วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาพบว่าฤดูปลูกทำให้ถั่วเหลืองเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากปริมาณน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (ภาพที่ 5, ตารางที่ 1) ความสูงและจำนวนข้อต่อต้น (ตารางที่ 3) ถั่วเหลืองในต้นฤดูฝนจะเจริญเติบโตมากที่สุด ในขณะที่ปลายฤดูฝนเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสภาพภูมิอากาศระหว่างฤดูปลูก อันประกอบด้วยอุณหภูมิ ความเข้มแสง ช่วงแสง และปริมาณน้ำฝน (ภาพที่ 1-4) พบว่าต้นฤดูฝนอุณหภูมิจะสูงสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก (ประมาณ 27 °C) ในขณะที่ฤดูแล้งอุณหภูมิจะต่ำกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 5 สัปดาห์แรก (ประมาณ 13.5 °C) สำหรับปลายฤดูฝนอุณหภูมิจะสูงเฉพาะในช่วง 3 สัปดาห์แรกเท่านั้น หลังจากนั้นจะต่ำกว่าฤดูปลูกอื่นจนสิ้นฤดูปลูก สุรีย์ (2527) ได้รายงานไว้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองจะลดลงถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 24 °C หรือสูงกว่า 35 °C Summerfield et al. (1980) ก็ได้รายงานว่าอุณหภูมิต่ำ 15 °C ทำให้การพัฒนาใบใหม่เกิดขึ้นช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง 30 °C การศึกษาของเทวา (2531) และวิลาสลักษณ์ (2531) พบว่าถั่วเหลืองในฤดูแล้งมีดัชนีพื้นที่ใบน้อยกว่าถั่วเหลืองในต้นฤดูฝนมาก ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองในฤดูแล้งได้รับอุณหภูมิต่ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ในเรื่องของพลังงานแสงฤดูแล้งได้รับพลังงานแสงมากที่สุด ดังนั้นแม้ว่าในช่วงแรก ๆ การพัฒนาพื้นที่ใบจะเกิดขึ้นช้าและน้อยกว่าเนื่องมาจากปัญหาอุณหภูมิต่ำดังกล่าว แต่การเจริญเติบโตอาจจะชดเชยได้ด้วยการรับพลังงานแสงที่มากกว่า ในต้นฤดูฝนพลังงานแสงที่ได้รับจะน้อยกว่าฤดูแล้ง แต่ความสามารถในการรับแสงจะมากกว่า เพราะการพัฒนาพื้นที่ใบเกิดได้เร็วและมากกว่า ซึ่งความสามารถในการรับแสงนี้ Monteith (1981) กล่าวว่าจะมีอิทธิพลมากกว่าเรื่องของพลังงานแสงที่ส่องลงมายังต้นพืชเสียอีก สำหรับปลายฤดูฝนจะเห็นว่านอกจาก จะได้รับพลังงานแสงน้อยกว่าฤดูอื่น ๆ แล้ว ความสามารถในการรับแสงก็อาจจะน้อยกว่าฤดูอื่น ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำจะมีผลกระทบต่อการสร้างพื้นที่ใบดังกล่าวมาแล้ว ในแง่ของช่วงแสงซึ่งเป็นตัวกำหนดการออกดอกของถั่วเหลืองนั้น ถั่วเหลืองพันธุ์ไทยทุกพันธุ์จะเริ่มออกดอกภายในระยะเวลาใกล้เคียงกันทั้ง 3 ฤดูปลูก (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เชื่อว่าพันธุ์ดังกล่าวได้ผ่านการคัดเลือกให้เหมาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สมกับทุกฤดูปลูกของประเทศไทย จนอาจไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงในประเทศไทย (พฤกษ์ และคณะ, 2526) สำหรับพันธุ์ Wilis ซึ่งเป็นพันธุ์จากต่างประเทศนั้นพบว่าจะตอบสนองต่อช่วงแสงอย่างชัดเจน โดยจะออกดอกล่าช้าเมื่อปลูกในต้นฤดูฝนซึ่งมีช่วงแสงยาวกว่าฤดูอื่นดังนั้นพันธุ์นี้จึงสะสมน้ำหนักแห้งได้มากกว่าพันธุ์อื่นทั้งนี้เพราะมีระยะเวลานานในการสะสมน้ำหนักแห้ง พิจารณาในแต่ละฤดูปลูกพบว่า ในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งถั่วเหลืองทุกพันธุ์เจริญเติบโตได้ไม่ต่างกัน ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณน้ำหนักแห้งในตารางที่ 1 ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะใน 2 ฤดูนี้ ถั่วเหลืองมีอายุใกล้เคียงกันทุกพันธุ์ ทั้งนี้ยกเว้นพันธุ์นครสวรรค์ 1ซึ่งมีอายุสั้นที่สุดและมีแนวโน้มว่าจะเจริญ เติบโตได้น้อยที่สุดด้วย ในต้นฤดูฝนพันธุ์ Wilis จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์อื่นมาก อนึ่งมีแนวโน้มว่าพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอดซึ่งได้แก่พันธุ์ สจ.1 และพันธุ์ Wilis จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบอื่น ๆ

นับตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะเมล็ดโตเต็มที่ (R6) ถั่วเหลืองที่ปลูกในต้นฤดูฝน ฤดูแล้ง และปลายฤดูฝน สะสมไนโตรเจนในส่วนเหนือดินได้ทั้งหมดประมาณ 328, 284 และ 106 กก.N/เฮกตาร์ ตามลำดับ ไนโตรเจนดังกล่าวจะมาจาก 2 แหล่งคือ จากกระบวนการตรึง และจากดินในต้นฤดูฝน ฤดูแล้ง และปลายฤดูฝน ถั่วเหลืองจะตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 191, 138 และ 85 กก.N/เฮกตาร์ ตามลำดับ จะเห็นว่าในต้นฤดูฝนถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและไนโตรเจนจากการตรึงมากที่สุด รองลงมาคือฤดูแล้ง ในขณะที่ปลายฤดูฝนจะน้อยที่สุด ทั้งนี้จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 1) แต่ถ้าพิจารณาอัตราส่วนระหว่างส่วนที่ตรึงได้กับส่วนที่มีอยู่ทั้งหมด จะพบว่าโดยเฉลี่ยในต้นฤดูฝนอัตราส่วนไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีเพียง 58 เปอร์เซนต์ของไนโตรเจนทั้งหมด ที่เหลืออีก 42 เปอร์เซนต์ จะต้องดูดใช้จากดิน ในขณะที่ปลายฤดูฝนอัตราส่วนของไนโตรเจนจากการตรึงมีถึง 81 เปอรเซนต์ ส่วนที่ดูดใช้จากดินมีเพียง 19 เปอร์เซนต์ เท่านั้นดังนั้นถ้าเปรียบเทียบประโยชน์โดยตรงที่ถั่วเหลืองได้รับจากกระบวนการตรึงไนโตรเจนแล้ว ถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนจะได้รับมากที่สุด รองลงมาคือฤดูแล้ง ส่วนต้นฤดูฝนจะได้รับประโยชน์จากการตรึงน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างฤดูปลูกที่อาจจะมีผลกระทบต่อขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการตรึงไนโตรเจนที่ปมถั่ว แล้วทำให้ถั่วตรึงไนโตรเจนได้ในสัดส่วนที่ต่างกันเช่น อุณหภูมิ

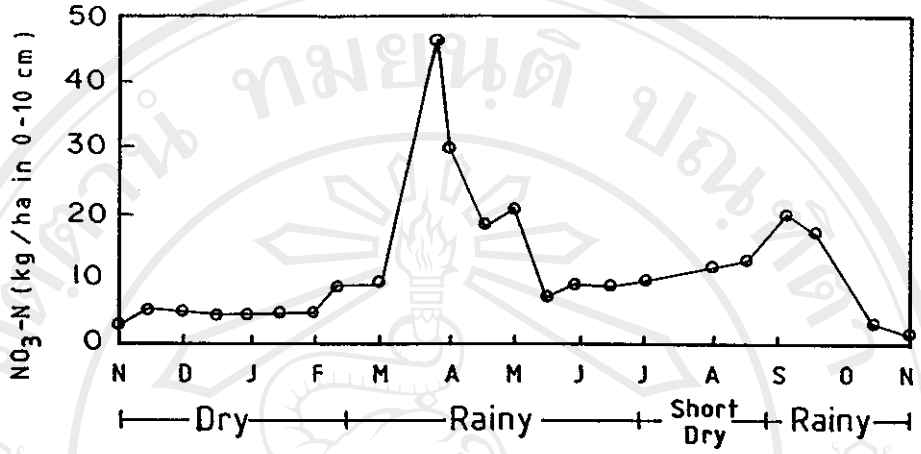
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่ง Schweitzer and Harper (1980) รายงานว่า ที่อุณหภูมิอากาศ 18 °C การตรึงไนโตรเจนจะเกิดขึ้นน้อย (5.74 μmole C_2H_2 plant^{-1}h^{-1}) ในขณะที่ 27 °C การตรึงจะเกิดขึ้นมากกว่า (14.54 μmole C_2H_2 plant^{-1}h^{-1}) Kno et al. (1971) รายงานว่าระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองจะเป็นระดับเดียวกับที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงคือประมาณ 27 °C การทดลองครั้งนี้พบว่าฤดูที่มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนมากที่สุด ได้แก่ ต้นฤดูฝน (27 °C) แต่กระบวนการตรึงไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในฤดูนี้กลับน้อยกว่าฤดูอื่น สำหรับฤดูแล้งและปลายฤดูฝนนั้น แม้ว่าอุณหภูมิกลางคืนจะต่ำแต่อุณหภูมิกลางวันจะสูงซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น (26 °C ในฤดูแล้ง และ 23 °C ในปลายฤดูฝน) ดังนั้นอุณหภูมิจึงไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของกระบวนการตรึงไนโตรเจน

ในเรื่องของแสงซึ่งเกี่ยวข้องกับสารสังเคราะห์ที่ส่งไปยังปมนั้น Lawn and Brun (1974); Trang and Giddens (1980) ได้รายงานว่าในสภาพที่มีความเข้มของแสงสูงอัตราการสังเคราะห์จะมากขึ้นผลก็จะทำให้กระบวนการตรึงไนโตรเจนเกิดขึ้นมาก ในการทดลองครั้งนี้ความเข้มแสงในปลายฤดูฝนจะต่ำสุด ในขณะที่ฤดูแล้งสูงสุด แต่กระบวนการตรึงไนโตรเจนไม่ได้เป็นไปตามความเข้มแสงที่ได้รับ ทั้งนี้อาจจะเป็นได้ว่าในฤดูต่าง ๆ สารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมีเพียงพอแล้วสำหรับกระบวนการตรึงไนโตรเจน ปัจจัยหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของกระบวนการตรึงไนโตรเจนดังกล่าวก็คือ อิทธิพลของไนโตรเจนในดิน ทั้งนี้เพราะถ้าไนโตรเจนในดินมีมากเกินไป กระบวนการตรึงไนโตรเจนจะเกิดขึ้นน้อย มีรายงานว่าในช่วงต้นฤดูฝนไนโตรเจนในดินจะสลายตัวออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก ดังรูปที่ 9 ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่ากระบวนการตรึงไนโตรเจนในต้นฤดูฝน ได้รับผลกระทบจากการสลายตัวของไนโตรเจนในดินดังกล่าว

อนึ่งเนื่องจากแปลงทดลองที่ใช้ในแต่ละฤดูปลูกมีประวัติการปลูกพืชต่างกัน ดังนั้นอาจทำให้ดินแต่ละแปลงมีระดับไนโตรเจน เริ่มต้นไม่เท่ากัน แปลงทดลองของต้นฤดูฝนเคยปลูกถั่วเหลืองมาก่อนจึงอาจจะมีไนโตรเจนตกค้างในดินสูงกว่าแปลงทดลองของฤดูอื่น ๆ ดังนั้นจึงทำให้กระบวนการตรึงไนโตรเจนในต้นฤดูฝนเกิดขึ้นน้อย ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าน้ำหนักแห้งปมในระยะแรกของต้นฤดูฝนต่ำกว่าฤดูอื่นด้วย (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในฤดูต่าง ๆ ที่ระดับดินลึก 10 เซนติเมตร ของ cultivated Alfisol Soil ใน Ghana (ดัดแปลงจาก Sanchez, 1976)

ฤดูปลูกและพันธุ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อการตรึงไนโตรเจน ดังเช่น พันธุ์ Wilis ถ้าปลูกในปลายฤดูฝนจะตรึงไนโตรเจนได้ในระดับสูงไม่ว่าจะเป็นปริมาณหรือสัดส่วนของไนโตรเจนจากการตรึง แต่ถ้าปลูกในฤดูแล้งและต้นฤดูฝนการตรึงไนโตรเจนจะอยู่ในระดับต่ำสุด (ตารางที่ 6, 7) ในพันธุ์สุโขทัย 1 ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้และสัดส่วนไนโตรเจนจากการตรึงจะอยู่ในระดับสูงทุกฤดูปลูก สำหรับพันธุ์นครสวรรค์ 1 ไม่ว่าจะปลูกในฤดูใดการตรึงไนโตรเจนจะเกิดได้ต่ำสุด ถั่วเหลืองทุกพันธุ์จะสัดส่วนไนโตรเจนจากการตรึงมากที่สุดในปลายฤดูฝน แต่สำหรับพันธุ์สุโขทัย 1 กลับมากที่สุดในฤดูแล้ง (ตารางที่ 7) ทั้งนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์จึงตอบสนองต่อฤดูปลูกแตกต่างกัน

มีรายงานว่าอายุถั่วเหลืองมีผลต่อการตรึงไนโตรเจน (จันทนา และคณะ, 2527; Patterson and LaRu, 1983) โดยพวกที่มีอายุสั้นจะตรึงไนโตรเจน (ทั้งปริมาณและสัดส่วน) ได้น้อยกว่าพวกที่มีอายุยาว พวกที่มีอายุเท่ากันจะตรึงไนโตรเจนได้เท่ากัน แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะเหตุใด สำหรับการทดลองครั้งนี้ พันธุ์นครสวรรค์ 1 ซึ่งมีอายุสั้นกว่าพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อื่นทุกฤดูปลูก ก็จะตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าพันธุ์อื่นทุกฤดูปลูก แต่พันธุ์ Wilis ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีอายุยาวกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 กลับตรึงไนโตรเจนได้ไม่แตกต่างจากพันธุ์นครสวรรค์ 1 แม้กระทั่งในต้นฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูที่พันธุ์ Wilis มีอายุการเจริญเติบโตยาวนานที่สุด และมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด การตรึงไนโตรเจนของพันธุ์นี้ก็ยังน้อยกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 เสียอีก (ตารางที่ 6, 7) เหตุผลประการหนึ่งอาจเป็นเพราะพันธุ์ Wilis เป็นพันธุ์ต่างประเทศ ความเข้ากันได้กับ Rhizobium ที่ใช้ในประเทศไทย อาจไม่สัมฤทธิ์ผล สำหรับพันธุ์ สจ.5 สจ.1 และสุโขทัย 1 ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกันทุกฤดูปลูก การตรึงไนโตรเจนก็ยังแตกต่างกัน

ในเรื่องของลักษณะการเจริญเติบโตที่มีรายงานว่า พวกที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด จะตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าพวกที่ไม่ทอดยอด (Bello et al., 1980) จากการทดลองครั้งนี้เชื่อว่าลักษณะการเจริญเติบโตไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการตรึงไนโตรเจนระหว่างพันธุ์ ถึงแม้ว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 ซึ่งมีลักษณะการเจริญแบบไม่ทอดยอดจะตรึงไนโตรเจนได้น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานดังกล่าวก็ตาม แต่พันธุ์ Wilis ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการเจริญแบบทอดยอดกลับตรึงไนโตรเจนได้ไม่ต่างจากพันธุ์นครสวรรค์ 1 หรือในกรณีของพันธุ์สุโขทัย 1 ซึ่งมีการเจริญแบบทอดยอดเล็กน้อย ก็ปรากฏว่าสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงสุด นอกจากนี้ในพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเหมือนกัน ความสามารถในการตรึงไนโตรเจนก็ต่างกัน เช่น Wilis กับ สจ.1 (ทอดยอด) หรือ สจ.5 และสุโขทัย 1 (ทอดยอดเล็กน้อย) ความสามารถในการตรึงไนโตรเจนนี้น่าจะขึ้นกับความสามารถเฉพาะตัวของแต่ถั่วเหลืองละพันธุ์

ศักยภาพในการรักษาความสมดุลของไนโตรเจนในดิน ซึ่งวัดจากไนโตรเจนส่วนที่ตรึงได้กับไนโตรเจนส่วนที่ออกไปกับเมล็ด (ตารางที่ 9) พบว่าส่วนใหญ่การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งจะลดความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนที่ออกไปกับเมล็ดมีมากกว่าส่วนที่ตรึงได้ นั่นหมายความว่าไนโตรเจนส่วนที่เกินจากส่วนที่ตรึงได้จะต้องดูดใช้จากดิน ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีศักยภาพในการรักษาความสมดุลของไนโตรเจนต่างกันพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงสุดได้แก่พันธุ์สุโขทัย 1 เพราะพันธุ์นี้ตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าส่วนที่เก็บเกี่ยวออกไปกับเมล็ดทุกฤดูปลูก ดังนั้นถ้าจะใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน จะต้องเลือกใช้พันธุ์ถั่วเหลืองให้เหมาะสมกับฤดูปลูก ถั่วเหลืองบางพันธุ์อาจจะเหมาะสมกับฤดูหนึ่งแต่อาจจะไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมาะสมกับฤดูอื่น เช่น พันธุ์ สจ.5 จะเหมาะกับต้นฤดูฝนแต่ไม่เหมาะกับปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่สำหรับพันธุ์สุโขทัย 1 จะมีความเหมาะสมกับทุกฤดูปลูกและหากพิจารณาในเรื่องของผลผลิต การให้ผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 ก็อยู่ในเกณฑ์ที่สูงด้วย (ตารางที่ 8)

ผลการศึกษาครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าถ้าสามารถจัดการหรือปรับปรุงให้ถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนได้ในปริมาณมากเหมือนกับการปลูกในต้นฤดูฝน ขณะเดียวกันก็ให้มีสัดส่วนไนโตรเจนจากกระบวนการตรึงสูงเหมือนกับการปลูกในปลายฤดูฝนแล้ว เชื่อว่าศักยภาพในการแก้ไขปัญหาเรื่องพื้นที่เพาะปลูกขาดธาตุไนโตรเจนโดยการใช้พืชตระกูลถั่วจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นควรจะได้ทำการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือวิธีการในอันที่จะนำไปปรับปรุงกระบวนการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved