5.วิจารณ์

จากค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ที่ระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งถั่วแดงหลวงที่ปลูกในกระถางและไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม มีไนโตรเจนในรูปสารประกอบยูริไอด์ในน้ำเลี้ยงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 76 - 90 % ของไนโตรเจนทั้งหมด กล่าวได้ว่าถั่วแดงหลวงในการทดลองนี้ มีการตรึงไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ Hungria and Neves (1987) ซึ่งรายงานว่า เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในรูปยูริไอด์ในน้ำเลี้ยงในช่วงระยะออกดอก สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งถึงประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน สำหรับสายพันธุ์ของไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพดีในการตรึงไนโตรเจน ทำให้เปอร์เซนต์ของไนโตรเจนในรูปยูริไอด์ในน้ำเลี้ยงของถั่ว *Phaseolus vulgaris* ในระยะ 35 วันหลังจากเมล็ดถั่วงอกอยู่ในช่วง 78 - 90 % ของไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเลี้ยง ในขณะที่สายพันธุ์ที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนให้ค่าเพียง 51 - 56 % จากรายงานของ Pena-Cabriales *et al* .(1993) ถั่ว *Phaseolus vulgaris* ที่ปลูกในกระถาง มีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต โดยมีการตรึงสู.สุดที่ระยะ 49 วันหลังปลูก สำหรับการทดลองนี้ถั่วแดงหลวงที่ปลูกในกระถาง โดยได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีการตรึงสูงสุดที่ระยะ V_4-R_2 ซึ่งระยะดังกล่าวปริมาณของสารประกอบยูริไอด์ที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนมีประมาณ 82-90 % ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเลี้ยง แต่ที่การเจริญเติบโตระยะหลังปริมาณของยูริไอด์ในน้ำเลี้ยงแม้จะลดต่ำกว่าระยะ V_4-R_2 แต่ก็มีอยู่ในระดับที่สูงคือมีประมาณ 76-87 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเลี้ยง แม้ที่ระยะ R_6 ปริมาณยูริไอด์ในน้ำเลี้ยงก็ยังไม่ต่ำกว่า 76 %ซึ่งแสดงว่าถั่วแดงหลวงจากการทดลองนี้สามารถประกอบกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนได้ดีตลอดฤดูปลูก ซึ่งสนับสนุนผลงานของ Wolyn *et al*.(1989) ที่รายงานว่าถั่ว *Phaseolus vugaris* ยังมีการตรึงไนโตรเจนในระยะ R_5 และ R_7 โดยกิจกรรมการตรึงมาจากปมที่รากแขนง จากข้อมูลด้านน้ำหนักแห้งของปม ซึ่งต้นถั่วแดงหลวงที่ปลูกโดยการใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสามารถให้น้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ V_4 (29 วันหลังปลูก) 165 mg/ต้น (495 mg/pot) ในการทดลองที่ 1 ส่วนการทดลองที่ 2 มีน้ำหนักแห้งของปมมีประมาณ 157 mg/ต้น (471 mg/ต้น) ที่ระยะ V_4 และที่ระยะ R_2 (37 วันหลังปลูก) 143 mg/ต้น (428 mg/ต้น) ก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Tsai *et al*.(1993) ซึ่งพบว่า ถั่ว *Phaseolus vugaris* ที่ปลูกในกระถางโดยใช้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5 mgN/ดิน 1 kg ร่วมกับการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ให้น้ำหนักแห้งของปมในระยะ 42 วันหลังปลูกประมาณ

111mg/ต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากถั่วแดงที่ปลูกในกระถาง โดยได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ มีน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินและการสะสมไนโตรเจน เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแสดงว่าไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงยังไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ จากลักษณะในการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ซึ่งในการทดลองทั้งสองการทดลองนี้พบว่าถั่วแดงหลวงที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีน้ำหนักแห้งของปมและการตรึงไนโตรเจนลดลงสอดคล้องกับรายงานของ Muller and Pereira. (1995) ซึ่งรายงานว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25 mgN/ดิน 1 kg ในระยะปลูกทำให้น้ำหนักแห้งของปมและการตรึงไนโตรเจน ซึ่งประเมินโดย acetylene reduction assay ลดต่ำกว่า control และสอดคล้องกับรายงานของ Hansen *et al.*(1993) ซึ่งพบว่าถั่วแดงหลวงพันธุ์หมอกจำมที่ปลูกในกระถางโดยการใช้ทรายและมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป KNO_3 ในอัตราตั้งแต่ 3-9 mM NO_3^--N มีน้ำหนักแห้งของปมและการตรึงไนโตรเจนลดลง เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลด้านการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่ได้จากการทดลองนี้กับข้อมูลของ Hansen *et al* .(1993) และข้อมูลของ Tsai *et al* . (1993) พบว่าในระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการทดลองนี้ในกระถาง ในการทดลองที่มีการจัดการด้วยปุ๋ย KNO_3 ให้น้ำหนักแห้งและการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินใกล้เคียงกันกับรายงานของ Hansen *et al.* (1993) แต่สำหรับการทดลองที่ 2 ซึ่งจัดการด้วยปุ๋ย $(NH_4)_2SO_4$ ถั่วแดงหลวงในการทดลองนี้ให้น้ำหนักแห้งและการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่ารายงานของ Hansen *et al.* (1993) แต่ทั้งสองการทดลองจะให้น้ำหนักแห้งและการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินดีกว่ารายงานของ Tsai *et al.*(1993) ซึ่งแสดงว่าสภาพแวดล้อมและการจัดการในการเพาะปลูกในการทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณของ ureide-N NO_3^--N และ amino-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ย KNO_3 และ $(NH_4)_2SO_4$ ทำให้ปริมาณ amino-N เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Hungria and Neves.(1987) ซึ่งรายงานไว้ว่าปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงจะเพิ่มในช่วง 35-60 วันหลังงอกเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อ ปริมาณ NO_3^--N และ ureide-N มีความสอดคล้องกับรายงานของ Thomas *et al.*(1984) ซึ่งพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงมีต่ำกว่า 40 % และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณ NO_3^--N สูงขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลของชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ ureide-N ในน้ำเลี้ยงมีความสอดคล้องกับรายงานของ Hansen *et al.*(1993) ซึ่งรายงานไว้ว่าในอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เท่ากันการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของ

$(NH_4)_2SO_4$ จะทำให้ปริมาณ ureide-N สูงกว่าการใส่ปุ๋ย KNO_3 เมื่อพิจารณาสัดส่วน (%) ของ amino-N และNO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงซึ่งได้รับปุ๋ยไนโตรเจนต่างชนิดกัน ซึ่งการทดลองนี้พบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณของ amino-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย แต่การใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ทำให้ปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงสูงกว่าการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ประมาณ 2 เท่า ในทุกอัตราปุ๋ยและในทุกระยะของการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ระยะ R_6 ซึ่งความแตกต่างมีน้อยกว่าระยะอื่น ส่วนถั่วแดงหลวงซึ่งได้รับปุ๋ย NO_3^--N มีปริมาณ NO_3^--N สูงกว่าถั่วแดงหลวงที่ได้รับปุ๋ย NH_4^+-N แสดงว่ากิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase ในรากของถั่วแดงหลวงซึ่งใช้ในการรีดิวส์ NO_3^--N มีน้อยดังนั้นปริมาณของ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงจึงมีมากกว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในรูป NO_3^--N จากการพบ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงซึ่งได้รับปุ๋ย NH_4^+-N ในทุกระยะของการเจริญเติบโตโดยเฉพาะหลังระยะ R_6 ซึ่งปริมาณของ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ไม่ค่อยแตกต่างจากถั่วที่ได้รับปุ๋ย NO_3^--N แสดงว่า NH_4^+-N ที่ใส่ลงไปในทรายที่ใช้ปลูกถั่ว เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น NO_3^--N โดยกระบวนการ nitrification NO_3^--N ที่เกิดจากกระบวนการนี้ได้สะสมอยู่ในกระถาง และถูกรากดูดซึมเข้าไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยที่การชะล้างทรายทุกสัปดาห์ด้วยน้ำไม่เพียงพอสำหรับการชะล้าง NO_3^--N ที่สะสมอยู่ในกระถางออกหมดเนื่องจากปุ๋ย NH_4^+-N ที่ใส่ให้แก่ถั่วแดงหลวงเกิดการเปลี่ยนรูปเป็น NO_3^--N ได้บางส่วน ดังนั้นผลของ NH_4^+-N ต่อสัดส่วนของ ureide-N ในน้ำเลี้ยงที่ได้จากการทดลองนี้ จึงไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลของ NH_4^+-N อย่างแท้จริง จากการทดลองนี้แม้ว่าการใส่ NH_4^+-N มีผลทำให้สัดส่วนของ ureide-N ในน้ำเลี้ยงและในเนื้อเยื่อสูงกว่าการใส่ NO_3^--N ก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนของ ureide-N ของถั่วแดงหลวงที่ได้รับ NH_4^+-N กับ NO_3^--N ในแต่ละอัตรา พบว่าความแตกต่างผันแปรตามอัตราการใส่ปุ๋ย ดังนั้นการใช้สมการของ Hansen *et al.*(1993) ในการประเมินปริมาณการตรึงไนโตรเจนอาจจำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วย เพราะในสมการดังกล่าวถั่วแดงหลวงใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของ NO_3^--N แต่เพียงอย่างเดียว การใช้สมการดังกล่าวจะให้ข้อมูลที่ถูกต้องต่อเมื่อ ปริมาณ NH_4^+-N หรือ NO_3^--N ที่ได้รับจากดินหรือปุ๋ยไม่มีผลทำให้สัดส่วนของ ureide-N ในน้ำเลี้ยงแตกต่างกัน แต่การทดลองนี้ไม่ได้มีการศึกษาข้อมูลดังกล่าว จึงสมควรที่จะต้องศึกษาต่อไปเพื่อให้สามารถใช้วิธีการประเมินการตรึงไนโตรเจนโดยยูริไอด์เทคนิค มีความถูกต้อง และแม่นยำยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามจากการหาสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเลี้ยงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อ ซึ่งพบว่าข้อมูลดังกล่าวมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังนั้นจึงสามารถใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวใน

การประเมินค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงจากค่าดัชนียูริไอด์ของตัวอย่างเนื้อเยื่อได้ เพื่อจะทำให้สามารถประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง โดยอาศัยสมการของ Hansen *et al.* (1993) อย่างไรก็ตาม ในการประเมินการตรึงไนโตรเจนโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นแห้ง ก็อาจจะให้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อต้นถั่วได้รับไนโตรเจนจากดินหรือจากปุ๋ยในรูปของ NH_4^+-N เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสภาวะดังกล่าวอาจพบในสภาพแวดล้อมซึ่งดินเป็นกรดมีกระบวนการ Nitrification เกิดขึ้นในดินได้ไม่ดีนัก เพราะในการคำนวนสัดส่วนของ ureide-N ในตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นแห้งจากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ดัชนียูริไอด์ สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อ \%} = \frac{4 \times \text{ureide}^*}{4 \times \text{ureide}^* + \text{nitrate}^*} \times 100$$

เมื่อ ureide และ nitrate-N มีหน่วยเป็น mole

จากสูตรการคำนวนดังกล่าว ถ้าหากปริมาณ NO_3^--N ในตัวอย่างเนื้อเยื่อมีน้อย เพราะไนโตรเจนที่ต้นถั่วได้รับจากดินหรือจากปุ๋ยอยู่ในรูปของ NH_4^+-N มากกว่า NO_3^--N ย่อมทำให้ได้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้นได้ แม้ว่ากิจกรรมการตรึงไนโตรเจนจะไม่ดีเท่าที่ควรก็ตาม ในการใช้วิธีการวิเคราะห์สารประกอบยูริไอด์สำหรับการประเมินการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง อาจจะจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมต่อไปอีก เพื่อให้ทราบถึงข้อจำกัด และพัฒนาวิธีดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับการทดลองในสภาพไร่นาซึ่งการทดลองนี้พบว่าที่สถานีวิจัยปางดะและสถานีวิจัยแกน้อย การใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ ไม่มีผลทำให้ถั่วแดงหลวงมีการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินของถั่วแดงหลวงที่สถานีปางดะเพิ่มมากกว่า control ในระยะ R_1 R_4 และ R_6 แต่ที่สถานีแกน้อย การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากกว่า control ที่ระยะ V_4 และ R_1 เท่านั้น ลักษณะการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินของถั่วแดงหลวงตามระยะการเจริญเติบโตสอดคล้องกับรายงานของ Kipe-Nolt and Giller (1993) ซึ่งพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของถั่วแดงหลวง สำหรับผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ต่อการเกิดปม ซึ่งการทดลองนี้พบว่าการใส่เชื้อไรโซเบียม ณ สถานีวิจัยปางดะไม่มีผลทำให้ถั่วแดงหลวงมีการเกิดปมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และตำรับ control ให้น้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ V_4 ประมาณ 5.1 mg/ต้น และเพิ่มเป็น 25 mg/ต้น ในระยะ R_1 แสดงว่าดินของสถานีวิจัย

ปางดะ มีเชื้อไรโซเบียมอยู่ในดินตามธรรมชาติในปริมาณที่ค่อนข้างสูง จากรายงานของ Da-Silva *et al.*(1993). ดินซึ่งมีเชื้อไรโซเบียมตามธรรมชาติในปริมาณมากและเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพดี ให้น้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ 42 วันหลังปลูก ประมาณ 65 mg/ต้น และเมื่อใส่เชื้อไรโซเบียมน้ำหนักแห้งของปมเพิ่มขึ้นเป็น 75 mg/ต้น ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ สำหรับการทดลองในสภาพไร่นาในสถานีวิจัยปางดะมีข้อมูลด้านน้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ V_4และ R_1 เท่านั้น ซึ่งถั่วแดงหลวงจะมีน้ำหนักแห้งของปมน้อยกว่ารายงานของ Da-Silva *et al.* (1993). แต่เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงด้านน้ำหนักแห้งของปมที่สถานีวิจัยแก่น้อยพบว่า ที่ระยะ R_4 มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งของปมถึง 27 เท่าของที่เกิดขึ้นในระยะ R_1 ทั้ง ๆ ที่ดินที่สถานีแก่น้อยเป็นดินที่มี pH ต่ำประมาณ 5.43 ซึ่งไม่เหมาะสมแก่เชื้อไรโซเบียมเท่ากับที่สถานีวิจัยปางดะ (pH 6.3) ประกอบกับดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างเนื้อเยื่อของถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีแก่น้อยที่ระยะ R_4 มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนดัชนียูริไอด์ที่ประเมินได้จากตัวอย่างน้ำเลี้ยงมีค่าไม่แตกต่างจากระยะ R_1 มากนัก ซึ่งคาดว่าน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงในตำรับ control ณ สถานีวิจัยปางดะ น่าจะมีมากกว่า 24 mg/ต้น สำหรับที่สถานีแก่น้อย ถั่วแดงหลวงในตำรับ control มีน้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ V_4 และ R_1 น้อยมาก แสดงว่าดิน ณ พื้นที่นี้ มีเชื้อไรโซเบียมในดินตามธรรมชาติค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีวิจัยปางดะ แต่เชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ น่าจะเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพดี ดังนั้นดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตำรับ control จึงมีค่าไม่แตกต่างจากตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม ในระยะ R_4 ตำรับ control มีน้ำหนักแห้งของปมเพิ่มขึ้นจากระยะ R_1 27 เท่า เข้าใจว่าเป็นเพราะเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในธรรมชาติได้มีการเพิ่มปริมาณมากขึ้นกว่าเดิม โดยอิทธิพลของสารประกอบที่รากถั่วขับออกมาเพื่อกระตุ้นการเพิ่มของเชื้อไรโซเบียม การที่ถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีแก่น้อยมีการตอบสนองต่อการใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ โดยการใส่เชื้อทำให้ถั่วแดงหลวงมีน้ำหนักแห้งของปมเพิ่มขึ้นจาก control อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต เป็นข้อยืนยันว่าปริมาณเชื้อที่มีอยู่เดิมในดินมีน้อย จากข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว ซึ่งรวบรวมโดย Bordeleau and Prevost.(1994) ดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 มักมีปัญหาด้านความเข้มข้นของ H^+ อิออนในระดับสูง การขาด Ca P และ Mo และความเป็นพิษของ Al และ Mn ดังนั้นจึงคาดว่าดินที่สถานีแก่น้อย ซึ่งมี pH 5.43 และมี Mn ที่สกัดได้ในปริมาณสูงถึง 100 ppm และไม่มีการใส่ Mo ไม่เหมาะสำหรับการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง สำหรับปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่สถานีแก่น้อยมีประมาณ 1.9 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 33 %

ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นตลอดช่วงเวลา 45 วัน ถือได้ว่าเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ ณ สถานีแกน้อย มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ Tsai *et al.*(1993) ซึ่งรายงานว่าถั่ว *Phaseolus vugaris* ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนได้ดีจำนวน 9 สายพันธุ์ มีการตรึงไนโตรเจนอยู่ในช่วง15.7-21 kgN/เฮกตาร์ (2.5-3.4 kgN/ไร่) ซึ่งคิดเป็น 39.4-57 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นถั่วตลอดช่วงเวลา 47 วันหลังปลูก แต่สำหรับถั่วที่ได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 , UMR 1899 และ isolate KN6 ตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 2.3-2.6 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 38-46 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในต้นถั่วช่วง 45 วัน ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

สำหรับที่สถานีปางดะ พบว่าในตำรับ control ถั่วแดงหลวงมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงโดยไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะ R_6 ประมาณเกือบ 9 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 53 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นถั่ว ซึ่งปริมาณดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Kipe- Nolt and Giller.(1993) และ Pena-Cabriales *et al.*(1993) แต่อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับที่รายงานไว้โดย Rennie and Kemp.(1983)ในกรณีของเชื้อไรโซเบียมที่ใส่ให้แก่ถั่วแดงหลวง ซึ่งการทดลองพบว่าการใส่เชื้อUMR 1899 สามารถตรึงไนโตรเจนให้แก่ถั่วแดงหลวง ณ สถานีวิจัยปางดะ ประมาณ 11 kgN/rai คิดเป็น 63 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตลอดฤดูปลูกจนถึงระยะ R_6 จัดได้ว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์นี้ให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนใกล้เคียงกับรายงานของ Westermann *et al* .1981. แต่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงกว่า สำหรับที่สถานีวิจัยแกน้อย สายพันธุ์ CIAT 899 ให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงประมาณ 2.6 kgN/rai ซึ่งคิดเป็น 46 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมไว้ตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะ R_4 ซึ่งถือว่ามีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงใกล้เคียงกับรายงานของ Pena-Cabriales *et al.*1993. เนื่องจากสายพันธุ์ UMR 1899 มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงใกล้เคียงกับสายพันธุ์ CIAT 899 สำหรับสถานีวิจัยแกน้อย และ สายพันธุ์ดังกล่าวเป็นสายพันธุ์ที่ให้ประสิทธิภาพดี ณ สถานีวิจัยปางดะ ซึ่งมีสภาพดินที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงถือได้ว่า สายพันธุ์ UMR 1899 มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว้างขวางมากกว่าสายพันธุ์ CIAT 899 และ KN 6

สำหรับการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง ณ สถานีวิจัยแกน้อย แตกต่างจากสถานีวิจัยปางดะ คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ถั่วแดง ณ สถานีวิจัยแกน้อยมีน้ำหนักแห้งของปมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ control แต่ที่สถานีวิจัยปางดะกลับทำให้ปมมีน้อยลง ความแตกต่างในการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในด้านการเกิดปม เข้าใจว่าเกิดจาก

อิทธิพลของ pH ของดินเพราะดินแกน้อยมี pH ต่ำ ปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการ mineralization น่าจะเกิดได้น้อยกว่าสถานีวิจัยปางดะ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ณ สถานีวิจัยแกน้อย จึงคาดว่าจะมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากให้ดีกว่า control ดังนั้นการสร้างปมมากขึ้น แต่ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินในตำรับ control ณ สถานีวิจัยปางดะน่าจะเกิดได้ดีอยู่แล้ว เพราะมีสภาพ pH ที่เหมาะสมกว่า การใส่ไนโตรเจนเพิ่มเติมลงไปในดินจึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากถั่วแดงหลวงแต่อย่างใด จากรายงานของ Tsai *et al.*(1993). พบว่าในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง โดยมีการใส่ปุ๋ย P K และ S ในอัตรา 50,63และ 10 mgN/kg soil ตามลำดับ ถั่วแดงหลวงจะมีน้ำหนักแห้งของปมน้อยลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 60 mgN/ha ขึ้นไป สำหรับผลของการทดลองนี้ ณ สถานีวิจัยปางดะ ซึ่งเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูงและมีปริมาณ available P สูงกว่าดินแกน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Tsai *et al* .(1993) และยังสนับสนุนผลการทดลองของ Da-Silva *et al* .(1993) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรามากกว่า 40 mgN/ha มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของปมและกิจกรรมของปมลดลงอีกด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากกิจกรรมการตรึงไนโตรเจน Tsai *et al.* 1993. รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 60 mgN/ha ในดินที่มีระดับที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงทำให้การตรึงไนโตรเจนซึ่งประเมินจาก acetylene reduction assay เพิ่มขึ้น แต่สำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและต่ำ กลับมีผลยับยั้งการตรึง ผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานดังกล่าว เพราะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลส่งเสริมกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงที่ปลูกในสถานีวิจัยปางดะ ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

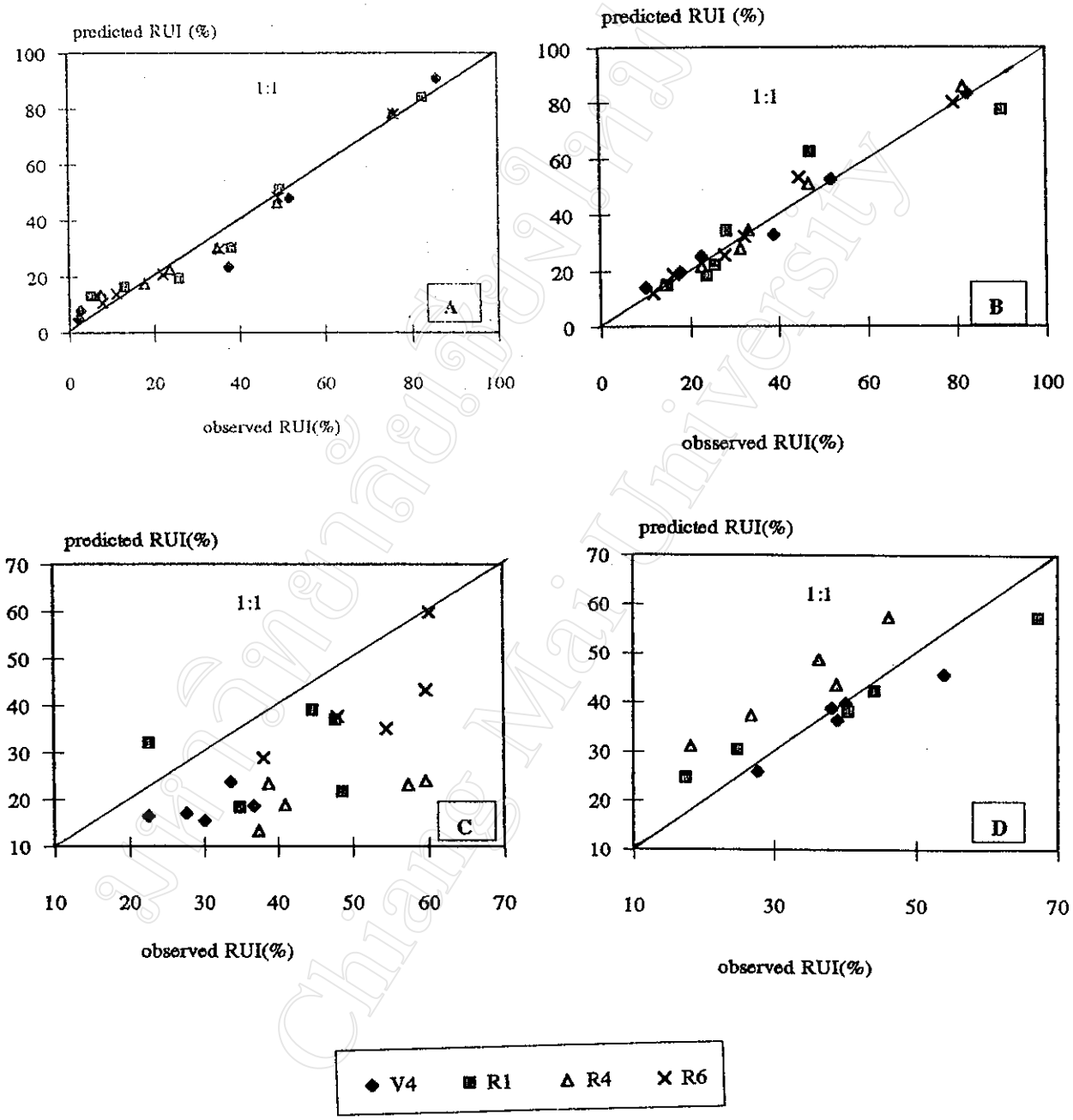
สำหรับสัดส่วนขององค์ประกอบของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ปลูกในแปลงทดลอง ซึ่งการทดลองนี้พบว่าที่สถานีวิจัยปางดะ ถั่วแดงหลวงในตำรับ control มีสัดส่วนของ ureide-N ในระยะ 60 วัน หลังปลูก ประมาณ 54 % และมี amino-N และ NO_3^--N ประมาณ 25 และ 21 % ตามลำดับ กล่าวได้ว่าถั่วแดงหลวงที่ใช้ในการทดลองมี % ureide-N สูงกว่าถั่ว *Phaseolus vulgaris* ที่ Thomas *et al.*(1984) ใช้ในการทดลอง ซึ่งให้ ureide-N ในน้ำเลี้ยงในช่วง 57 วันหลังปลูก มีประมาณ 17-38 % เท่านั้น ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8 kgN/ไร่ ทำให้ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวในระยะ 60 วันหลังปลูกที่ปลูก ณ สถานีวิจัยปางดะมีประมาณ 20 % ในขณะที่ Thamas *et al.*(1984) รายงานว่าปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่ว *Phaseolus vulgaris* ที่ใส่ปุ๋ย 88 kgN/ha มีอยู่ถึง 49-57 % ส่วนถั่วที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมี NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงต่ำกว่า 40 % นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังพบว่า ถั่วที่ได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียมมี % ureide-N ในน้ำเลี้ยงที่การเจริญเติบ

โตระยะเดียวกันอยู่ในช่วงตั้งแต่ 53-65 % การที่ ureide-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของ Thomas *et al.*(1984) ชี้ให้เห็นว่าถั่วที่ใช้ในการทดลองนี้น่าจะมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงกว่าถั่วที่ใช้ในการทดลองของ Thomas *et al.*(1984) แต่การที่ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงในระยะ 60 วันหลังปลูกมีเพียง 20 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเลี้ยง เข้าใจว่าเพราะระยะนี้ ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการใส่ปุ๋ยที่สะสมอยู่ในดินอาจจะถูกใช้ไปเกือบหมด และบางส่วนก็อาจจะสูญเสียไปกับการชะล้างโดยน้ำ เพราะเป็นช่วงเวลาหลังจากการใส่ปุ๋ยแล้วประมาณ 53 วัน จึงไม่มีความแตกต่างในระหว่างตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยในด้านของปริมาณ NO_3^--N และ amino-N ซึ่งเป็นไนโตรเจนที่ถั่วได้รับจากดินและปุ๋ย

เนื่องจากสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ได้จากการวัดจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการรีเกรสชั่น (ตารางที่ 10) มีนัยสำคัญในทางสถิติทั้งการทดลองในกระถางและในแปลงทดลอง อีกทั้งค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากการทำนายก็มีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 35 ยกเว้นข้อมูลที่ได้จากการทำนายในแปลงทดลองในสถานีวิจัยปางดะซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงมีความเบี่ยงเบนจากค่าที่ได้จากการทำนายค่อนข้างกว้าง กล่าวได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ยูริไอด์โดยการใช้เนื้อเยื่อของลำต้นแห้ง ให้ข้อมูลที่สอดคล้องและใกล้เคียงกับการข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง นอกจากนี้ปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงกับการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช โดยใช้ข้อมูลจากแปลงทดลองทั้งสองสถานี ซึ่งยังมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งอีกด้วย แสดงว่าวิธีการประเมินการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงโดยการใช้การวิเคราะห์เนื้อเยื่อของลำต้นสามารถใช้ศึกษาการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงได้

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการทำนายโดยสมการ regression กับที่ได้จริงจากการทดลอง

Experiment	no.of sample	correlation coefficient
Pot exp.with NH_4^+-N	24	r^2=0.9612
Pot exp.with NO_3^--N	24	r^2=0.9511
Field exp.at Pang Da	20	r^2=0.3495
Field exp.at Kae Noi	15	r^2=0.7015



A = Pot experiment with NO_3^--N

B = Pot experiment with NH_4^--N

C = Field experiment at Pang Da Station

D = Field experiment at Kae Noi Station

รูปที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ได้จากการทำนายโดยสมการ regression กับที่ได้จริงจากการทดลอง

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงซึ่งปลูกในกระถางกับถั่วแดงหลวงที่ปลูกในแปลงทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันมาก คือเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนถั่วแดงหลวงที่ได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียม สามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 84-85 % ของปริมาณไนโตรเจนที่สะสมไว้ทั้งหมดตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ R6 ในขณะที่ถั่วแดงหลวงที่ปลูกในสถานีวิจัยแก้มอ้ยตรึงได้ในช่วงตั้งแต่ 33-46 % เมื่อประเมินโดยการใช้ตัวอย่างน้ำเลี้ยง และเมื่อใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อตรึงได้ 39-46 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมไว้ทั้งหมดตลอดช่วงการเจริญเติบโตจนถึงระยะ R4 ส่วนที่สถานีวิจัยปางดะตรึงได้ประมาณ 38-46 % เมื่อประเมินโดยการใช้ตัวอย่างน้ำเลี้ยง และเมื่อใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อตรึงได้ประมาณ 28-42 % ทั้งที่ถั่วแดงหลวงที่ปลูกในแปลงทดลองก็ยังคงมีกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนในระยะหลังของการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับถั่วแดงหลวงที่ปลูกในกระถาง การที่ถั่วแดงหลวงที่ปลูกในกระถางมีการตรึงไนโตรเจนได้ดีกว่าในแปลงทดลองเป็นเพราะในกระถางถั่วแดงหลวงได้รับธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตอย่างครบถ้วน และปริมาณเชื้อไรโซเบียมที่ใส่ให้แก่ถั่วก็มีปริมาณสูงถึง 10^6 cell/เมล็ด อีกทั้งได้รับน้ำอย่างเพียงพอ การตรึงไนโตรเจนจึงเกิดได้ดี

สำหรับที่สถานีวิจัยปางดะ แม้ว่าจะมีปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินสูงกว่าสถานีวิจัยแก้มอ้ย แต่เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักแห้งของปม กล่าวได้ว่าปริมาณปมมีน้อยกว่าถั่วแดงหลวงที่ปลูกในกระถาง และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยง ก็พบว่าที่ระยะ V_4 ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอยู่ในช่วงประมาณ 45-70 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วน amino-N มีอยู่ในช่วง 10-17 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ระดับของ amino-N และ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ปลูกในสถานีวิจัยแห่งนี้ จัดได้ว่าอยู่ในระดับเดียวกับถั่วแดงหลวงที่ปลูในกระถาง ซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ในอัตรา 4-6 mM จากรายงานของ Cartwright,1967 ; Sistachs,1970; El Nadi *et al* .,1972 ซึ่งอ้างโดย Graham and Halliday,1976 กล่าวว่าการเกิดปมของถั่ว *Phaseolus vulgaris* จะลดลงหรือเกิดช้าเมื่อดินมีไนโตรเจนในระดับสูงหรือมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดย Nitrate ทำให้ indole acetic acid ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเข้าสู่รากลดลงหรือเปลี่ยนสภาพ (Tanner and Anderson,1964,1965 อ้างโดย Graham and Halliday,1976) ดังนั้นจึงคาดว่าปริมาณของ NO_3^--N ในดิน ณ สถานีวิจัยปางดะ น่าจะมีในอยู่ในระดับสูง และเป็นผลทำให้เชื้อไรโซเบียมเข้าสู่รากได้น้อย นอกจากนี้การมีไนโตรเจนในระดับสูงยังมีผลทำให้การตรึงไนโตรเจนไม่มีประสิทธิภาพอีกด้วย

สำหรับถั่วแดงหลวงที่ปลูกที่สถานีวิจัยแกน้อย มีน้ำหนักแห้งของปมน้อยมาก เข้าใจว่าปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินตามธรรมชาติอาจมีอยู่ในปริมาณที่น้อย ดังนั้นการใส่เชื้อไรโซเบียมเพิ่มเติมจึงมีผลทำให้ปริมาณการเกิดปมมีมากขึ้น แต่สภาพดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 และมี extractable Mn สูงถึง 100 ppm ก็ไม่เหมาะสมสำหรับการมีชีวิตอยู่รอด ตลอดจนการสร้างปม และการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียม (Bordeleau and Prevost (1994); Nutman,1972; Graham and Hubbell,1974 อ้างโดย Graham and Halliday,1976) ดังนั้นถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีวิจัยแห่งนี้จึงมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้เพียง 39-46 % ของปริมาณไนโตรเจนที่สะสมไว้ในต้นทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ NO_3^--N และ amino-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีวิจัยแกน้อยกับถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีวิจัยปางดะที่ระยะ V_4 พบว่าถั่วที่ปลูก ณ สถานีวิจัยแกน้อย มีปริมาณ NO_3^--N ต่ำกว่า ในขณะที่มีปริมาณ amino-N สูงกว่า ถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีวิจัยปางดะ แสดงว่ากระบวนการ nitrification ในดิน ณ สถานีวิจัยแกน้อยเกิดน้อยกว่าดิน ณ สถานีวิจัยปางดะ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสัดส่วนของ NO_3^--N กับ amino-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวง ณ สถานีวิจัยแกน้อยก็ไม่แตกต่างกันมากนักและสัดส่วน NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงโดยทั่วไปมีสูงกว่า amino-N จึงคาดว่าสมการมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินการตรึงไนโตรเจนจากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ ยังมีความเหมาะสมสำหรับที่จะใช้ประเมินการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง ณ สถานีแกน้อยได้เช่นกัน