FR มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากที่สุด แต่ก็ไม่แตกต่างจากถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยด้วยกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นวิธี FRD และในแง่ของการสะสม N ในส่วนเหนือดิน กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยด้วยวิธี FR ให้ผลไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นยกเว้น FRD สำหรับการจัดการปุ๋ยวิธี FRD ให้ผลดีกว่าวิธี FR (P0.05) ในแง่ของน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง โดยทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปมมากกว่า 74% และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงมีประมาณ 76% ของปริมาณ N ทั้งหมดในส่วน



เหนือดิน แต่กรรมวิธีนี้ทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งและการสะสม N ในส่วนเหนือดิน น้อยกว่าวิธี FR (P0.05) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีการจัดการปุ๋ย วิธี FS กับวิธี FR พบว่าวิธี FS ให้ผลดีกว่า (P0.05) ในแง่ของน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง โดยวิธี FS ทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งปมมากกว่าประมาณ 43% และมีเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงประมาณ 57% แต่ในแง่ น้ำหนักแห้งและการสะสม N ในส่วนเหนือดิน ทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแบบ FS มีค่าต่ำกว่าวิธี FRD (P0.05) ในแง่ของน้ำหนักแห้งของปม ค่า RUI และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง สำหรับกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแบบ FSD แม้ว่าไม่ทำให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปมแตกต่างจากกรรมวิธี FS ในทางสถิติ แต่ก็มีแนวโน้มให้ผลดีกว่า (>กรรมวิธี FR 57%) และยังทำให้ถั่วมีค่า RUI เปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง (71%) มากกว่าถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยวิธี FS แต่ในแง่ของน้ำหนักแห้งและการสะสม N ของส่วนเหนือดิน กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแบบ FS กับ FSD ให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากระยะ R3.5 เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีรายงานว่า ข้อมูลการตรึง N ของถั่วเหลืองที่ประเมินจากการวิเคราะห์สัดส่วนของยูรีโดตีโนในน้ำเลี้ยง มีความสอดคล้องกับปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงตลอดฤดูปลูก ที่ประเมินจากวิเคราะห์ 15N ของส่วนเหนือดินที่ระยะ R6-7 (Herridge and People, 1990) ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงถือเปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง N ที่ระยะ R3.5 เป็นเปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงตลอดฤดูปลูก ถึงแม้กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยไม่มีผลทำให้ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงที่ระยะ R3.5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยแบบ FR มี N ที่ได้จากการตรึงประมาณ 7.9 กก.N/ไร่ ในขณะที่ถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยแบบ FRD มีปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง ประมาณ 8.7 กก.N/ไร่ ส่วนถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยแบบ FS และ FSD มีปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงมากกว่าถั่วที่ได้รับการจัดการปุ๋ยแบบ FR ประมาณ 33% และ 31% โดยมี N ที่ได้จากการตรึงประมาณ 10.6 และ 10.4 กก.N/ไร่ ตามลำดับ

โดยทั่วไปแล้วในพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกถั่วเหลืองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ปริมาณของเชื้อโรโซเบียมในดินตามธรรมชาติจะมีอยู่ในระดับปานกลาง (100-10,000 เซลล์/กรัม) ถึงมาก (>10,000 เซลล์/กรัม) และถั่วจะไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อโรโซเบียม (Date, 1982) แต่ในการทดลองนี้ ถั่วเหลืองยังมีการตอบสนองต่อการใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยทำให้ถั่วมีการเกิดปมและการตรึง N เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ปลูกเชื้อ จึงคาดว่าเชื้อโรโซเบียมที่ใช้ปลูกเมล็ดถั่ว อาจจะมีความสามารถในการแข่งขันกับเชื้อในธรรมชาติได้ดี หรือเป็นเชื้อที่มีความสามารถในการตรึง N ภายใต้สถานที่ดินมีต่อปริมาณ N ในดินในระดับสูงได้ดีกว่าเชื้อในธรรมชาติ หรือเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการตรึง N ได้ดีกว่า การใส่เชื้อจึงให้ผลดีในแง่ของการส่งเสริมให้ถั่วมีการเกิดปมและการตรึง N เพิ่มขึ้น สำหรับการจัดการปุ๋ยแบบFR ซึ่งมีการใช้ปุ๋ย N ในปริมาณที่สูงถึง 34.2 กก.N/ไร่ และการใส่ปุ๋ย N ใช้วิธีการใส่ที่นิยมใช้กันทั่วไป น่าจะมีผลทำให้ดินมีปริมาณของ N ที่เป็นประโยชน์ได้ในระดับสูง โดยเฉพาะในตรง ไนโตรเจน



ผลรายงานของ Diener (1950); Van Schreven (1958); Thomtor (1936); Gibson and Nutman (1960); Munns (1968b) ซึ่งอ้างโดย Lie (1974) การมี N ในรูปไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนียม และยูเรีย ในความเข้มข้นระดับปานกลาง มีผลยับยั้งกระบวนการเกิดปมของพืชตระกูลถั่ว และจากรายงานของ Munns (1968b) ซึ่งอ้างโดย Lie (1974) พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทและไนไตรท์ในระดับต่ำ (10 µgN) มีผลทำให้เชื้อไรโซเบียมเข้าสู่รากช้าลง และจากรายงาน Tannes and Anderson (1963) ซึ่งอ้างโดย Lie (1974) ให้เหตุผลว่า การที่ไนเตรทมีผลยับยั้งการเกิดปม เพราะไนเตรททำให้ indole acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นสารประกอบทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเข้าสู่รากถูกทำลาย นอกจากนี้ N ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ (NH<sup>+</sup><sub>4</sub>, NO<sup>-</sup><sub>3</sub>) ยังมีผลทำให้การตรึง N ในปมถั่วลดลงด้วย (Allos and Bontholomew, 1959 อ้างโดย Lie, 1974) จากรายงานดังกล่าว จึงคาดว่า การที่ถั่วเหลืองในการทดลอง นี้มีการเกิดปมและการตรึง N ลดลง เมื่อมีการจัดการปุ๋ยแบบ FR น่าจะเป็นผลเพราะการจัดการปุ๋ยด้วยวิธีดังกล่าว ทำให้ปริมาณ N ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนโดยเฉพาะไนเตรทมีอยู่ในระดับสูง ส่งผลเสียต่อการเกิดปมและการตรึง N สำหรับผลการทดลองที่พบว่า การใส่ปุ๋ย N โดยการฝังลึกไม่ทำให้เกิดปม และการตรึง N ลดลง แม้ว่าจะใส่ปุ๋ยในอัตราสูง มีความสอดคล้องกับรายงานของ (Tewati *et al.*, 2004)

ตารางที่ 3 ผลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยต่อน้ำหนักแห้งปมถั่ว เปอร์เซ็นต์และปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง น้ำหนักแห้ง และปริมาณ N ที่สะสมในส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ R3.5

กรรมวิธี	นน. แห้งปม (กรัม/ต้น)	ส่วนเหนือดิน		N ที่ได้จากการตรึง		%RUI
		นน. แห้ง (กก./ไร่)	N-uptake (กก.N/ไร่)	%Ndfa	(กก.N/ไร่)	
1. FR	0.35 c <sup>''</sup>	385.3 a <sup>''</sup>	17.02 a <sup>''</sup>	44.15 c <sup>''</sup>	7.94	50.88 c <sup>''</sup>
2. FRD	0.61 a	331.5 b	11.47 b	76.00 a	8.68	72.22 a
3. FS	0.50 b	362.8 ab	18.23 a	57.10 b	10.56	59.60 b
4. FSD	0.55 ab	352.3 ab	15.16 ab	70.73 a	10.37	68.69 a
% CV	19.73	9.36	28.94	15.94	32.64	10.53

\* ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 4 กรรมวิธีและ 4 ซ้ำ

\*\* ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

### ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

ที่ระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสด พบว่า กรรมวิธีการจัดการปุ๋ยทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4) และการใส่เชื้อ (ตารางที่ 5) ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่าง การใส่เชื้อกับกรรมวิธีการจัดการปุ๋ย ไม่มีผลต่อผลผลิตฝักสดทั้งหมด ผลผลิตฝักสดที่ได้มาตรฐาน ตลอดจนจนน้ำหนักสดของต้นและใบที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวฝักอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นจำนวนฝักในฝักสดมาตรฐานหนัก 1 กก. ที่พบว่ามี



ความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญ ตามปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อกับกรรมวิธีการจัดการปุ๋ย (ตารางที่ 6) กล่าวคือ เมื่อไม่มีการคลุกเชื้อไรโซเบียม กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้จำนวนฝักมาตรฐานต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อมีการคลุกเชื้อ การใช้ปุ๋ยด้วยกรรมวิธี FRD FS และFSD ทำให้จำนวนฝักมาตรฐานต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธี FR หรืออีกนัยหนึ่ง การคลุกเชื้อไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยด้วยกรรมวิธี FR มีผลทำให้ขนาดของฝักตัวเพิ่มขึ้น จากมาตรฐานของบริษัทเอกชนผู้ส่งออกถั่วเหลืองฝักสดกำหนดให้จำนวนฝักมีจำนวนไม่เกิน 350 ฝัก/กก. สำหรับในการทดลองนี้ ถั่วที่ปลูกโดยใช้กรรมวิธีที่ต่างกันมีจำนวนฝักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 296-326 ฝัก/กก. ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ได้มาตรฐานทุกกรรมวิธี สำหรับผลผลิตฝักสด (ตารางที่ 5) พบว่า การจัดการปุ๋ยแบบ FR ทำให้ถั่วเหลืองฝักสดมีผลผลิตฝักสดที่ได้มาตรฐาน 1,324 กก./ไร่ ส่วนการจัดการปุ๋ยแบบ FS ให้ผลผลิต 1,344 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ย N โดยการฝังลึก ทำให้ผลผลิตฝักสดที่ได้มาตรฐานลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามวิธีการที่ใช้กันทั่วไป โดยการจัดการปุ๋ยแบบ FRD ให้ผลผลิต 1,235 กก./ไร่ และการจัดการแบบ FSD ให้ผลผลิต 1,270 กก./ไร่

ตารางที่ 4 ผลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยต่อน้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักฝักรวม น้ำหนักฝักมาตรฐานของถั่วเหลืองฝักสดระยะ R6

กรรมวิธี	นน.สดต้นและใบ (กก./ไร่)	นน.ฝักรวม (กก./ไร่)	นน.ฝักมาตรฐาน (กก./ไร่)
1. FR	2,012.5	2,146.5	1,324.3
2. FRD	1,763.5	1,955.3	1,235.1
3. FS	1,913.6	2,160.6	1,344.1
4. FSD	1,713.8	2,102.4	1,270.3
% CV	13.35	11.35	19.3

\* ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 4 กรรมวิธีและ 4 ซ้ำ

ตารางที่ 5 ผลของกรรมวิธีการใส่เชื้อไรโซเบียมต่อน้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักฝักรวม น้ำหนักฝักมาตรฐานของถั่วเหลืองฝักสดระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (R6)

กรรมวิธี	นน.สดต้นและใบ (กก./ไร่)	นน.ฝักรวม (กก./ไร่)	นน.ฝักมาตรฐาน (กก./ไร่)
1. คลุกเชื้อไรโซเบียม	1,790.3	2,084.8	1,282.4
2. ไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม	1,911.4	2,097.6	1,304.5
% CV	4.99	11.72	18.16

\* ค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการคลุกเชื้อไรโซเบียม 2 กรรมวิธีและ 4 ซ้ำ





ตารางที่ 6 Interaction effect ของกรรมวิธีการปลูกเชื้อไรโซเบียม และการใส่ปุ๋ยต่อจำนวนฝักมาตรฐานกั่วเหลือง ฝัก (ฝัก/กก.)

การปลูกเชื้อไรโซเบียม	กรรมวิธีการจัดการปุ๋ย				เฉลี่ย (ฝัก/กก.)
	FR	FRD	FS	FSD	
1. ปลูกเชื้อไรโซเบียม	283	327	343	341	324
2. ไม่ปลูกเชื้อไรโซเบียม	308	314	309	304	309
<b>เฉลี่ย</b>	296 b	321 a	326 a	322 a	
LSD 0.05 R x F interaction effect = 31.28					

### ต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ยในการผลิตกั่วเหลืองฝักสด

เมื่อคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ย ตารางที่ 7 พบว่า การจัดการปุ๋ยแบบ FR และ FRD เสียค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยประมาณ 2,253 บาท/ไร่ ในขณะที่การจัดการแบบ FS และ FSD ซึ่งมีการใส่เฉพาะปุ๋ย N ปริมาณ 23.8 กก./ไร่ เสียค่าใช้จ่าย 719 บาท/ไร่ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยลงได้ประมาณ 68% ผลผลิตฝักสดที่ได้จากการจัดการปุ๋ยแบบ FS สูงกว่าผลผลิตฝักสดที่ได้จากการจัดการปุ๋ยแบบ FR 1.5% ดังนั้นการจัดการปุ๋ยแบบ FS น่าจะเหมาะสมกว่าในแง่ของผลตอบแทน นอกจากนี้การจัดการปุ๋ยแบบ FS ยังทำให้ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงเพิ่มขึ้น 33% อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาด้านการสะสมของ P และ K ในพื้นที่ทำการเกษตรให้น้อยลงได้อีกด้วย

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ยเคมีแต่ละกรรมวิธีในการปลูกกั่วเหลืองฝักสด

กรรมวิธี	ต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ย* (บาทต่อไร่)	ผลผลิตฝักสดมาตรฐาน (กก./ไร่)
1. FR	2,253 (100.0)	1,324 (100.0)
2. FRD	2,253 (100.0)	1,235 (93.2)
3. FS	719 (31.9)	1,344 (101.5)
4. FSD	719 (31.9)	1,270 (95.9)

\* ที่มา: บ.ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ราคาปุ๋ยเคมี ที่ใช้ในการคำนวณ ปุ๋ย 46-0-0 ราคา 695 บาท/กระสอบ ปุ๋ย 0-46-0 ราคา 811 บาท/กระสอบ ปุ๋ย 0-0-50 ราคา 875 บาท/กระสอบ (พฤษภาคม 2550)

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของเชื้อไรโซเบียม ความลึกของการใส่ปุ๋ย N และการจัดการปุ๋ยต่อการตรึง N การเจริญเติบโตและผลผลิตของกั่วเหลืองฝักสด พอสรุปผลได้ดังนี้

1. การปลูกกั่วเหลืองฝักสดในดินที่เคยใช้ปลูกกั่วเหลืองมาเป็นเวลานาน การใส่เชื้อไรโซเบียมมีผลทำให้กั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งของปม และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เฉพาะระยะ R3.5 และไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งและการสะสม N ของส่วนเหนือดิน ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง ตลอดจนผลผลิตของฝักสดที่ได้มาตรฐานในทางสถิติ



2. ในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินในระดับสูง การปลูกถั่วเหลืองฝักสดโดยไม่ใส่ปุ๋ย P และ K และใส่ N ในปริมาณ 23.8 กก.N/ไร่ ไม่ทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งและการสะสม N ของส่วนเหนือดิน ตลอดจนผลผลิตฝักสดมาตรฐานแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยปริมาณ 34.7 กก.N/ไร่ 14 กก.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ไร่ และ 18 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำของบริษัทเอกชนอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลดีในแง่ทำให้ต้นถั่วมีน้ำหนักแห้งของปม และเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงมากกว่า

3. การใส่ปุ๋ย N ในปริมาณ 34.7 หรือ 23.8 กก.N/ไร่ โดยการฝังลึกลงไปดินในระดับ 20 ซม. มีผลดีในแง่ของการส่งเสริมให้ถั่วมีน้ำหนักแห้งของปม เปอร์เซ็นต์การตรึง N เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำของบริษัทเอกชนอย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตฝักสดที่ได้มาตรฐาน น้ำหนักแห้ง และการสะสม N ของส่วนเหนือดินด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- เววดี พัททังษ์. 2548. ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 23 หน้า.
- Date, R.A. 1982. Assessment of rhizobial status of the soil. In Vincent, J.M. Nitrogen Fixation in Legumes. Academic pre, Sydney, pp. 85-94.
- Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmoud and J.S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions of soybeans, Glycine max(L) Merri II. Crop Science, 11: 929-931.
- Herridge, D.F. and M.B. People. 1990. Ureide Assay for Measuring Nitrogen Fixation by Nodulated Soybean Calibrated by <sup>15</sup>N Methods. Plant Physiol. 93: 495-503.
- Herridge, D.F. and M.B. People. 2002. Timing of xylem sampling for ureide analysis of nitrogen fixation. Plant and Soil 238: 57-67.
- Lie, T.A. 1974. Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In Quispel, A. Biology of Nitrogen fixation. North-Holland Publishing Company. Amsterdam. pp . 522-555.
- People, M.B., A.W. Faizah, B. Rerkasem and D.F. Herridge. 1989. Methods for evaluating nitrogen fixation by legumes in the field. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra. 76 p.
- Tewati, K., T. Sukanuma, H. Fujikake, N. Ohtake, K. Sueyoshi, Y. Takahashi, and T. Ohayama. 2004. Effect of deep placement of N fertilizers and different inoculation methods of Bradyrhizobia on growth, N<sub>2</sub> fixation activity and N absorption rate of field grown soybean plant. Agronomy & Crop Science J. 190, 46-58.

