บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

การพัฒนาการผลิตถั่วเหลืองฝักสดของประเทศไทย

การส่งออกถั่วเหลืองฝักสดไปจำหน่ายต่างประเทศ จำเป็นต้องศึกษากระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ถั่วเหลืองฝักสดมีคุณภาพและมาตรฐานตรงตามความต้องการของประเทศผู้นำเข้า นอกจากนั้น ในขั้นตอนการผลิตจำเป็นต้องรักษาคุณภาพของสินค้าให้สม่ำเสมอ เพื่อให้ประเทศไทยจำหน่ายถั่วเหลืองฝักสดได้อย่างต่อเนื่องและมีมูลค่าเพิ่มขึ้นในอนาคต

พันธุ์และแหล่งเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ นัมเบอร์ 75 และ พันธุ์ AGS 292 ของบริษัทเชียงใหม่ โฟรเซนส์ฟูดส์ จำกัด (มหาชน) นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน เป็นถั่วเหลืองฝักสดที่ยังไม่ผ่านการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร (สิทธิ์, 2551) ลักษณะพันธุ์นัมเบอร์ 75 มีดอกสีขาว ขนสีขาว อายุออกดอก 28-32 วัน เก็บเกี่ยวฝักสด 65-68 วัน ฝักสดมีสีเขียว ผลผลิตฝักสดมาตรฐานเฉลี่ย 750 กก.ต่อไร่ ส่วนพันธุ์เอจีเอส 292 มีดอกสีม่วง ขนสีขาวพันธุ์อายุออกดอก 26-30 วัน เก็บเกี่ยวฝักสด 62-65 วัน ฝักสดมีสีเขียวอ่อน ผลผลิตฝักสดมาตรฐานเฉลี่ย 800 กก.ต่อไร่ ทั้งสองพันธุ์เหมาะสำหรับปลูกในภาคเหนือและภาคกลาง ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ส่วนพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ได้รับรองของกรมวิชาการเกษตร คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 ได้รับการรับรองพันธุ์ ปี 2536 ซึ่งเป็นพันธุ์เพื่อการบริโภคในประเทศ มีสีดอกเป็นสีม่วง มีสีขั้วเมล็ดเป็นสีน้ำตาลอ่อน (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

การจัดการผลิตถั่วเหลืองฝักสด

การให้ปุ๋ยถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์สำหรับส่งออก กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยเคมี 3 ครั้ง ได้แก่ รองก้นหลุมก่อนปลูกใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30-50 กก./ไร่ ครั้งที่สอง ใส่หลังปลูกประมาณ 25 วัน หว่านปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก.ต่อไร่แล้วพรวนดินกลบ และครั้งที่สาม ใส่หลังปลูกประมาณ 45 วัน หว่านปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ ระหว่างแถวบนสันร่องหลังให้น้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545) จากรายงานของสมศักดิ์ (2549) ได้มีการทดสอบชุดเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองฝักสดเพื่อการส่งออกแบบบูรณาการระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และเกษตรกรใน 3 จังหวัดภาคเหนือตอนบน คือ เชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง ในฤดูแล้ง ต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน ช่วงปี 2546 - 2547 ผลของการทดสอบ เกษตรกรผลิตถั่วเหลืองฝักสดได้ ผลผลิตฝักสดมาตรฐานเฉลี่ย 955 กก.ต่อไร่ วิธีการทดสอบเทคโนโลยีเน้นการคลุกเชื้อแบรดี้ไรโซเบียม การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเหลืองฝักสด การใส่ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดิน การพ่นสารป้องกันกำจัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคและแมลงศัตรูตามชนิดของศัตรูพืชด้วยอัตราที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลผลิต 1,095 กก./ไร่ เพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ ราคาคุ้มทุนการผลิตอยู่ที่ 7.36 บาท/กก. ผลผลิตคุ้มทุนที่ 620 กก./ไร่ และพบความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อรายจ่าย กับผลผลิตฝักสด ผลผลิตคุ้มทุนเริ่มที่ 653 กก./ไร่

มาตรฐานการส่งออกถั่วเหลืองฝักสด (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชที่ตลาดต่างประเทศต้องการปริมาณมาก ประกอบกับเป็นพืชบริโภคสด ดังนั้นตลาดจึงกำหนดมาตรฐานการส่งออกถั่วเหลืองฝักสดได้ดังนี้

- ฝักสีเขียวสด ไม่มีรอยตำหนิจากการทำลายของโรคและแมลงบนฝัก
- ฝักสด 2-3 เมล็ดต่อฝัก ความยาวไม่น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และความกว้างไม่น้อยกว่า 1.4 เซนติเมตร
- จำนวนฝักไม่เกิน 350 ฝักต่อกก.
- รสชาติหวานเล็กน้อย
- ไม่มีสารพิษตกค้างเกิดค่าความปลอดภัยที่กำหนดไว้
- แช่แข็งแล้วเปลือกฝักไม่แตก

การใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงและต่อเนื่องในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีศักยภาพในการนำไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมาใช้ตามความต้องการได้ (Gan *et al*., 1997) ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเขตกรรม จะมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของถั่วเหลืองฝักสด ดังนั้นในการปรับปรุงคุณภาพของถั่วเหลืองฝักสด จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการเขตกรรมควบคู่ไปกับการปรับปรุงพันธุ์ (Iwamida and Ohmi, 1991) ในประเทศไทยการผลิตถั่วเหลืองฝักสดเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ได้รับการส่งเสริมการเพาะปลูกจากบริษัทเอกชน โดยบริษัทเข้ามาดูแลจัดระบบในการเพาะปลูก ตลอดจนกำหนดอัตราการใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ควบคุมศัตรูพืชให้กับเกษตรกร สำหรับอัตราปุ๋ยเคมีที่บริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด กำหนดให้เกษตรกรในอัตรา 34.7 กก.N/ไร่ 14 กก.P_2O_5/ไร่ และ 18 กก.K_2O/ไร่ ตลอดฤดูปลูก ซึ่งเป็นอัตราที่ค่อนข้างสูงในการผลิตพืช เรวดี (2549) ได้ศึกษาสมบัติของดินในแปลงพื้นที่ของเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองฝักสดอย่างต่อเนื่อง ภายใต้การดูแลของ บริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด จากการวิเคราะห์ดินที่เก็บมาจากแปลงเกษตรกร อำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ดินส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์มีสภาพความเป็นกรดด่างอยู่ในระดับที่เหมาะสม (pH 6 -7) สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง (40 มก.P/กก.ดิน) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ประมาณร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในระดับสูง (>100 มก.K/กก.ดิน) ถึงสูงมาก (>300 มก.K/กก.ดิน) และได้ทำการทดลองการใช้ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในพื้นที่ดังกล่าวที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง พบว่า การตอบสนองของผลผลิตฝักสดมาตรฐานของถั่วเหลืองฝักสด ไม่แปรผันตามปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม สำหรับการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในช่วง 30-40 ปีที่ผ่านมา ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่พบในการวิเคราะห์ดินเพิ่มขึ้น จากรายงานของ Randall *et al*. (1997) ได้ศึกษาการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 ปี ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดและถั่วเหลือง พบว่า ในแต่ละปีมีการเพิ่มฟอสฟอรัสจากการวิเคราะห์ดินWebster ปริมาณ 0.42 และ 1.92 ppm/ปี เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตรา 50 และ 100 lb P_2O_5/acre ส่วนดิน Aastad มีปริมาณฟอสฟอรัสจากการวิเคราะห์ 0.69 และ 2.49 ppm/ปี เมื่อพิจารณาผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเหลือง พบว่าผลผลิตไม่เพิ่มขึ้น เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปดินที่มีฟอสฟอรัส >13 ppm ในดิน Webster และ >19 ppm ในดิน Aastad จากการทดลองนี้ได้มีการแนะนำการผลิตพืชในพื้นที่ที่มีระดับฟอสฟอรัสจากการวิเคราะห์ดินสูงสามารถลดการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงได้ และ แนะนำให้ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นครั้งคราวเมื่อตรวจสอบพบว่าฟอสฟอรัสจากวิเคราะห์ดินมีระดับลดต่ำลง

ปัญหาในการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงในการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง

การปลูกพืชติดต่อกันนานๆ โดยเฉพาะในกลุ่มดิน Alfisols Ultisols และ Oxisols ในเขตร้อนชื้น (humid tropics) มีผลทำให้ปฏิกิริยาของดิน และธาตุอาหารพืชพวกแคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) บริเวณชั้นไถพรวนลดลง และจะเห็นได้ชัดหรือเร็วขึ้นหากมีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ออกฤทธิ์เป็นกรดร่วมด้วย (Bache *et al*., 1969, Adepetu *et al*., 1979, Juo *et al*., 1995 อ้างโดย สุวพันธ์ และคณะ ,2548) การทดลองในดิน Kaolinitic Alfisol ในประเทศไนจีเรีย พบว่าหากปลูกพืชและใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันโดยไม่มีซากพืชคลุมดินร่วมด้วย จะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นโดยปฏิกิริยาของดิน (pH) ลดลงจาก 6.0 เป็น 4.5 และธาตุอาหารพืช Mg ลดลงจาก 1.0 เป็น 0.2 meq./100 กรัม ภายใน 10 ปี (Juo *et al*., 1995) Chapman (1966) พบว่า ดินที่มีธาตุฟอสฟอรัส (P) สูงหรือใส่ปุ๋ย P มากจะลดการดูดใช้ธาตุสังกะสี (Zn) หรืออาจทำให้เกิดการขาดสังกะสีในพืช สำหรับธาตุโพแทสเซียม (K) ในรายงานของ Ulrich and Ohki (1966) รายงานว่าการใช้ปุ๋ย K ในปริมาณที่มาก สามารถชักนำให้การดูดใช้ธาตุอาหารอื่นๆน้อยลง ได้แก่ ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุสังกะสี (Zn) และธาตุเหล็ก (Fe) ถ้ามีการสะสม Kในดินมากจะทำให้เกิดการขาดแมงกานีสได้ วิวัฒน์ และสุรพล (2548) ศึกษาผลกระทบจากอิทธิพลของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในนาข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ใส่ต่อเนื่องนาน 34 ปี ต่อสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตราสูงขึ้น pH ของดินจะลดลง และจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อใส่ในอัตราสูง การใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แอมโมเนียมซัลเฟตในอัตราสูงขึ้น ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของ P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ได้ในดินจะน้อยลง ส่วนปริมาณของ K_2O ที่สกัดได้ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย สุวพันธ์และคณะ (2548) ได้ทดลองในดินร่วนทรายกรดจัดชุดหุบกะพง จ.เพชรบุรี ในปี พ.ศ. 2543 -2545 พบว่าปุ๋ยเคมีอัตรา 3-9-6 ($N-P_2O_5-K_2O$) กก./ไร่ เพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้ 46-52% ในปีแรก และยังมีผลตกค้างต่อการเพิ่มผลผลิตในปีถัดไปได้อีก 2 ปี โดยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 27% และ 24% ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมีซ้ำในปีต่อมา ไม่ทำให้ผลผลิตแตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวในปีแรก การใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น

การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของถั่วเหลืองฝักสด

ผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถส่งตลาดได้จะต้องมีจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่ต่ำกว่า 2-3 เมล็ด และฝักไม่มีการถูกทำลายโดยแมลงและโรค จากผลการวิจัยของ AVRDC พบว่า ผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถส่งตลาดได้ ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าผลผลิตฝักทั้งหมด Lal *et al.* (2008) ได้แนะนำการแบ่งใส่ปุ๋ยครั้งแรก ที่อัตรา 20 กก. N /เฮคตาร์ ร่วมกับ 25 กก. K_2O/เฮคตาร์ ที่ระยะออกดอกเพื่อส่งเสริมการติดฝักในปริมาณที่สูง และการแบ่งใส่ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยอัตรา 20 กก.N/เฮคตาร์ ที่ระยะเริ่มติดเมล็ดส่งเสริมการเพิ่มขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด Liang (1990) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 100 กก./เฮกตาร์ โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละเท่าๆกัน ที่ระยะปลูกและที่ระยะออกดอก ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด จำนวน 5 พันธุ์ ที่สามารถส่งตลาดได้เพิ่มขึ้น 25% ในขณะที่ผลผลิตฝักสดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 5 % และเปรียบเทียบตำรับควบคุมและจากงานทดลองของ (Maneechote, 1991) พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 320 กก./เฮกตาร์ จำนวน 2 ครั้ง ทั้งที่ระยะปลูกรองก้นหลุม และที่ระยะ 10 วันหลังงอก และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่สอง ที่ระยะ 20 วันหลังงอกโดยใช้ปุ๋ย 13-13-21 ในอัตรา 320 กก./เฮกตาร์ ส่วนที่ระยะ 45 วันหลังงอก ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ในอัตรา 320 กก./เฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถส่งตลาดเพิ่มขึ้น 44% ส่วนปริมาณผลผลิตทั้งหมดเพิ่มขึ้น 38% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเลย และการทดลองของ Ying (1990) ศึกษาการตรึงไนโตรเจนในถั่วเหลืองที่ปลูกในระบบตามหลังข้าว พบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวหรือถั่วเหลืองจะทำให้ต้นถั่วตรึงไนโตรเจนได้มากขึ้น เมื่อไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย ถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนได้ 122 กก/เฮคตาร์ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25 -50 กก./เฮคตาร์ ให้กับถั่วเหลืองที่ปลูกตามหลังข้าวโดยไม่ได้ใส่ปุ๋ย ให้ผลใกล้เคียงกับผลตกค้างของไนโตรเจน 100 -300 กก./เฮคตาร์ ที่ใส่ให้กับข้าว ทำให้ถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 132 – 140 กก./เฮคตาร์ การให้ปุ๋ยไนโตรเจน 25-50 กก/เฮคตาร์ แก่ถั่วเหลืองที่ปลูกตามหลังข้าวที่ได้รับปุ๋ยแล้ว 100 กก./เฮคตาร์ จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่มีผลต่อการตรึงไนโตรเจน แต่ในกรณีที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนแล้ว 300 กก./เฮคตาร์ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ถั่วเหลืองอีกจะทำให้การตรึงไนโตรเจนลดลง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากทำให้การเกิดปมในถั่วเหลืองลดลง

ความต้องการไนโตรเจนของถั่วเหลือง

Gan *et al*. (1997) รายงานผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองฝักสด เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 25 กก. N /เฮกตาร์ สำหรับรองพื้นปลูกเพียงครั้งเดียว ส่งผลให้ถั่วเหลืองฝักสดมีสัดส่วนไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงสุด การจัดการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะV2 (12 วันหลังปลูก) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Gan *et al*., 2002) และส่งผลดีต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่ว (Gan *et al*., 2003) เมื่อพิจารณาตลอดฤดูกาลปลูกถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนโดยเฉลี่ย 84% ในช่วงที่ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ เป็นช่วงที่ต้นถั่วมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (DeMooy and Suthetland, 1979) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณเล็กน้อยในช่วง 2 สัปดาห์หลังงอก จะกระตุ้นให้เกิดการสร้างปม (Hatfield *et al*., 1974 ; Tran,1997) ระยะก่อนออกดอกเป็นอีกระยะหนึ่งที่ถั่วเหลืองต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าที่ได้รับจากดินหรือจากการตรึงไนโตรเจน จากการศึกษาของ DeMooy *et al*. (1973) พบว่า การขาดไนโตรเจนในช่วง 2-4 สัปดาห์ก่อนการออกดอก ทำให้ถั่วเหลืองที่ปลูกในทราย มีผลผลิตลดลงมากกว่าการขาดไนโตรเจนในระยะอื่น สำหรับการขาดไนโตรเจนในช่วง 2 สัปดาห์หลังการออกดอก ไม่มีผลทำให้ผลผลิตลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Gan (1993) พบว่า ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองฝักสดในจังหวัดเชียงใหม่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25 กก.N/เฮกตาร์ ก่อนปลูกให้ผลผลิตฝักต่ำสุด การเพิ่มปุ๋ยแต่งหน้า 50 กก./เฮกตาร์ ในระยะดอกบานจะเพิ่มผลผลิตเพียงเล็กน้อย แต่การเพิ่มปุ๋ยแต่งในปริมาณเดียวกันที่ระยะ V1.5 ทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดมาตรฐานเพิ่มขึ้นมากกว่า 40% ส่วนการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 คือ 25 กก./เฮกตาร์ ที่ระยะดอกเริ่มบาน ทำให้ผลผลิตฝักสดเพิ่มขึ้นไปอีก สำหรับระยะเวลาในการให้ปุ๋ย การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะระหว่างการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive stage) ซึ่งเป็นช่วงที่ถั่วเหลืองฝักสดมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูงที่สุด เพื่อนำไปสร้างโปรตีนในเมล็ด เป็นช่วงที่มีผลกระทบต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนมากที่สุด(Gan *et al*.,1997) รายงานของ Brevendan *et al*.(1978) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ช่วยลดการที่ดอกผสมไม่ติดได้ถึง 55 และ 45 % การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงออกดอกในอัตรา 168 กก/เฮกตาร์ ในช่วงต้นของการออกดอก และช่วงสิ้นสุดดอกบาน และการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระยะ เพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพไร่นาได้ถึง 28% และถั่วเหลืองที่ปลูกในเรือนทดลองเพิ่มผลผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ 33 % โดยการเพิ่มผลผลิตเป็นผลมากจากการเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อต้น และบางครั้งเพิ่มขนาดของเมล็ดด้วย ที่ระยะติดเมล็ด (R4) เป็นระยะที่สำคัญสำหรับการให้ผลผลิตเมล็ด โดยเฉพาะระยะ R4.5 หรือระยะเกิดฝัก ระยะสุดท้ายรวมทั้งระยะระยะ R5.5 หากระยะนี้มีการขาดธาตุอาหาร จะทำให้จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ตลอดจนขนาดเมล็ดลดลง

กระบวนการตรึงและการลำเลียงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว

พืชตระกูลถั่วมีความสามารถที่จะใช้ประโยชน์จากก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศเพื่อสร้างการเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ด้วยการทำงานร่วมกับแบคทีเรียไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในปมรากถั่ว ตำแหน่งของการตรึงไนโตรเจนอยู่บริเวณแบคทีรอยด์ (bacteroid fraction) มีเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ที่มีความสามารถกระตุ้นการลดออกซิเจนของก๊าซไนโตรเจน (N_2) และเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม(NH_4)ได้ (Zhang and Smith, 2002) เอนไซม์ไนโตรจีเนสภายในแบคทีรอยด์มีความไวต่อก๊าซออกซิเจนเป็นอย่างมาก ปมรากถั่วป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนจาก rhizosphere เข้าไปยังปมรากถั่วโดยมีอาศัยน้ำอยู่ระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ผิวของปมรากถั่ว เป็นตัวป้องกันก๊าซออกซิเจนในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ไนโตรจีเนส (Kuzma *et al.*, 1999) นอกจากนี้ ปมรากถั่วมีเม็ดสีแดงที่เรียกว่า Leghemoglobin มีหน้าที่ให้ก๊าซออกซิเจนแก่แบคทีเรียที่อยู่ในปมของรากถั่ว และช่วยรักษาระดับของก๊าซออกซิเจน ให้มีอยู่ในแบคทีเรียในปริมาณที่เหมาะสม เพราะหากมีระดับของออกซิเจนอยู่ในปริมาณที่สูงเกินไปแล้วจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนสจะลดประสิทธิภาพลงไป (จักรี, 2539) การทำงานของโรโซเบียมในการตรึงไนโตรเจน เป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานโดยมีเอนไซมไนโตรจีเนสเป็นตัวสำคัญที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ใช้ ได้แก่ สารคาร์โบไฮเดรทที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะส่งผ่านทางท่ออาหารเข้าสู่ปมรากถั่ว Shanmugam *et al.* (1978) อ้างโดย พงษ์พันธุ์ (2538) พบว่าการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจน 1 โมเลกุลไปเป็นแอมโมเสียต้องใช้พลังงานจากสาร ATP 15-30 หน่วย แอมโมเนียจะถูกปลดปล่อยเข้าสู่ไซโตโซลของพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น เอไมด์ กรดอะมิโน และยูรีไอด์ ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกขับสู่ท่อ xylem ของราก และเคลื่อนสู่ส่วนต่างๆของพืชต่อไป การอยู่ร่วมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียมจึงเป็นการอยู่แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน คือ ต้นถั่วให้คาร์โบไฮเดรทแก่ไรโซเบียมแลกเปลี่ยนกับไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง ถึงแม้แอมโมเนียม เป็นผลิตผลแรกที่เกิดจากกิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนส โดยการพึ่งพาของแบคทีรอยด์ แต่ผลผลิตที่เกิดจากแบคทีเรีย *Bradtrhizobium japonicum* ไนโตรเจนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือ alanine มีจำนวนค่อนข้างมากกว่าแอมโมเนียม (Göttfert *et al.*,2000) ในน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นที่อยู่ในระบบท่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Xylem ของถั่วที่ได้ไนโตรเจนโดยการตรึงจากอากาศเพียงแหล่งเดียว จะมีสารประกอบไนโตรเจนหลายชนิดที่พบ แต่มีอยู่ 2 ชนิดที่มีความสำคัญเด่นชัดในการลำเลียงไนโตรเจนจากปมสู่ต้นและใบในถั่วเมืองร้อนส่วนใหญ่ เช่น ถั่วเหลือง ไนโตรเจนที่ตรึงได้จะถูกลำเลียงขนส่งออกจากปมในรูปยูรีไอด์ (Ureide) อันประกอบด้วย Allantoin และ Allantoic acid (People *et al*.,1989 , Millor and Werner,1990) สำหรับถั่วบางกลุ่มไนโตรเจนที่ตรึงได้จะถูกลำเลียงออกจากปมในรูปเอไมด์ (Amides) อัสปาระจิน (Asparagine) และกลูตามิน (Glutamine) ดังเช่น ถั่วลิสง เป็นต้น (People *et al*.,1989)

วิธีการประเมินค่าการตรึงไนโตรเจน (People *et al.*,1989)

การวัดปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้เป็นวิธีที่บ่งชี้ระดับประสิทธิภาพระบบการตรึงไนโตรเจนในเชิงปริมาณ วิธีการประเมินการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วมีหลายวิธี ได้แก่

1. วิธี Acetylene reduction assay (ARA) เป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการวินิจฉัยการทำงานของระบบเอนไซม์ไนโตรจีเนส เนื่องจากเป็นเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน อาศัยหลักการจากระบวนการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนส ซึ่งมีการส่งผ่านอิเล็กตรอน โดยมี N_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน N_2จึงถูกรีดิวซ์เปลี่ยนเป็น NH_3 เมื่อใส่ก๊าซอะเซททีลีน (C_2H_2) เข้าไปเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่ง C_2H_2 จะถูกรีดิวซ์เปลี่ยนเป็น C_2H_4 ซึ่งการวิเคราะห์ก๊าซ C_2H_2 และ C_2H_4 ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องจำแนกก๊าซ (Gas Chromatograph) ปริมาณ C_2H_4 ที่เกิดขึ้นนำมาประเมินการทำงานของไนโตรจีเนสหรือการตรึงไนโตรเจนได้
2. วิธีไอโซโธป ^{15}N เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ประเมินค่าการตรึงไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาศัยหลักการที่เกี่ยวข้องการระดับ ^{15}N กล่าวคือ ถั่วที่ไม่ตรึงไนโตรเจนเลยจะมีสัดส่วน ^{15}N เช่นเดียวกับพืชอ้างอิงที่ไม่ตรึงไนโตรเจน เพราะไนโตรเจนทั้งหมดต้องมาจากดิน ถ้าถั่วได้ไนโตรเจนจากการตรึงมากขึ้นสัดส่วน ^{15}N ในถั่วก็จะลดลง เนื่องจากถูดทำให้เจือจางลงด้วยไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศซึ่งมี ^{15}N ต่ำกว่าในดิน สัดส่วน ^{15}N จะลดลงเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับสัดส่วนไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศ
3. การวิเคราะห์ยูรีไอด์ จากน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นที่ได้จากการซึมออกจากตอถั่ว (root-bleeding xylem sap การสกัดจากเนื้อเยื่อ (Extraction from shoot axes) หรือการดูดออกจากต้นด้วยปั๊มลม (vacuum-extracted xylem sap) ถั่วที่ได้ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงจะอยู่ในรูปยูริไอด์เป็นส่วนใหญ่ ในถั่วที่ดูดไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากดินมากและได้ไนโตรเจนจากการตรึงน้อย ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปยูริไอด์จะลดลง ในขณะที่ไนโตรเจนในรูปไนเตรทจะเพิ่มขึ้น (Neves *et al*., 1985; Patterson and La Rue 1983; Thomas *et al*., 1984; van Burkum *et al*., 1985 อ้างโดย People *et al*.,1989) การวิเคราะห์ยูรีไอด์เป็นเพียงดัชนีที่บ่งถึงระดับการตรึงไนโตรเจนเท่านั้น แต่มิได้ใช้ในการวัดปริมาณไนโตรเจนที่ถั่วตรึงได้ แต่เมื่อนำมาความสัมพันธ์มาตรฐานระหว่างองค์ประกอบน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นและการตรึงไนโตรเจน ที่ได้สร้างขึ้นจากถั่วที่ปลูกในเรือนกระจกมาใช้วัดปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ตลอดฤดูปลูกในสภาพไร่นา ก็พบว่าได้ค่าใกล้เคียงกับวิธี ^{15}N (Herride *et al*., 1990b)

วิธีการวัดการตรึงไนโตรเจนควรทำควบคู่กันไปกับการวัดข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดปม การประเมินการเกิดปม เป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนวิธีหนึ่ง ที่สามารถวัดได้ง่ายในการทดลองในแปลง และมีประโยชน์เมื่อใช้ร่วมกับการวัดปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดปมอาจวัดได้จาก เวลาการเกิดปม จำนวนปม ขนาด น้ำหนัก สีของเนื้อเยื่อในปม การกระจายในระบบราก และอายุการทำงาน (People *et al*., 1989)

ปัจจัยที่มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง

พันธุ์ถั่วเหลือง

Peoples *et al*.(1995) พบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ การจัดการให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตสูงโดยการให้ปัจจัยการผลิตสมบูรณ์ที่สุด และแนวทางการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงขึ้น Patterson and La Rue (1983) อ้างโดย มนกฤตย์ (2538) พบการสะสมไนโตรเจนของถั่วเหลืองพันธุ์อายุยาวมีแนวโน้มสะสมไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่าพันธุ์อายุสั้น อีกทั้งมีโอกาสถ่ายเทสารประกอบไนโตรเจนที่ได้จากการสะสมในส่วนของลำต้นและใบไปสู่เมล็ดได้มาก ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่มากกว่า (Egli *et al*.,1987 อ้างโดย มนกฤตย์, 2538) นอกจากนี้มีรายงานว่า พันธุ์ที่มีการเจริญแบบทอดยอด สามารถได้รับไนโตรเจนจากการตรึงประมาณ 25-50% ของไนโตรเจนสะสมทั้งหมด และการตรึงไนโตรเจนส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วงการเจริญทางแพร่ขยายพันธุ์ สำหรับพันธุ์ที่มีการเจริญแบบไม่ทอดยอด ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีประมาณ 75-90% ของไนโตรเจนสะสมทั้งหมด และการตรึงไนโตรเจนส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วงการเจริญทางลำต้นและใบจนถึงระยะออกดอก ถั่วเหลืองต่างสายพันธุ์มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้แตกต่างกัน Gan (1993) ศึกษาการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในถั่วเหลืองฝักสด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ต่างกันบ้างเล็กน้อยในถั่วเหลืองฝักสดสองพันธุ์ เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพียง 25 กก./เฮคตาร์ พันธุ์ 301 ตรึงไนโตรเจนได้ 125 กก./เฮคตาร์ และ พันธุ์ AGS292 ตรึงไนโตรเจนได้ 113 กก./เฮคตาร์ มนกฤตย์ (2538) ศึกษาการตรึงและการสะสมไนโตรเจนในถั่วเหลือง เมื่อวัดปริมาณการตรึงไนโตรเจนที่ได้ในระหว่างการเจริญ V6 จนถึง R6 พบว่าถั่วเหลืองสี่พันธุ์มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงแตกต่างกัน พันธุ์สข.1 และชม.60 มีปริมาณการตรึงไนโตรเจนเฉลี่ยไม่ต่างกัน คิดเป็นสัดส่วน 59.3 และ 60.6% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์สจ.5 และมช. 001 มีปริมาณการตรึงไนโตรเจน คิดเป็น 48.3 และ 34.2% ตามลำดับ

ปุ๋ยไนโตรเจนและไนโตรเจนที่อยู่ในดิน

ถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจนในปริมาณมาก ในกรณีที่ดินนั้นมีไนโตรเจนปริมาณต่ำภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย (Herridge and Bergersen 1988) ในทางตรงกันข้าม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากมีผลต่อการพัฒนาของปมและการตรึงไนโตรเจนลดลงจนทำให้ผลผลิตในแปลงพืชน้อยลงในที่สุด อย่างไรก็ตาม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอาจจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการตรึงไนโตรเจนได้ (Ganeshamurthy and Reddy, 2000 ; Gan, 1993 ; Tran,1997) สอดคล้องกับรายงานของ Gibson and Harper (1985) ที่ได้รายงานผลของดินที่มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับสูงจะมีผลยับยั้งการเกิดปมของพืชตระกูลถั่ว และทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนมีค่าน้อยลง จากสภาพการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของเชื้อแบคทีเรียในปมรากถั่วเป็นกระบวนการที่ไว(sensitive)ต่อปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง มีผลทำให้การเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนลดลง กรณีถ้ามีไนเตรตอยู่ในดินมาก จะไปขัดขวางไรโซเบียมในการเข้าสู่รากถั่ว โดยทำให้โมเลกุล IAA สลายตัวไป ทำให้กระบวนการสร้างหรือการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆที่จำเป็นต่อการเข้าสู่รากถั่วของไรโซเบียมไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อย (ธงชัย, 2546) จากรายงานของ Harridge and Peoples (1990) พบว่าการตรึงไนโตรเจนจะมีเพียง 6% หรือประมาณ 16 กก.Nต่อเฮกตาร์ ในกรณีที่ดินมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 260 กก.Nต่อเฮกตาร์ และการตรึงจะเพิ่มขึ้นเป็น 34% หรือ 78 กก.Nต่อเฮกตาร์ ถ้าหากดินมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 70 กก.N/เฮกตาร์ Tran (1997) รายงานว่าผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจะขึ้นอยู่กับปริมาณและช่วงเวลาการใส่ปุ๋ย ถั่วเหลืองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสามารถตรึงไนโตรเจน 62 กก./เฮกตาร์ การใส่ปุ๋ยรองพื้นระยะก่อนปลูก 25 กก./เฮกตาร์ สามารถเพิ่มปริมาณการตรึงไนโตรเจน 15% แต่ถ้าใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจน 50 กก./เฮกตาร์ ปริมาณการตรึงไนโตรเจนจะลดลง 15% การใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กก./เฮกตาร์ โดยแบ่งใส่ครั้งละ 25 กก./เฮกตาร์ ใส่รองพื้นในระยะก่อนปลูก และระยะ R1 หรือ R4.5 พบว่าปริมาณการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณ 53% อย่างไรก็ตามถ้ามีการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าในระยะก่อน R1 ปริมาณการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเพียง 15 % ซึ่งมากกว่าปริมาณการตรึงไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกในอัตราเดียวกัน การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าอัตรา 50 กก./เฮกตาร์ ที่ระยะ R1 หลังจากที่ใส่ปุ๋ยรองพื้น 25 กก./เฮกตาร์ ในระยะก่อนปลูก ปริมาณการตรึงไนโตรเจนจะเท่ากับ 9% ซึ่งจะต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า 25 กก./เฮกตาร์ ในระยะ R1 ส่วนการชะลอการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า 25 กก./เฮกตาร์ หรือ 50 กก./เฮกตาร์ ในระยะ R4.5 การตรึงไนโตรเจนจะให้ผลเหมือนกัน สำหรับงานทดลองของ Gan *et al*., 2003 รายงานการศึกษาถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ You 91-90 ต่อกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งปมรากถั่ว พบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ยที่ระยะ V2 อัตรา 8.0 กิโลกรัมN/ไร่ ส่งผลให้น้ำหนักปมที่ระยะออกดอกมีค่า 0.15 กรัมต่อต้น มีค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์เท่ากับ 35.3 % การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทั้งต่อการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณการตรึงไนโตรเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและช่วงเวลาการใส่ปุ๋ย กล่าวคือไม่ทั้งหมดของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จะมีผลกระทบต่อการตรึงไนโตรเจน ในดินที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ การใส่ปุ๋ยเริ่มต้นเพียง 5-10 กก. N/เฮกตาร์ สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการพัฒนาปมถั่วได้ในระยะแรก จนกระทั่งการตรึงไนโตรเจนส่งผลให้ผลผลิตสูงขึ้นในที่สุด (Atkins, 1986)

ความเป็นกรดด่างของดิน

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะมีผลต่อการเจริญของไรโซเบียมอิสระในดินและการตรึงไนโตรเจน พบว่า การตรึงไนโตรเจนจะเกิดขึ้นได้สูงถ้าหากดินมี pH อยู่ในช่วง 5-8 ถ้าหาก pH ต่ำกว่า 5 จะมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมีอยู่น้อยมากซึ่งการเข้าสู่รากของไรโซเบียมนั้นต้องการธาตุแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่สูงกว่า 0.5 mM เพื่อใช้ในกิจกรรมของเอนไซม์ Pectinase ในการย่อยสลายผนังเซลล์รากขนอ่อน (สมศักดิ์, 2525) ถ้าหากดินเป็นกรดมากเกินไปจะมีผลทำให้ธาตุอาหารบางชนิด เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ละลายออกมาจนถึงขั้นที่เป็นพิษต่อไรโซเบียมและพืชปลูกได้ กล่าวคือสภาพความเป็นกรดของดินอาจจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มปริมาณและการเข้าสร้างปมของไรโซเบียม แต่อย่างไรก็ตามถ้าดินที่เป็นกรดได้มีการปรับสภาพ ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ให้อยู่ประมาณ 6.5 ด้วยปูนขาวก็จะช่วยให้ไรโซเบียมสร้างปมได้ดีขึ้น และทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นมากขึ้น (นันทกร , 2529)

เชื้อแบรดี้ไรโซเบียม

แบรดี้ไรโซเบียม (Bradyrhizobium)สามารถสร้างปมรากในถั่วเหลืองอย่างเฉพาะเจาะจงและมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน แบรดี้ไรโซเบียมเป็นพวกเจริญช้า ได้แก่ *Bradyrhizobium japonicum* และ *Bradyrhizobium elkani* (Zhang and Smith, 2002) การทดลองในประเทศอินโดนีเซีย การปลูกถั่วเหลืองหลังจากปลูกข้าวไม่ตอบสนองต่อการคลุกเชื้อแบรดี้ไรโซเบียม ถึงแม้ว่าพื้นที่ทดลองนี้ไม่ได้ปลูกถั่วมามากกว่า 5 ปี ปมรากถั่วสามารถเกิดขึ้นได้ดีในแปลงที่ไม่ได้คลุกเชื้อ (Pasaribu and Mclntosh, 1986) ปริมาณและประสิทธิภาพของเชื้อไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน การปลูกถั่วเหลืองฝักในพื้นที่เปิดใหม่ต้องมีการคลุกเชื้อไรโซเบียม ในอัตรา 10 กรัม/กก. เพื่อส่งเสริมในเกิดปมรากถั่วและการตรึงไนโตรเจนในปมรากถั่ว แต่โดยปกติการคลุกเชื้อไรโซเบียมไม่มีความจำเป็นต้องใส่ในพื้นที่ที่เคยปลูกถั่วเหลืองฝักสดมาก่อน (Lal *et al*., 2008) การที่พืชตระกูลถั่วจะตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมหรือไม่ขึ้นกับประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่เดิมในดิน และความสามารถของเชื้อไรโซเบียมที่ใช้คลุกเมล็ดในการแข่งขันกับเชื้อที่มีอยู่เดิมในดิน (Singleton and Tavares, 1986 อ้างโดย ยุทธนา, 2538) จากผลการทดลองของ Theis *et al*.(1991) รายงานว่าเมื่อดินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และหากในดินเดิมมีปริมาณเชื้อไรโซเบียมเพิ่มขึ้นจะทำให้พืชตระกูลถั่วมีการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมลดลง จากการศึกษาถึงปริมาณของเชื้อไรโซเบียมต่อการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมโดยการทดลองในเรือนทดลอง พื้นที่ใดที่มีเชื้อไรโซเบียมมากกว่า 20 เซลล์ต่อกรัม และเชื้อมีประสิทธิภาพดี พื้นที่นั้นจะไม่ตอบสนองต่อการคลุกเชื้อ จากการทดลองของ สมศักดิ์ (2549) ทดสอบเทคโนโลยีการคลุกเชื้อไรโซเบียม การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเหลืองฝักสด การใส่ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดิน การพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูตามชนิดของศัตรูพืชด้วยอัตราที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ กรมวิชาการเกษตรทำการทดลองประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพที่คลุกไรโซเบียมและไม่คลุกไรโซเบียมโดยเป็นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราระหว่าง 0-56 กก.ต่อไร่ ทำการวัดประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการตรึงไนโตรเจนโดยวิธีการ ^{15}N ทำการทดลองจำนวน 2 แปลงในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและต่ำ พบว่าผลผลิตในแปลงที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงการตอบสนองของปุ๋ยจะหยุดลงเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตรา 16 กก.ต่อไร่ ในขณะที่แปลงที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่า สำหรับการตอบสนองต่อการใช้ไรโซเบียมไม่เห็นอย่างชัดเจน อาจเนื่องจากในดินที่ทำการทดลองมีการปลูกถั่วเหลืองฝักสดมาเป็นระยะเวลานาน สมศักดิ์ (2549) รายงานผลการศึกษาของกรมวิชาการเกษตรทดสอบสายพันธุ์ไรโซเบียมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 การใช้ไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA19014 และ DASA19017 ให้ผลผลิตรวมใกล้เคียงกันคือ 3,027 และ 2,920 กก./ไร่ ตามลำดับ และให้น้ำหนักฝักดีไปในทิศทางเดียวกัน คือ 725 และ 797 กก./ไร่ สำหรับประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนให้ค่าสูงสุดเมื่อใช้ไรโซเบียมแบบผสม ซึ่งตรึงไนโตรเจนได้ 519 nmol/plant

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง

ในพื้นที่ Yogyakarta ประเทศอินโดนีเซีย ทำการทดลองปลูกถั่วเหลือง มีการคลุกเชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยในอัตรา 60 กก.N/เฮคตาร์ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ 12.3 % เมื่อเทียบกับถั่วเหลืองที่มีการคลุกเชื้อเพียงอย่างเดียว (Pasaribu and Mclntosh, 1986) การใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลืองฝักสด Hung *et al.* (1991) รายงานจำนวนและสัดส่วนของปมที่มีประสิทธิภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จากการทดลองในช่วง 30 วันหลังปลูก ถั่วเหลืองที่ใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมได้รับปุ๋ยแต่งหน้าในอัตรา 20 กก.N/เฮคตาร์ มีสัดส่วนของปมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 55.3% ซึ่งสูงกว่าถั่วเหลืองที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กก.N/เฮคตาร์ ส่วนในช่วง 45 วันหลังปลูก จำนวนปมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ถ้าถั่วเหลืองได้รับเชื้อแบรดี้ไรโซเบียมร่วมกันการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กก.N/เฮคตาร์ จากการทดลองสรุปได้ว่าจำนวนปมที่มีประสิทธิภาพของถั่วเหลืองฝักสดจะลดลง หลังจากการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า จากรายงานของ Diep *et al.* (2002) ซึ่งได้ศึกษาการใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ในถั่วเหลืองฝักสด ในดิน Alluvial ประเทศเวียดนาม ผลการศึกษากรรมวิธีการใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมร่วมกับใส่ไนโตรเจนในอัตรา 25 กก.N/เฮคตาร์ หลังจากปลูก 10 วัน และกรรมวิธีเดียวกันแต่ใส่ปุ๋ยหลังปลูก 30 วัน และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวที่อัตรา 100 และ 150 กก.N/เฮคตาร์ พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 4 ตำรับ ไม่ทำให้การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลทำให้การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองฝักสดน้อยลงเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น การตรึงไนโตรเจนกรรมวิธีการใส่เชื้อแบรดี้ไรโซเบียมร่วมกับใส่ไนโตรเจนในอัตรา 25 กก.N/เฮคตาร์ หลังจากปลูก 10 วัน สามารถตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 106 กก.N/เฮคตาร์ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวที่อัตรา 100 และ 150 กก.N/เฮคตาร์ ไนโตรเจนที่ตรึงได้มีค่าประมาณ 92 และ 72 กก.N/เฮคตาร์ ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับลึก ต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนยังมีความจำเป็นต่อการผลิตถั่วเหลืองฝักสดในการส่งออกเพื่อให้ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยในระยะแรกของการเจริญเติบโต หรือระยะก่อนกระบวนการตรึงไนโตรเจนจะเริ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะนี้จะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น แต่พบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยการหว่านลงบนผิวดินในปริมาณที่มาก ส่งผลให้จำนวนปม และกระบวนการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองลดลง(Ying, 1990) การศึกษาของ Gan (1993) พบว่าที่ระยะ V4 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักปมเพิ่มขึ้น แต่หลังจากระยะนี้โดยเฉพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อดอกเริ่มบาน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักปมลดลง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อปริมาณยูริไอด์สัมพัทธ์ ซึ่งบ่งถึงระดับการตรึงไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน การจัดการอัตรา เวลาและระดับความลึกของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสามารถปรับปรุงปริมาณไนโตรเจนในดินโดยการตรึงไนโตรเจนได้ (Takahashi *et al*., 1992) ระดับความลึกของรากที่ทำหน้าที่ตลอดอายุการเจริญเติบโตมักเป็นรากที่อยู่ในระดับความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร การจัดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับความลึกมากกว่าระดับที่รากทำงาน เพื่อให้รากของพืชไม่สัมผัสกับปุ๋ยโดยตรง น่าจะทำให้ปมรากถั่วสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ จากการศึกษาเปรียบเทียบระดับความลึกของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (lime nitrogen) 4 ระดับ คือ 20, 15, 10 เซนติเมตร จากผิวดิน และการหว่านลงบนผิวดิน (กรรมวิธีควบคุม) พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (100 กก.N/เฮคตาร์) ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรให้ผลผลิตสูงสุด (69, 59, 57 และ48 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ดพันธุ์จากน้ำหนักแห้งพบว่าที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์สูงสุดเช่นกัน (45, 33, 37 และ 24 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ด้วยเหตุนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับลึกจึงมีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิต และการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เมื่อพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากการทดลองของ Tewari *et al*. (2006) ซึ่งได้ศึกษาผลของอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า (slow-release fertilizer) ได้แก่ calcium cyanamide ทดสอบ 3 อัตรา คือ 50, 100 และ 200 กก.N/เฮคตาร์ ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ที่มีผลต่อตรึงไนโตรเจน การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง พบว่า ทุกอัตราส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโต และการสะสมไนโตรเจนได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ที่อัตราการใส่ปุ๋ย100 กก.N/เฮคตาร์ มีการเพิ่มกิจกรรมการตรึงไนโตรเจน และมีผลผลิตรวมสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองหลังการเก็บเกี่ยวของการใช้ปุ๋ยในอัตราดังกล่าวมีคุณภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราอื่น อัตราปุ๋ยดังกล่าวน่าจะเป็นอัตราที่เหมาะสมสูงสุดต่อการเจริญเติบโต การตรึงไนโตรเจนและการปรับปรุงผลผลิตของถั่วเหลือง เช่นเดียวกับ Tewari *et al*. (2004) ศึกษาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน ในอัตรา 100 กก.N/เฮคตาร์ ของปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยยูเรียที่ละลายช้า (coated urea) และปุ๋ย calcium cyanamide ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 3 กรรมวิธี ทำให้ถั่วเหลืองที่คลุกเชื้อแบคทีเรียในปมรากถั่ว และปลูกโดยการย้ายกล้าที่เพาะในถ้วยกระดาษที่มีอายุ 10 วันลงปลูกในพื้นที่ มีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยในระดับลึก และยังทำให้เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไปสะสมในต้นพืช มากกว่าตำรับควบคุม การใช้ปุ๋ยยูเรียละลายช้า (coated urea) และปุ๋ยcalcium cyanamide ให้ผลดีกว่าปุ๋ยยูเรียในแง่ของผลผลิต จำนวนฝัก เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด ส่วนยูเรียก็ให้ผลผลิตเมล็ด และจำนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฝักดีกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ในประเทศไทยได้แนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับลึก เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียแบบลึกใต้ผิวดินในชั้นที่ขาดออกซิเจน (reduced layer) ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนโดยลดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการ nitrification-denitrification และสามารถลดการสูญเสียแอมโมเนียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยยูเรียเมล็ดโต (สาคร, 2530 อ้างโดย มุกดา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved