บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง และสรุปผลการวิจัย

1. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิธีอะเซทีลีนรีดักชั่น

ผลจากการทดลองที่พบว่าปมของถั่วซีราโตรที่แยกออกมาจากรากนั้นมีอัตราการตรึงไนโตรเจนต่ำกว่ารากทั้งหมดที่มีปมติดอยู่ด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการขาดสารอาหารที่จะได้รับจากการสังเคราะห์แสงหรือเอ็นไซม์ไนโตรจิเนสของปมถูกสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนทำให้เสื่อมคุณภาพ ซึ่งผลจากการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับรายงานของ Hardy และคนอื่น ๆ (1968) และ Bergersen (1970) อัตราการตรึงไนโตรเจนของรากของถั่วซีราโตรที่มีปมติดอยู่นี้จะเป็นเส้นตรงตลอดระยะเวลา 5 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลานานเมื่อเทียบกับที่พบในถั่วเหลือง (Fishbeck , Evans และ Boerma 1973) ซึ่งจะเป็นเส้นตรงอย่างน้อยที่สุด $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง เอ็นไซม์ไนโตรจิเนสในปมของรากถั่วซีราโตรจะถูกทำให้อิ่มตัวด้วยอะเซทีลีน 0.1 บรรยากาศ เท่ากับที่พบในถั่วเหลือง แต่จะให้ค่า Km ต่ำกว่า เนื่องจากปมของพวกพืชตระกูลถั่วต้องการออกซิเจนในขบวนการสังเคราะห์ATP ซึ่งเป็นพลังงานสำคัญในปฏิกริยาการตรึงไนโตรเจนของเอ็นไซม์ไนโตรจิเนส Criswell และคนอื่น ๆ (1976) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของออกซิเจนต่อการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองพบว่า ออกซิเจนที่ 0.06 – 0.89 บรรยากาศจะมีผลทำให้แอ็คติวิตี้ของเอ็นไซม์ไนโตรจิเนสลดต่ำลง ตั้งแต่ 37 – 98 เปอร์เซนต์ จากการทดลองนี้ก็พบว่าออกซิเจนทำให้แอ็คติวิตี้ของการรีดิวซ์อะเซทีลีนของปมรากถั่วซีราโตรลดต่ำลงเช่นกัน ในการทดลองนี้จึงดัดแปลงวิธีของ Hardy และคนอื่น ๆ (1968) โดยเลือกใช้ตัวอย่างของรากพืชทั้งหมด (รากที่ปมติดอยู่) มาหาการตรึงไนโตรเจนโดยไม่ใส่ออกซิเจนในบรรยากาศของก๊าซที่อินคิวเบท เพราะจะให้ค่าการตรึงไนโตรเจนสูงสุด การหาการตรึงไนโตรเจนโดยวิธีนี้มีข้อดีคือ มีความไวสูงกว่าวิธีอื่น ๆ (Hardy และคนอื่น ๆ 1968) ราคาไม่แพง และเหมาะ–

สมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการหาการตรึงไนโตรเจนใน field ได้ ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือเป็นการวัดการตรึงไนโตรเจนโดยทางอ้อม การคำนวนปริมาณอะเซทีลีนที่ถูกรีดิวซ์ไปเป็นปริมาณไนโตรเจนอาศัยหลักของจำนวนอีเลคตรอนที่ถูกใช้ในปฏิกริยารีดักชั่น โดยทั่วไปแล้วการรีดิวซ์อะเซทีลีน 1 โมเลกุลต้องใช้ 2 อีเลคตรอนและการรีดิวซ์ไนโตรเจน 1 โมเลกุลต้องใช้ 6 อีเลคตรอน ดังนั้นถ้าอะเซทีลีนถูกรีดิวซ์ไป 1 โมเลกุลจะเท่ากับไนโตรเจนถูกรีดิวซ์ไป 3 โมเลกุล

2. ลักษณะการเจริญเติบโตและการเกิดปมของถั่วซีราโตร

จากผลการทดลองนี้พบว่า ถั่วซีราโตรเจริญเติบโตและมีการเกิดปมที่บริเวณรากถั่วได้เร็ว โดยสังเกตจากการสะสมของน้ำหนักแห้งของพืช ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (16 สัปดาห์) และเริ่มตรวจพบปมที่บริเวณราก ในขณะที่ถั่วมีอายุ 3 สัปดาห์ การตั้งตัวและการเกิดปมที่บริเวณรากได้เร็ว โดยอาศัยเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในธรรมชาติของถั่วชนิดนี้ สอดคล้องกับรายงานของนักวิจัยหลายท่าน อาทิเช่น Keo (1967) และ Humphrey (1974) ซึ่งทำให้ถั่วชนิดนี้แพร่หลายได้เร็วขึ้น สำหรับประเทศไทย บุญรักษ์ (2519) รายงานว่าถั่วซีราโตรขึ้นได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นในบริเวณภาคใต้ซึ่งอาจมีปัญหาจากโรคที่เกิดจากเชื้อรา อันเนื่องมาจากฝนตกชุกเกินไป (สายัณห์ 2520) อย่างไรก็ตามถั่วชนิดนี้มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี และสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด (Humphrey 1974, Ostrowski 1966)

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วซีราโตรกับหญ้าโรดแล้ว (ตารางที่ 1, 3) พบว่าน้ำหนักแห้งของพืชทั้ง 2 ชนิดจะใกล้เคียงกันในระยะแรกที่พืชยังอ่อนอยู่ ภายหลังจาก 5 สัปดาห์แล้วถั่วซีราโตรจะมีน้ำหนักแห้งมากเป็น 3 เท่าของน้ำหนักแห้งของหญ้าโรด ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากว่าการเจริญเติบโตของถั่วซีราโตรไม่ขึ้นอยู่กับไนโตรเจนซึ่งอยู่ในดิน ทั้งนี้เนื่องมาจากถั่วซีราโตรสามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยอาศัยเชื้อไรโซเบียมที่บุกรุกเข้าไป ขณะที่หญ้าโรดต้องอาศัยไนโตรเจนทั้งหมดจากดินเท่านั้น ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้มีอยู่ในปริมาณน้อยมาก Henzell (1968) รายงานว่าอัตราของ mineralization ของไนโตรเจนในดินภายใต้สภาพทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์มีน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์ เพราะฉะนั้นจึงทำให้หญ้าโรดเจริญเติบโตได้ช้ากว่าถั่วซีราโตร

3. ปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วซีราโตรและหญ้าโรด

การตรึงไนโตรเจนของถั่วซีราโตรจะตรวจพบได้เมื่อปมเริ่มปรากฏที่ราก ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นอัตราส่วนโดยตรงในขั้นแรกกับจำนวนปมและน้ำหนักปมที่เพิ่มขึ้น แต่กลับจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจากสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งเป็นระยะที่ถั่วเริ่มติดฝัก กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นและการลดลงของการตรึงไนโตรเจนของถั่วซีราโตรก็เป็นไปทำนองเดียวกับที่พบในถั่วอื่น ๆ Lawn และ Burn (1974) ศึกษาในถั่วเหลืองพบว่า การตรึงไนโตรเจนจะลดลงเมื่อถั่วเริ่มออกฝัก วรวิชญ์ และพวก (2520) ศึกษาในถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง พบว่าการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหล่านี้จะลดลงเมื่อฝักของถั่วเริ่มแต่ง คาดกันว่า การลดลงของการตรึงไนโตรเจนนี้เนื่องมาจากมีการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ถ่ายเทไปยังปมราก และส่วนใหญ่ของคาร์โบไฮเดรทจะถูกส่งไปยังส่วนที่ดอกและฝักยังผลให้ส่วนที่ส่งไปยังปมรากลดลง ปริมาณของคาร์โบไฮเดรทเป็นปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพของการตรึงไนโตรเจน Hardy , Havelka และ Holsten(1972) พบว่าประสิทธิภาพของการตรึงไนโตรเจนจะลดลงเมื่อปริมาณคาร์โบไฮเดรทในพืชลดลง Yukimchuk (1957) และ Pate (1958) พบว่าจะมีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อตัดเอาส่วนของตาดอกทิ้งไป การที่ถั่วซีราโตรมีการตรึงไนโตรเจนในช่วงอายุ 12 – 16 สัปดาห์คงที่นั้นอาจเป็นเพราะว่าแบคทีรอยด์ในปมไม่มีการเพิ่มตัวอีกต่อไป สำหรับถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรด ปรากฏว่า การตรึงไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออายุของพืชเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงต่ำเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับที่พบในถั่วซีราโตรที่ปลูกเดี่ยว แสดงว่า การปลูกหญ้าโรด ร่วมไปด้วยน่าจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการตรึงไนโตรเจนด้วย สำหรับหญ้าโรดที่ปลูกเดี่ยวมีการตรึงไนโตรเจนเกิดขึ้นเล็กน้อยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่า ในระยะที่หญ้าโรดเป็นต้นอ่อนนั้นจะมีการหลั่งสารอาหารบางชนิดออกมาที่ผิวรากเป็นตัวดึงดูดให้แบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ และอาศัยเป็นอิสระอยู่ในดินให้มาเกาะอยู่บริเวณรอบ ๆ รากและที่ผิวราก เมื่อหญ้าอายุมากขึ้นจะหยุดการหลั่งสารอาหารเหล่านี้จึงไม่พบการตรึงไนโตรเจนในช่วงอายุหลัง ๆ (Dommergues และคนอื่น ๆ 1972) ปรากฏการณ์นี้พบในหญ้าชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่น Dobereiner (1972) พบว่ารากของหญ้า Paspalum notatum มีการตรึงไนโตรเจนเกิดขึ้นเนื่องจากมีแบคทีเรียชื่อ Azoto-

bacter paspali มาเกาะติดอยู่ที่ผิวรากแบบชั่วคราว (associative symbiosis) แต่ไม่ได้เข้าไปอยู่ในรากของพืชเช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่ว ความแตกต่างระหว่างปริมาณการตรึงไนโตรเจนของถั่วซีราโตร และหญ้าโรดมีมากกว่ากันเกือบ 100 เท่า เป็นเหตุผลสนับสนุนว่า การอาศัยอยู่ร่วมกันแบบถาวรของแบคทีรอยด์ในปมรากกับต้นถั่วเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาให้พืชใช้ได้ อย่างไรก็ตามมีความปรวนแปรเกิดขึ้นมากในค่าการตรึงไนโตรเจนที่วัดได้ ซึ่งเป็นค่าปรวนแปรที่อาจไม่ได้ปฏิภาคโดยตรงกับประสิทธิภาพของการตรึงไนโตรเจน มีรายงานว่า ปัจจัยหลายอย่างมีผลโดยตรงต่อการตรึงไนโตรเจน เช่น ผลสืบเนื่องจากการเก็บตัวอย่างโดยการชะดินทิ้งด้วยน้ำเป็นเวลานาน ๆ ก็อาจชักนำให้เกิดภาวะ water stress ในปม Sprent(1971) รายงานว่า water stress จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีรอยด์ลดลง ปัจจัยอื่น ๆ นอกจากนี้ได้แก่ ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างก่อนมาทำการทดลอง และอุณหภูมิขณะทำการทดลอง Hardy และคนอื่น ๆ (1968) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิและแสงสว่าง จะมีผลต่อประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนในถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการปรวนแปรของการตรึงไนโตรเจนในแต่ละวันด้วย ในการทดลองนี้จึงไม่คำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตรึงได้จากค่าแอ็คติวิตี้ทั้งหมดของการรีดิวร์อะเซทีลีนที่วัดได้ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดเนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ถึงแม้กระนั้นก็ตามการตรึงไนโตรเจนก็มีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช เพราะน้ำหนักแห้งของถั่วซีราโตรมีค่าสูงกว่าของหญ้าโรดเสมอ

4. ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปมหรือน้ำหนักปมสดกับการตรึงไนโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่าจำนวนปมกับปริมาณการตรึงไนโตรเจนไม่เป็นปฏิภาคกันโดยตรง ตรงกันข้ามกับน้ำหนักสดของปมที่มีกระจายตัวสัมพันธ์กับการกระจายของแอ็คติวิตี้ทั้งหมดของการรีดิวร์อะเซทีลีนที่วัดได้ ดังนั้นจึงอาจใช้น้ำหนักปมบ่งชี้ถึงปริมาณการตรึงไนโตรเจนได้ Dobereiner (1966) ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ในถั่วเหลืองพบว่า น้ำหนักปมของถั่วเหลืองเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าลอการิทึมของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการตรึงปมราก อย่างไรก็ตามน้ำหนักปมก็ไม่ใช่ตัวบ่งชี้ที่ดีนักสำหรับจะคำนวณหาปริมาณการตรึงไนโตรเจน

5. ดรรชนีแสดงคุณค่าทางอาหารของถั่วซีราโตรและหญ้าโรด

การที่เปอร์เซนต์โปรตีนในใบของต้นถั่วซีราโตรทั้งที่ปลูกเดี่ยว และปลูกร่วมกับหญ้าโรดมีการเปลี่ยนแปลงทางการกระจายของเปอร์เซนต์โปรตีนในใบกับอายุเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดระยะการทดลอง ขณะที่ค่าการกระจายของเปอร์เซนต์ไนโตรเจนกับอายุของถั่วแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย จึงไม่สามารถจะใช้เป็นดรรชนีที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารของถั่วซีราโตรได้ ตรงกันข้ามกับหญ้าโรดทั้งที่ปลูกเดี่ยวและที่ปลูกร่วมกับถั่วซีราโตรที่ค่าการกระจายของเปรอ์เซนต์โปรตีนในใบและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดกับอายุซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ต่ำลงเรื่อย ๆ ดังนั้นค่าทั้งสองจึงใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณค่าทางอาหารของหญ้าโรดจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อหญ้าแก่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของถั่วซีราโตร และหญ้าโรดจากระดับของเปอร์เซนต์โปรตีน จะเห็นได้ว่าถั่วซีราโตรมีความได้เปรียบทางคุณค่าอาหารที่สูงกว่าหญ้าโรดเกือบตลอดอายุการปลูก ยกเว้นแต่ในช่วงที่ยังเป็นต้นอ่อนเท่านั้นที่มีค่าเปอร์เซนต์โปรตีนใกล้เคียงกันมาก ในการเลี้ยงสัตว์เพื่อให้สัตว์ได้รับคุณค่าจากพืชอาหารสัตว์เต็มที่นั้นควรปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็มพืชนั้น ขณะที่มีระดับเปอร์เซนต์โปรตีนสูงสุด โดยปกติทั่วไปแล้วเปอร์เซนต์โปรตีนหยาบในพืชที่เหมาะสมจะใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีไม่ควรต่ำกว่า 9 เปอร์เซนต์ (Technical Commitee of the Agricultural Research Council , UK 1965) หรือคิดเป็นเปอร์เซนต์ไนโตรเจนแล้วไม่ต่ำกว่า 1.4 เปอร์เซนต์ไนโตรเจน จากผลของการทดลองพบว่า ตลอดช่วงระยะเวลา 16 สัปดาห์ เปอร์เซนต์ไนโตรเจนของถั่วซีราโตรเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ขณะที่หญ้าโรดที่อายุ 8 สัปดาห์จะให้เปอร์เซนต์โปรตีนต่ำกว่าค่าวิกฤต เพราะฉะนั้นถ้าต้องการให้สัตว์ได้รับโปรตีนเพียงพอจะต้องให้สัตว์เข้าแทะเล็มหญ้าโรดเมื่ออายุไม่เกิน 5 สัปดาห์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะทำไม่ได้ เนื่องจากหญ้าโรดยังตั้งตัวไม่ดีพอ และให้ผลผลิตต่ำอยู่ ดังนั้นการปลูกถั่วผสมกับหญ้าจะช่วยให้คุณภาพของอาหารรวมดีขึ้น

6. อิทธิพลของถั่วซีราโตรที่มีต่อการเจริญเติบโตของหญ้าโรด

การที่ถั่ว ซีราโตรมีอิทธิพลทำให้น้ำหนักแห้งของหญ้าโรดที่ขึ้นร่วมด้วยมีน้ำหนักแห้ง โดยเฉลี่ยต่ำกว่าเมื่อปลูกหญ้าโรดเพียงอย่างเดียวและตัวมันเองก็มีน้ำหนักแห้งต่ำกว่าถั่วซีราโตรเมื่อปลูกเดี่ยว ซึ่ง

อาจเนื่องมาจากการแก่งแย่งน้ำและแร่ธาตุอาหารซึ่งกันและกัน รวมทั้งการบดบังแสงแดดซึ่งกันและกันดังกล่าวไว้แล้วข้างต้น ข้อที่น่าสนใจก็คือ ถั่วซีราโตรยังส่งอิทธิพลต่อหญ้าโรดที่ขึ้นร่วมด้วยทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และเปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดตลอดช่วงอายุการปลูกเพิ่มขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นไปได้ว่า ถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรดจะมีการถ่ายเทไนโตรเจนบางส่วนของมันไปให้กับหญ้าโรดที่ขึ้นร่วมด้วย Henzell และคนอื่น ๆ (1968) พบว่าถั่วซีราโตรจะมีการถ่ายเทไนโตรเจนไปให้หญ้าโรดที่ปลูกร่วมด้วยในอัตราส่วน 2 : 2 เท่ากับ 0.1 เปอร์เซนต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของถั่วซีราโตรที่อายุ 15 สัปดาห์ ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างระหว่างเปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดของถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรด และที่ปลูกเดี่ยวก็ตาม แต่จากผลการทดลองนี้ที่ปรากฏว่า เปอร์เซนต์โปรตีนเฉลี่ยของหญ้าโรดที่ปลูกร่วมกับถั่วซีราโตรไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด จึงอาจเป็นไปได้ว่า ไนโตรเจนที่ถั่วซีราโตรถ่ายเทให้กับหญ้าโรดนั้นไม่ได้นำไปใช้สร้างโปรตีนในหญ้าโรดให้สูงขึ้น แต่อาจนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ของหญ้าโรด

7. <u>บทบาทของการตรึงไนโตรเจนต่อคุณค่าทางอาหารของถั่วซีราโตรและหญ้าโรด</u>

การตรึงไนโตรเจนที่วัดได้จากการทดลองนี้สามารถนำมาใช้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อการกระจายของเปอร์เซนต์โปรตีนและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมด กับอายุของถั่วซีราโตร และหญ้าโรด ผลจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า การตรึงไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางอาหารของถั่วซีราโตร ถั่วซีราโตรจะได้ไนโตรเจนเหลือเฟือจากการตรึงของปมราก จึงนำเอาไนโตรเจนนี้ไปใช้ในการเพิ่มน้ำหนักแห้ง การสร้างโปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ทำให้ถั่วซีราโตรมีระดับเปอร์เซนต์โปรตีนและไนโตรเจนทั้งหมดสูงตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 16 สัปดาห์ ตรงกันข้ามกับหญ้าโรดซึ่งได้ไนโตรเจนจากดินซึ่งมีปริมาณจำกัด และนำไปใช้ในการเพิ่มน้ำหนักแห้งขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้หญ้าโรดมีเปอร์เซนต์โปรตีนและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนลดลงเมื่อหญ้าแก่ขึ้น ถั่วซีราโตรและหญ้าโรดที่ปลูกร่วมกันก็เป็นไปโดยนัยเดียวกัน เพียงแต่ว่าอัตราการลดลงของเปอร์เซนต์โปรตีนในช่วงแรกของอายุของหญ้าโรดที่ปลูกร่วมกับถั่วซีราโตรช้ากว่าที่ปลูกเดี่ยวซึ่งก็อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของไนโตรเจนที่ถั่วซีราโตรถ่ายเทมาให้

8. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

การที่พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในกระถางที่ปลูกถั่วซีราโตร และหญ้าโรดทั้งสองแบบอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าจะพบอิทธิพลของถั่วซีราโตรที่มีต่อหญ้าโรดที่ปลูกร่วมกันในด้านเปอร์เซนต์โปรตีน หรือไนโตรเจนไว้ในนั้น อาจเป็นเพราะว่า สารที่หลั่งจากถั่วให้หญ้าถูกดูดกลืนโดยรากของหญ้าอย่างรวดเร็ว หรืออาจเป็นเพราะว่าการสุ่มตัวอย่างดินยังมีข้อผิดพลาดอยู่ รวมทั้งวิธีการหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินอาจเป็นวิธีที่ไม่มีความไวสูงพอ ข้อเสนอแนะของการทดลองอันนี้ก็คือ ติดตามการขับของอินทรียสาร ที่ขับออกจากถั่วไปสู่หญ้า โดยการปลูกถั่วและหญ้าในบรรยากาศที่มีไนโตรเจน 15 ถ้าหากพบแอ็คติวิตี้ของไนโตรเจน 15 ในใบของหญ้าก็แสดงถึงอิทธิพลที่แท้จริงระหว่างถั่วกับหญ้า

9. การแยกเชื้อจากปมของรากถั่วซีราโตร และลักษณะของเชื้อที่แยกได้

การที่เราสามารถแยกเชื้อจากปมราก และการที่เชื้อที่แยกได้สามารถไปสร้างปมกับเมล็ดถั่วซีราโตรภายใต้ภาวะควบคุมนั้น อีกทั้งลักษณะของปมที่ได้จากภาวะควบคุมยังเหมือนกันกับที่ได้จากถั่วซีราโตรที่ปลูกในกระถางทดลองแม้ว่าขนาดจะเล็กกว่า ผลการทดลองนี้บ่งชี้ชัดลงไปว่า เชื้อที่แยกได้มานั้น เป็นเชื้อที่บุกรุกเข้าไปในรากของถั่วซีราโตรในกระถางทดลองจริง ๆ อนึ่งดินที่ใช้ทำการทดลองปลูกนี้ได้นำมาจากอำเภอกำแพงแสน ดังนั้นการทดลองนี้จึงบ่งชี้ด้วยว่า ดินจากอำเภอกำแพงแสนมีเชื้อไรโซเบียมที่สามารถบุกรุกเข้าไปแบ่งตัวเองเป็นแบคทีรอยด์ในเมล็ดของถั่วซีราโตรได้

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะโคโลนีของไรโซเบียมที่แยกได้กับ R. Phaseoli (182) และ R. cowpea (201) ผลปรากฏว่าแม้ว่าลักษณะโคโลนีของไรโซเบียมบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งจะคล้ายกัน แต่อัตราการแบ่งตัวของมันบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งนั้นจะต่างกัน กล่าวคือ เชื้อที่แยกได้จากปมของรากถั่วซีราโตรจะเติบโตเร็ว ลักษณะความใหญ่ของโคโลนีเท่า ๆ กับ R. phaseoli (182) ในช่วงเวลาการแบ่งตัวที่เท่า ๆ กัน ในขณะที่โคโลนีของ R. cowpea (201) ยังเล็กมากจนเห็นเด่นชัดถึงนัยสำคัญของอัตราการแบ่งตัวของมัน

เมื่อได้ทำการทดลองให้เชื้อทั้งสามชนิดแบ่งตัวในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ค่าของการเพิ่มตัวเองเป็นสองเท่าในระยะการเพิ่มแบบทวีคูณ ได้ชี้ชัดไปว่า เชื้อไรโซเบียมที่แยกได้นั้นเป็นเชื้อที่มีอัตราการแบ่งตัวเร็วเท่า ๆ กับ R. phaseoli จึงจัดเป็นไรโซเบียมในกลุ่มเจริญเร็ว

จากผลของการทดลองโดยดูความสามารถในการใช้น้ำตาลชนิด ๆ ต่าง ๆ เป็นสารต้นตอคาร์บอน ปรากฏว่า ไม่ว่าเชื้อที่แยกได้จากปมรากถั่วซีราโตรหรือเชื้อมาตราฐาน R. phaseoli (182) หรือ R. cowpea (201) ต่างก็มีความสามารถจะใช้น้ำตาล กลูโคส, ฟรุคโตส, ซูโครส และซัคซิเนท เป็นสารต้นตอคาร์บอนเหมือนกันหมด ความแตกต่างที่ปรากฏกลายเป็นอัตราการนำเอาสารต้นตอคาร์บอนทั้งหมดไปใช้ กล่าวคือ เชื้อที่แยกได้จากปมของรากถั่วซีราโตรจะมีระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มตัวเป็นสองเท่าในน้ำตาลเหล่านี้เท่ากับ 14, 9, 12 และ 20 ชั่วโมงตามลำดับ ขณะที่ R. phaseoli มีค่าเท่ากับ 11, 14, 14 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ และ R. cowpea(201) มีค่าเท่ากับ 42, 29, 56 และ 65 ชั่วโมงตามลำดับ อันนี้เป็นอีกครั้งหนึ่งที่ผลของการทดลองยืนยันว่าลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อไรโซเบียมที่แยกได้อยู่ในกลุ่มของพวกที่เจริญเติบโตเร็ว ที่น่าสนใจก็คือ การที่เชื้อไรโซเบียมที่แยกได้จากปมของรากถั่วซีราโตรนี้มีความสามารถจะใช้ซูโครสเป็นสารต้นตอคาร์บอนได้ แสดงให้เห็นว่าเชื้อที่แยกได้สามารถถูกชักนำให้สร้างเอ็นไซม์ invertase ที่จะย่อยซูโครสให้เป็นกลูโคส และฟรุคโตสได้ ซูโครสเป็นสารต้นตอคาร์บอนที่ราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับสารต้นตอคาร์บอนตัวอื่น ๆ ดังนั้นศักยภาพของการเลี้ยงเชื้อไรโซเบียมที่แยกมาจากดินเมืองไทยให้ได้ปริมาณมากจึงมีอยู่มาก ถ้าหากว่าเชื้อที่แยกได้เป็นเชื้อที่ทำให้ถั่วซีราโตรเติบโตเร็วที่สุด ให้คุณค่าทางอาหารสูงที่สุดก็อาจจะนำเชื้อนั้นไปผสมกับเมล็ดถั่วปลูกในที่ ๆ ถั่วซีราโตรขึ้นไม่ดี หรือดีไม่เท่าที่ควรได้อีกด้วย

10. แอ็คติวิตี้ของเอ็นไซม์ pyruvate, phosphate dikinase ของหน่อไรและถั่วซีราโตร

จากผลการทดลองของ Hacth , Slack และ Johnson (1967) โดยการติดตามผลผลิตของขบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้สรุปว่า พืชตระกูลหญ้าจะมีการสังเคราะห์แสงแบบ C_4 pathway และพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มีขบวนการสังเคราะห์แสงเป็นแบบ C_3 pathway และผลการ

ทดลองของเราก็ยืนยันว่า หญ้าโรดก็สร้างน้ำตาลโดยขบวนการ C_4 pathway และถั่วซีราโตร ควรเป็นแบบ C_3 pathway ตามที่ Hacth , Slack และ Johnson ได้สรุปไว้ จะเห็นว่าถึงแม้ศักยภาพของการสังเคราะห์แสงของหญ้าโรดจะสูงกว่าของถั่วซีราโตรก็ตามแต่จากการทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งของต้นและคุณค่าทางอาหารของหญ้าโรดกลับต่ำกว่าของถั่วซีราโตร ความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องมาจากการตรึงไนโตรเจนที่พบในถั่วซีราโตรเท่านั้น เพราะปริมาณอนุมูลอัมโมเนียมที่ถั่วได้จากไรโซเบียมมีมาก ปริมาณของคาร์โบไฮเดรทที่ได้จากการสังเคราะห์แสงก็ถูกเปลี่ยนเป็นโปรตีนมากด้วยเท่ากับเป็นการช่วยเร่งการสังเคราะห์แสงของถั่วตามหลักของเทอร์โมไดนามิคส์ และหญ้าไม่มีการสะสมคาร์โบไฮเดรทไว้อย่างเช่น ข้าวหรือข้าวโพด ดังนั้นความได้เปรียบของต้นถั่วจึงเหนือกว่าหญ้าในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนในใบกับการตรึงไนโตรเจนจากราก ของถั่วซีราโตรและหญ้าโรดเมื่อปลูกแยกและปลูกรวมกันในกระถางได้ ผลสรุปดังต่อไปนี้

ถั่วซีราโตรที่ปลูกเดี่ยว

1. เปอร์เซนต์โปรตีนที่พบในใบสูงตลอดระยะเวลาที่เป็นต้นอ่อนจนถึงต้นแก่ และค่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อถั่วมีอายุเพิ่มขึ้น

2. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงขึ้นแบบทวีคูณ และเป็นปฏิภาคโดยตรงกับน้ำหนักแห้งต่อต้น.

3. มีอัตราการตรึงไนโตรเจนจากปมรากถั่วซีราโตรสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากระยะต้นอ่อนจนถึงเริ่มออกฝัก และจะคงที่หลังการออกฝักซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนของน้ำหนักปมตลอดช่วงอายุการปลูก

4. ปมเกิดได้เนื่องมาจากการบุกรุกของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นไรโซเบียมที่อยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตเร็วเมื่อเทียบกับเชื้อไรโซเบียมมาตราฐาน เชื้อที่แยกได้จาก

ปมนี้สามารถจะใช้น้ำตาลหลายชนิดเป็นสารต้นตอคาร์บอน ตัวอย่างเช่น แมนิทอล, กลูโคส, ฟรุคโตส, ซูโครส รวมทั้งซักซิเนทด้วย

5. การสร้างน้ำตาลผ่านขบวนการ Calvin - Benson - Bassham pathway

หญ้าโรคที่ปลูกเดี่ยว

1. เปอร์เซนต์โปรตีนที่พบในใบสูงเฉพาะในระยะที่เป็นต้นอ่อนและจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อหญ้าแก่ขึ้น

2. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดของหญ้าโรคจะลดลงเมื่อหญ้าแก่ขึ้น แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนแบบทวิภูณและเป็นปฏิภาคโดยตรงกับน้ำหนักแห้งต่อต้นด้วย

3. พบการตรึงไนโตรเจนจากรากเล็กน้อยในระยะต้นอ่อน และค่านี้จะหายไปเมื่อหญ้าเริ่มแก่ขึ้น

4. การสร้างน้ำตาลผ่านขบวนการ Hatch Slack pathway

อิทธิพลที่มีต่อกันเมื่อปลูกถั่วซีราโตรร่วมกับหญ้าโรค

1. แนวโน้มของเปอร์เซนต์โปรตีนของถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรคมีค่าสูงกว่าของถั่วซีราโตรที่ปลูกเดี่ยว แต่ไม่พบความแตกต่างกันจากหญ้าโรคที่ปลูกทั้ง 2 แบบ

2. เปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดของถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรคจะมีค่าไม่แตกต่างกับของถั่วซีราโตรที่ปลูกเดี่ยว ขณะที่เปอร์เซนต์ไนโตรเจนทั้งหมดของหญ้าโรคที่ปลูกร่วมกับถั่วซีราโตรสูงกว่าหญ้าโรคที่ปลูกเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ

3. ปริมาณของน้ำหนักแห้งต่อต้นของถั่วซีราโตรที่ปลูกร่วมกับหญ้าโรคมีค่าต่ำกว่าถั่วซีราโตรที่ปลูกเดี่ยว พบปรากฏการทำนองเดียวกันในหญ้าโรคที่ปลูกร่วมกับถั่วซีราโตร

4. แม้ว่าจะพบการตรึงไนโตรเจนในรากของหญ้าโรคบ้างแต่ก็ไม่มีนัยสำคัญแต่อย่างไร เมื่อเทียบกับที่ได้จากถั่วซีราโตร การตรึงไนโตรเจนของถั่วซีราโตรนี้จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงระยะสร้างฝักจากนั้นจะลดต่ำลง และจะมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารตลอดจนน้ำหนักแห้งของถั่วซีราโตรสูงกว่าหญ้าโรคเมื่อพืชทั้งสองได้กลายเป็นต้นแก

ความเหมาะสมในการใช้ถั่วซีราโตรและหญ้าโรดในการทำทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ผสม

จากผลการทดลองได้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการประยุกต์ถั่วซีราโตรและหญ้าโรดเป็นทุ่งหญ้าโรดเป็นทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ผสมดังต่อไปนี้

1. ถั่วซีราโตรและหญ้าโรดอาจปลูกร่วมกันได้แม้ในดินที่มีทรายปนถึง 50 เปอร์เซนต์

2. การปลูกถั่วซีราโตรร่วมกับหญ้าโรดในอัตราส่วน 2 : 3 นั้นจะทำให้ได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยของทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ประมาณ 14 เปอร์เซนต์ ปริมาณดังกล่าวจะคงที่หลังจากสัปดาห์ที่ 5 ของการปลูก ค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนดังกล่าวเป็นดรรชนีบ่งชี้ว่าทุ่งหญ้าอาหารผสมนี้จะให้คุณค่าของอาหารที่สูงแก่สัตว์แม้ว่าทั้งถั่วและหญ้าจะกลายเป็นต้นแก่แล้วก็ตาม

3. ทุ่งหญ้าผสมนี้อาจสร้างให้เกิดขึ้นได้ในที่ดินตามธรรมชาติ เพราะถั่วซีราโตรสามารถให้ปมได้โดยไม่ต้องคลุกเชื้อก่อนปลูกแต่อย่างใด