4. ผลการทดลอง

4.1 การทดลองในกระถาง

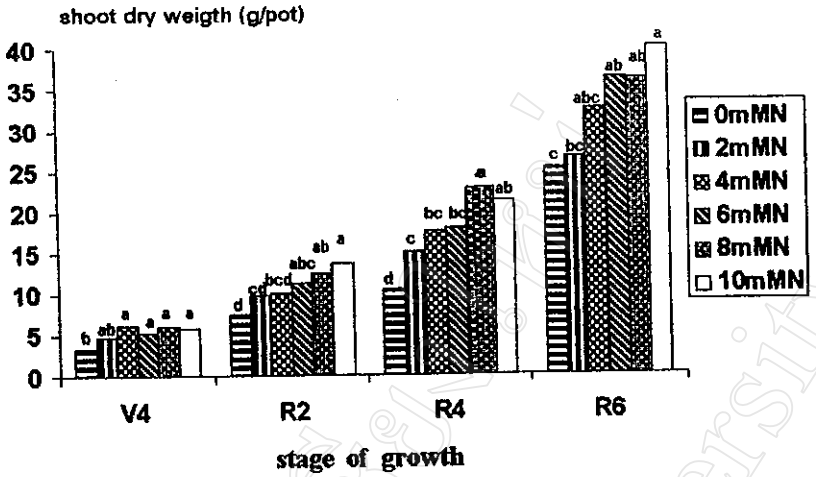
4.11 ผลของอัตราการใส่ NO_3^--N

4.111 <u>การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

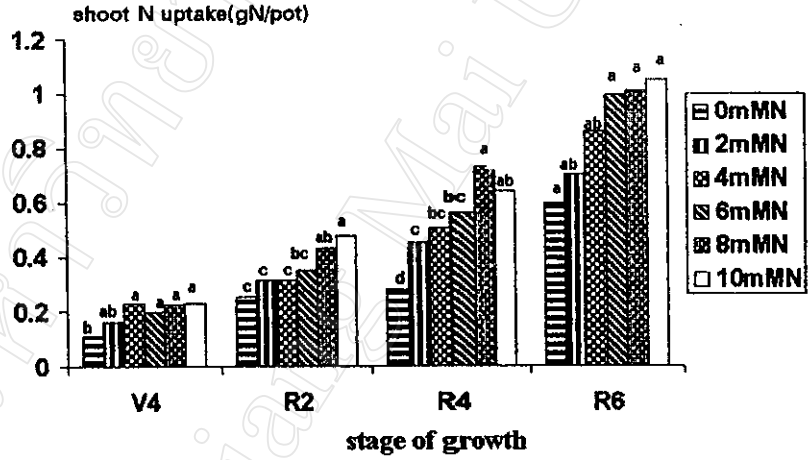
การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ย NO_3^--N (รูปที่1) อัตรา 2mM NO_3^--N ทำให้สะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน มากกว่า อัตรา 0 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญยิ่งเฉพาะที่ระยะ R_4 คือมากกว่าประมาณ 45 % สำหรับอัตรา 4 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 84 34 69 และ 29 % ซึ่งที่ระยะ V_4 และ R_4 ความแตกต่างระหว่างการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 อัตรามีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนที่ระยะ R_2 และ R_6 ความแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ และความแตกต่างระหว่างอัตรา 2 กับ 4 mM NO_3^--N ในทุกระยะของการเจริญเติบโตก็ไม่มีนัยสำคัญเช่นกัน ส่วนอัตรา 6 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากกว่า อัตรา 0 mM NO_3^--N ในระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 57 50 72 และ 44 % ($P<0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 และ 4 mM NO_3^--N ในทุกระยะการเจริญเติบโต การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 8 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงที่สุดที่ระยะ R_4 ซึ่งแตกต่างจากอัตรา 0 2 4 และ 6 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับระยะ V_4 R_2 และ R_6 อัตรา 8 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากกว่า อัตรา 0 mM NO_3^--N ประมาณ 77 66 และ 44 % ตามลำดับ ($P<0.01$) แต่ที่ระยะ V_4 อัตรา 8 mM NO_3^--N ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 4 6 และ 10 mMNO_3^--N ส่วนที่ระยะ R_2 อัตรา 8 mM NO_3^--N ยังแตกต่างกับอัตรา 2mM NO_3^--N อีกด้วย สำหรับที่ระยะ R_6 อัตรา 8 mM NO_3^--N ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 4 และ 6 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตรา 10 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ V4 R_2 R_4 และ R_6 มากกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N ประมาณ 72 82 104 และ 59 % ($P<0.01$) ตามลำดับ โดยที่ระยะ V_4 อัตรา 10 mM NO_3^--N ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 4 6 และ 8 mM NO_3^--N ส่วนที่ระยะ R_2 ไม่แตกต่างจากอัตรา 8 และ 6 mM NO_3^--N สำหรับที่ระยะ R_4 และ R_6 ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 6 และ 8 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญ

4.112 <u>การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

ลักษณะในการตอบสนองของถั่วแดงหลวงต่ออัตราการใส่ NO_3^--N ในด้านการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน โดยทั่วไปคล้ายคลึงกับการสะสมน้ำหนักแห้ง คือการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ทำให้ถั่วแดงหลวงมีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในบางระยะของการเจริญเติบโตผลของ NO_3^--N บางอัตราต่อการสะสมไนโตรเจนแตกต่างจากการสะสมน้ำหนักแห้ง เช่น ที่ระยะ R_2 อัตรา 6 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินไม่แตกต่างจากอัตรา 0 mM NO_3^--N และ อัตรา 10 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินดีกว่าอัตรา 6 mM NO_3^--N ($P<0.01$) สำหรับที่ระยะ R_6 อัตรา 10 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินไม่ต่างจากอัตรา 2 4 6 และ 8 mM NO_3^--N ในทางสถิติ การใส่ปุ๋ย NO_3^--N ในอัตรา 2 mM NO_3^--N ทำให้ถั่วแดงหลวงมีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญเฉพาะที่ระยะ R_4 คือมากกว่าประมาณ 62 % ส่วนอัตรา 4 mM NO_3^--N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ V_4 R_4 และ R_6 มากกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N ($P<0.01$) ประมาณ 103 81 และ 45 % ที่การเจริญเติบโตระยะเดียวกันอัตรา 6 mM NO_3^--N สามารถเพิ่มการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N ประมาณ 76 40 100 และ 67 % ($P<0.01$) ส่วนอัตรา 8 mM NO_3^--N เพิ่มได้ประมาณ 99 72 162 และ 70 % ($P<0.01$) ส่วนอัตรา 10 mM NO_3^--N เพิ่มได้ประมาณ 102 90 130 และ 77 % ($P<0.01$) ตามลำดับ



รูปที่1 ผลของการใส่ NO_3-N ต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ



รูปที่ 2 ผลของอัตราการใส่ NO_3-N ต่อการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ

4.113 น้ำหนักแห้งของปม

เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NO_3^--N แต่ละอัตราทำให้ถั่วแดงหลวงมีน้ำหนักแห้งของปมลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ($P<0.01$) โดยการลดลงของน้ำหนักแห้งของปมแปรผันตามการเพิ่มขึ้น ของอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งของปมเมื่อมีการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ในอัตรา 2 และ 4 mM NO_3^--N ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และอัตรา 8 และ 10 mM NO_3^--N ก็ไม่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน

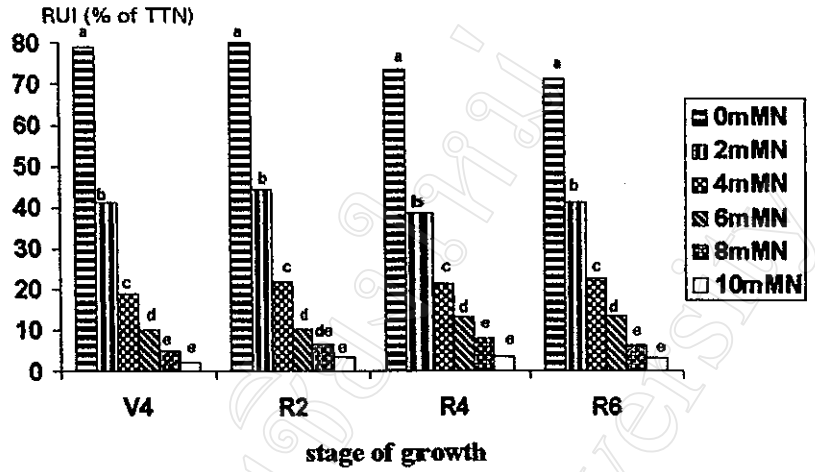
ตารางที่ 2 ผลของการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงในระยะ V_4

application rate (mM NO_3-N)	nodule dry weight*	
	(mg/pot)	(mg/plant)
0	495.3 a	165.1 a
2	385.8 b	128.6 b
4	367.8 b	122.6 b
6	163.7 c	54.57 c
8	82.96 d	27.65 d
10	38.73 d	12.91 d

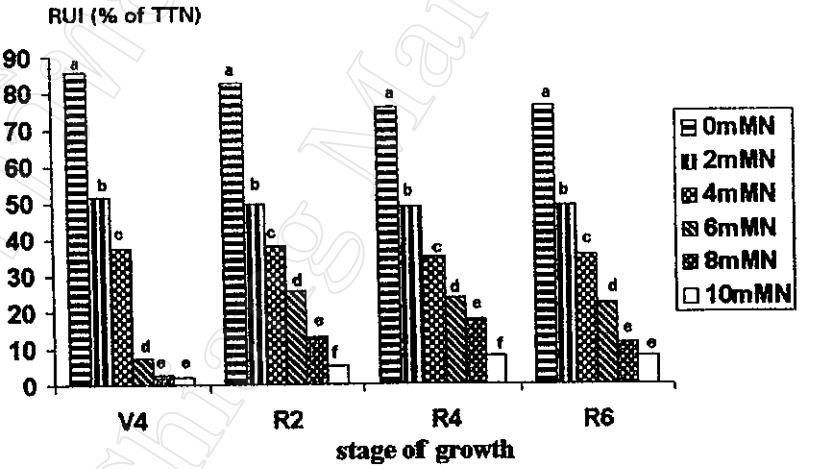
*mean of 4 replications. Means followed by different letters were significantly different by LSD at $P < 0.01$

4.114 <u>สัดส่วนของไนโตรเจนรูปต่างๆ ในเนื้อเยื่อลำต้นและในน้ำเลี้ยงของลำต้น</u>

ที่ระยะ V_4 เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เนื้อเยื่อของลำต้นและน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงมีสัดส่วนของยูริไอด์เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหรือดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ (relative ureide index) ประมาณ 79-86 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ระยะดังกล่าวดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงมีค่าสูงสุด ส่วนในเนื้อเยื่อของลำต้น ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์สูงสุดที่ระยะ R_2 คือ 80 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ขณะที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงที่ระยะ R_2 มีประมาณ 83 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนที่ระยะ R_4 ดัชนีดังกล่าวของเนื้อเยื่อและน้ำเลี้ยงมีประมาณ 73 - 76 % และที่ระยะ R_6 มีเพียง 71 - 76 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ การใส่ปุ๋ย NO_3^--N ทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นและน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 2 mM NO_3^--N ทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นและน้ำเลี้ยงที่ระยะ V_4 ลดลงเหลือ 41 - 52 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ โดยที่ในระยะ V_4 ดัชนียูริไอด์ของน้ำเลี้ยงมีค่าสูงสุดขณะที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_2 คือมีค่า 44 % ของไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับที่ระยะ R_4 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อและน้ำเลี้ยงของลำต้นมีประมาณ 39 - 49 % ส่วนที่ระยะ R_6 มี 41 - 49 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากอัตรา 0 mM NO_3^--N ในทุกระยะการเจริญเติบโต ($P<0.01$) สำหรับอัตรา 4 mM NO_3^--N นั้นส่งผลให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_6 คือ 23 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ ของน้ำเลี้ยงมีสูงสุดที่ระยะ R_2 คือประมาณ 38 % ของไนโตรเจนทั้งหมดแต่ทุกระยะให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ต่ำกว่าอัตรา 0 mM NO_3^--N และ 2 mM NO_3^--N ($P<0.01$) ส่วนอัตรา 6 mM NO_3^--N มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นสูงสุดที่ระยะ R_6 เช่นกัน คือ มีค่าประมาณ 13 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ขณะที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ ของน้ำเลี้ยงมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_2 คือมีค่าประมาณ 26 % โดยปุ๋ยอัตรา 6 mM NO_3^--N มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.01$) กับอัตรา 0 2 4 8 และ 10 mM NO_3^--N ในทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนอัตรา 8 mM NO_3^--N นั้นจะให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นและน้ำเลี้ยงสูงสุดที่ระยะ R_4 คือมีค่า 8 -18 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ขณะที่อัตรา 10 mM NO_3^--N นั้นให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อที่ระยะ R_2 มีค่าประมาณ 3 % ของไนโตรเจนทั้งหมดแต่จะสูงสุดที่ระยะ R_6 คือประมาณ 8 % ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ที่ระยะ R_6 พบว่าอัตรา 8 และ 10 mM NO_3^--N ให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับอัตรา 2 4



รูปที่ 3 ผลของอัตราการใส่ NO_3^--N ต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

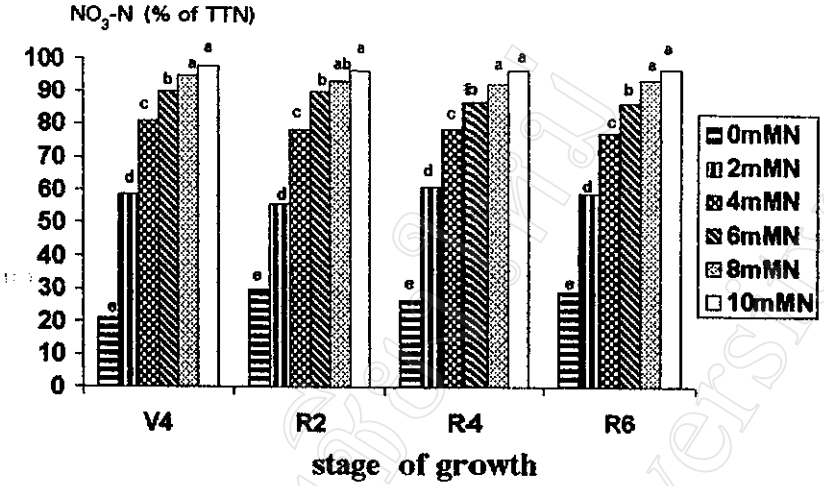


รูปที่ 4 ผลของอัตราการใส่ NO_3^--N ต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

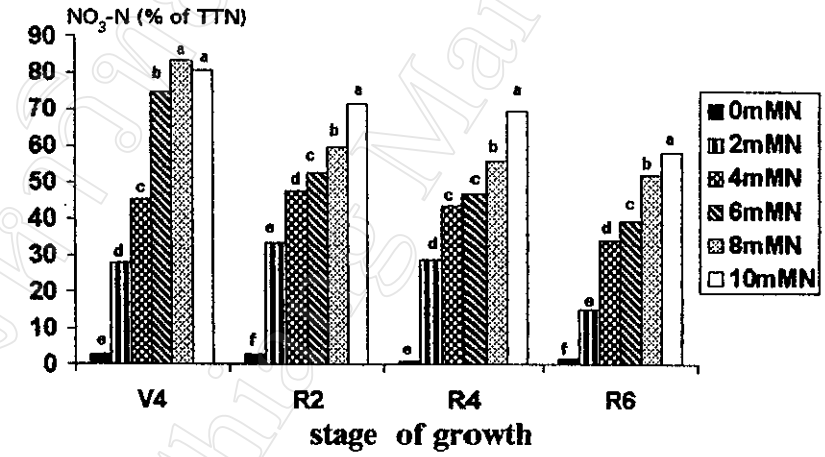
และ 6 mM NO_3^--N ($P<0.01$) ส่วนที่ระยะ R_2 และ R_4 การใส่ปุ๋ย NO_3^--N ทั้ง 2 อัตรามีผลทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ดังรูปที่ 3และ 4

เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย NO_3^--N ในระยะ V_4 ปริมาณของ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อของลำต้นมีประมาณ 21 % ของไนโตรเจนทั้งหมด (รูปที่ 5) ส่วนในน้ำเลี้ยงมีประมาณ 3 % ของไนโตรเจนทั้งหมด (รูปที่ 6) และในระยะ R_2 R_4 และ R_6 ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงลดลงเหลือ 3 1 และ 2 % แต่ ในเนื้อเยื่อของลำต้นกับเพิ่มขึ้นเป็น 30 27 และ 29 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ การใส่ปุ๋ย NO_3^--N ทำให้ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงและในเนื้อเยื่อของลำต้นถั่วแดงหลวงเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยทุกอัตราของการใส่ปุ๋ยและทุกระยะการเจริญเติบโตมีความแตกต่างจากอัตราที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ซึ่งสัดส่วนของ NO_3^--N ในตัวอย่างเนื้อเยื่อของลำต้นจะสูงสุดที่ระยะ V_4 เมื่อได้รับปุ๋ยอัตรา 10 mM NO_3^--N โดยมีประมาณ 98 % ส่วนระยะ R_2 R_4 และ R_6 มีประมาณ 97 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 8 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$) ส่วนในน้ำเลี้ยงสัดส่วนของ NO_3^--N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 มีประมาณ 81 71 69 และ 58 % ของไนโตรเจนทั้งหมด โดยมีที่ระยะ V_4 เพียงระยะเดียวเท่านั้นที่ไม่แตกต่างจากอัตรา 8 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญ

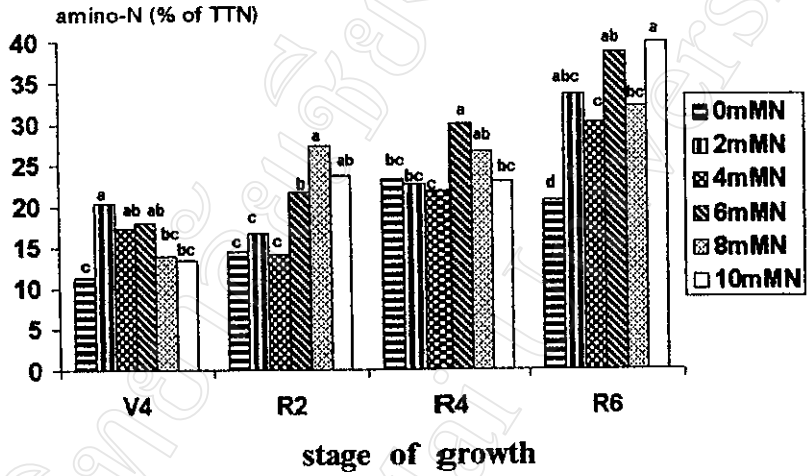
สำหรับปริมาณ amino - N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ระยะ V_4 ซึ่งไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประมาณ 11 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่แตกต่างกับอัตราที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8 และ 10 mM NO_3^--N เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 2 mM NO_3^--N ยังทำให้ปริมาณของ amino - N สูงสุดประมาณ 20 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 และ 6 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนระยะ R_2 เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ amino - N มีเพียง 14 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่ต่างจากอัตราที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 และ 4 mM NO_3^--N นอกจากนี้ปริมาณ amino - N สูงสุดคือประมาณ 27 % เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8 mM NO_3^--N แต่ไม่แตกต่างกับ อัตรา 10 mM NO_3^--N แต่แตกต่างจากอัตรา 0 2 4 และ 6 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนที่ระยะ R_4 เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณ amino - N เป็น 23 %ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งมีผลทำให้แตกต่างจากอัตรา 6 mM NO_3^--N อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.01$) เพียงอัตราเดียวเท่านั้น สำหรับระยะ R_6 นั้นเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ amino - N มีเพียง 21 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 ผลของอัตราการใส่ NO_3^--N ต่อสัดส่วนของ NO_3-N ในเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



รูปที่ 6 ผลของอัตราการใส่ NO_3^--N ต่อสัดส่วนของ NO_3-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



รูปที่ 7 ผลของอัตราการใส่ NO_3-N ต่อสัดส่วนของ amino - N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.115 <u>ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำเลี้ยงกับเนื้อเยื่อของลำต้น</u>

จากการหาความสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ linear regression ระหว่างค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงกับเนื้อเยื่อลำต้นพบว่าดัชนีทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทุกระยะการเจริญเติบโตและจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อจากดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงพืชได้ดังนี้ (รูปที่ 8)

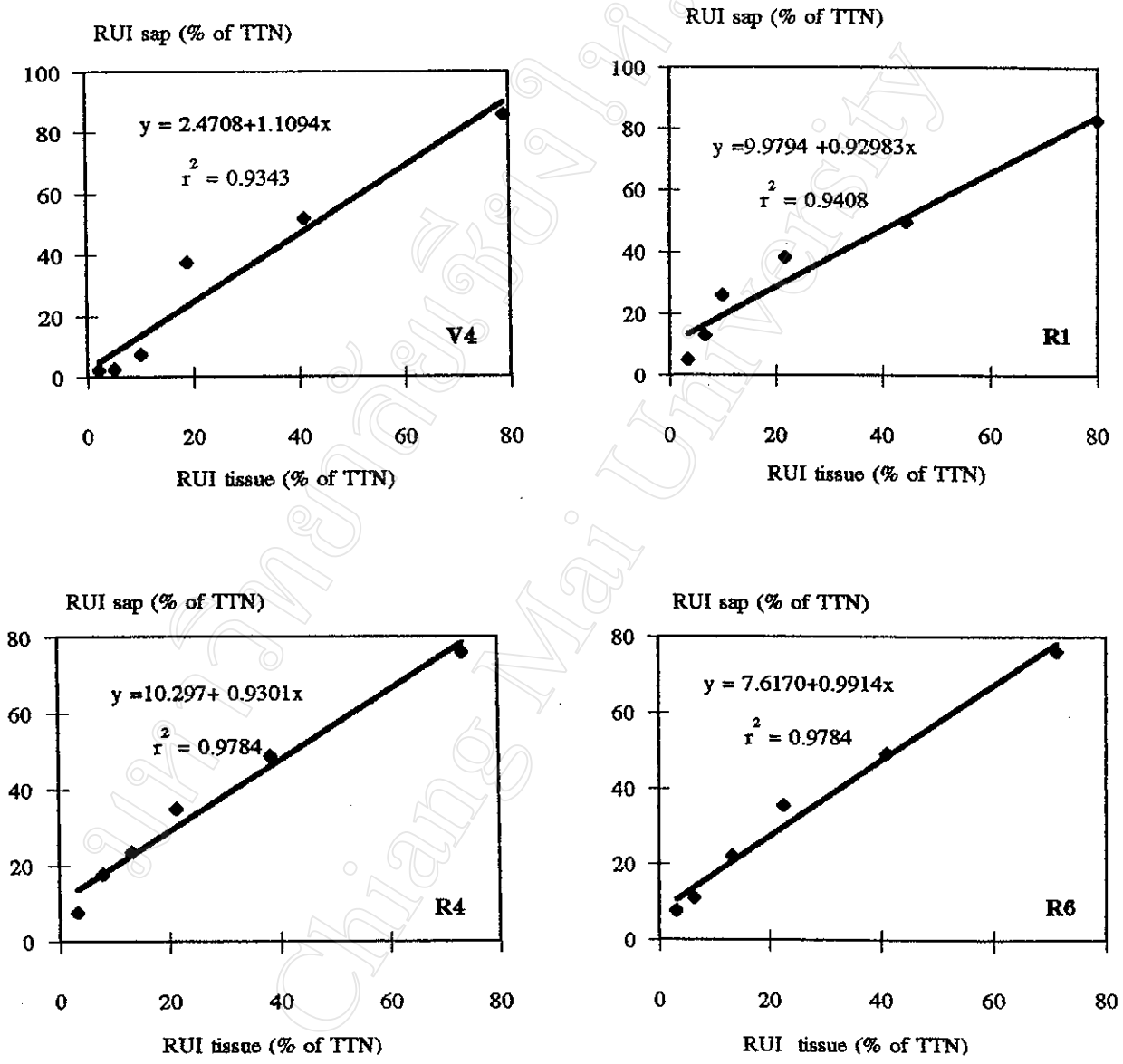
ระยะ V_4 :	Y = 2.4708+1.10940X	r^2=0.9343	MSE*=74.15
ระยะ R_2 :	Y = 9.9794+0.92983X	r^2=0.9408	MSE =47.04
ระยะ R_4 :	Y = 10.297+0.93007X	r^2=0.9707	MSE =17.76
ระยะ R_6 :	Y = 7.6170+0.99140X	r^2=0.9784	MSE =14.47

เมื่อ Y = ดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง

X = ดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อลำต้น

MSE*=Residuce mean square

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตเมื่อมีการใส่ปุ๋ย NO_3-N

4.116 <u>สมการมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินการตรึงไนโตรเจนจากตัวอย่างลำต้นแห้ง</u>

เมื่อนำค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงซึ่งประเมินจากค่าดัชนียูริไอด์ของตัวอย่างลำต้นแห้ง ไปแทนค่า Y ในสมการของ Hansen *et al* (1993) ดังต่อไปนี้

ระยะ V_4 Y=0.940X-25.162

ระยะ R_1-R_5 Y=0.877X-2.327

ระยะ R_6 Y=0.789X-4.2927

เมื่อ X= % ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

Y= ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากน้ำเลี้ยง (relative ureide index , RUI)

สามารสร้างสมการมาตรฐานที่จะใช้ในการประเมินการตรึงไนโตรเจนจากตัวอย่างลำต้นแห้งได้ดังนี้

ระยะ V_4 Y=0.847X-24.818

ระยะ R_2 Y=0.955X-13.235

ระยะ R_4 Y=0.955X-13.577

ระยะ R_6 Y=0.796X-12.653

เมื่อ X= % ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

Y= ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้น

4.117 <u>ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจน</u>

จากการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงโดยอาศัยดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงโดยตรง โดยอาศัยสมการของ Hansen *et al* (1993) และที่ได้จากการประเมินจากดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้น โดยใช้สมการมาตรฐานที่ได้จากข้อ 4.116 พบว่าเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีค่าสูงสุดประมาณ 0.5 gN/pot ไม่ว่าจะใช้วิธีการประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงหรือเนื้อเยื่อพืชก็ตาม ลักษณะในการตอบสนองของถั่วแดงหลวงต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในแง่ของปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน ยกเว้นในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 4 mM NO_3^--N ซึ่งจากการประเมินโดยการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง การใส่ปุ๋ยอัตรา 4 mM NO_3^--N ทำให้ปริมาณการตรึงไนโตรเจนไม่แตกต่างจากอัตรา 0 mM NO_3^--N แต่ถ้าใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อในการวิเคราะห์ ทั้ง 2 อัตรามีความแตกต่าง

กันในทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละระยะมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ control โดยการลดลงผันแปรตามอัตราไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น เมื่อประเมินการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง อัตราการใส่ปุ๋ย 2 และ 4 mM NO_3^--N ทำให้ถั่วแดงหลวงมีการตรึงไนโตรเจนไม่แตกต่างจาก control และไม่แตกต่างจากอัตรา 6 mM NO_3^--N การใส่ปุ๋ย NO_3^--N ตั้งแต่ 6 mM NO_3^--N ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงต่ำกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ แต่อัตรา 6 , 8 และ 10 mM NO_3^--N ไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ ในกรณีที่ใช้การวิเคราะห์เนื้อเยื่อ อัตราที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 mM NO_3^--N เป็นอัตราเดียวที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไม่แตกต่างจาก control การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 4 mM NO_3^--N ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงต่ำกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 ,8 และ 10 mM NO_3^--N ในทางสถิติ และเมื่อคิดปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในต้นพืชทั้งหมดโดยไม่รวมปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการเมล็ดที่ใช้ปลูกปรากฏว่าประสิทธภาพในการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง เมื่อได้รับปุ๋ย NO_3^--N ทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จากน้ำเลี้ยงโดยตรงและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อของลำต้นมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีประมาณ 84 - 85 % และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนลดลงตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นอัตรา 8 - 10 mM NO_3^--N ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติไม่ว่าจะใช้การวิเคราะห์น้ำเลี้ยงหรือเนื้อเยื่อก็ตาม และเมื่อใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อเยื่อในการประเมิน อัตรา 6 และ 8 mM NO_3^--N ก็ไม่แตกต่างกันเช่นกัน ดังตารางที่ 3

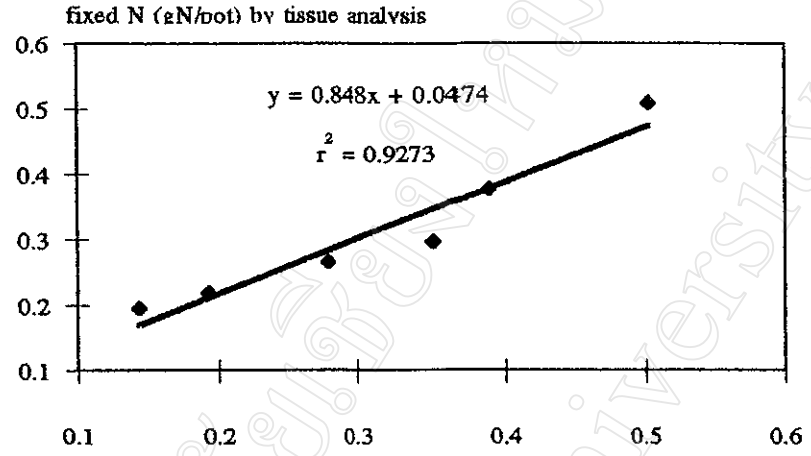
เมื่อวิเคราะห์สหสัมพัทธ์ระหว่างปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง ซึ่งได้จากสมการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นกับน้ำเลี้ยง พบว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังรูปที่ 9

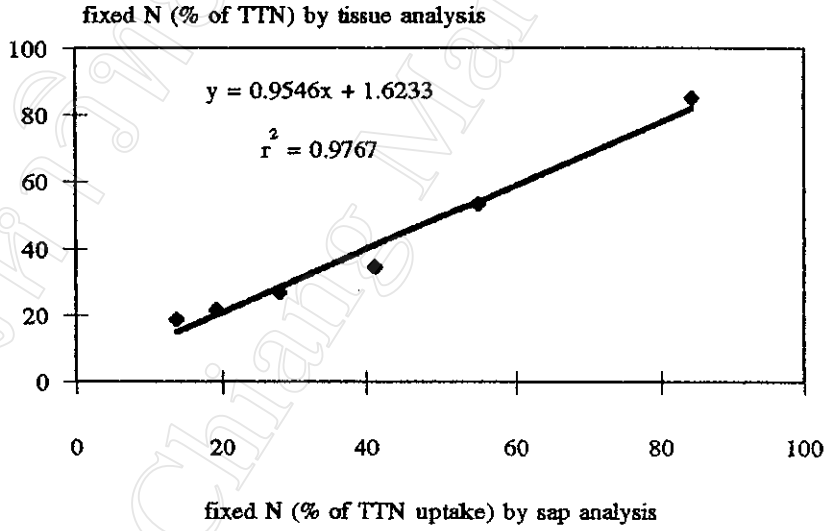
ตารางที่ 3 ผลของอัตราการใส่ปุ๋ย NO_3-N ต่อปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

rate (mM NO_3^--N)	sap		tissue	
	N_2-fixed *			
	gN/pot	%**	gN/pot	%**
0	0.5023 a	84.32 a	0.5090 a	85.26 a
2	0.3888 ab	54.80 b	0.3769 ab	53.29 b
4	0.3533 ab	41.32 c	0.2960 bc	34.41 c
6	0.2787 bc	27.88 d	0.2656 bc	26.76 d
8	0.1932 c	19.18 e	0.2187 c	21.62 de
10	0.1432 c	13.72 e	0.1948 c	18.67 e

* means of 4 replications. Means in each column followed by different letters were significantly different by LSD at $P< 0.01$

** % of total N uptake





รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อ

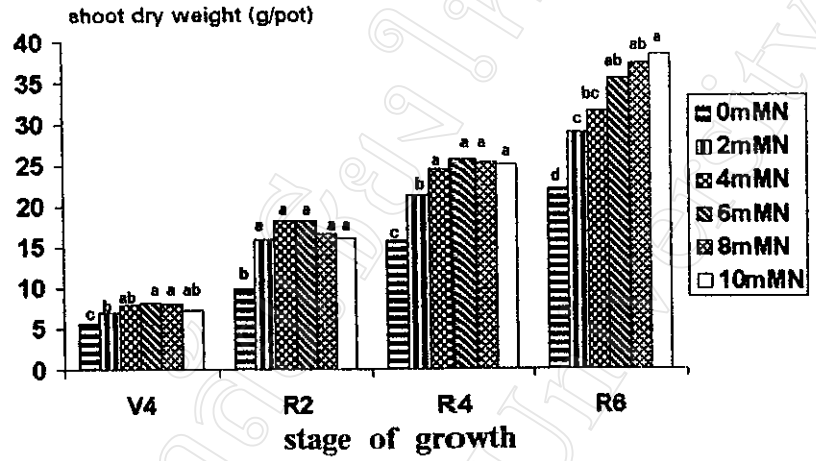
4.12 ผลของการใส่ NH_4^+-N

4.121 <u>การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

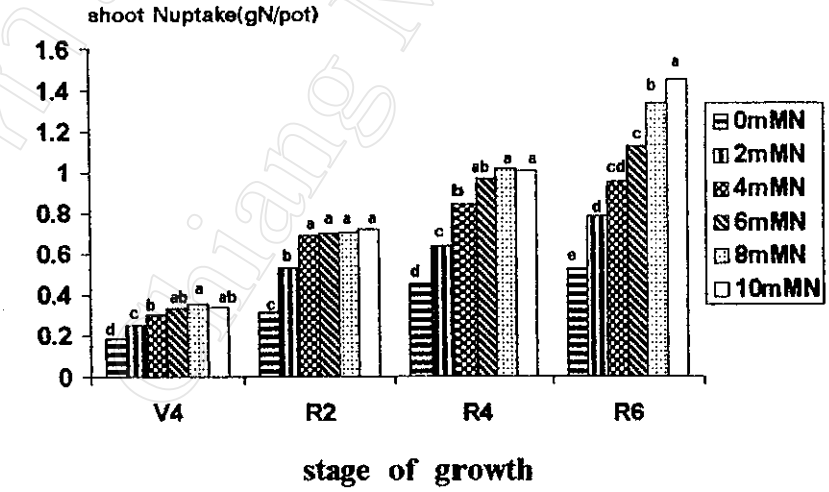
การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวง ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N อัตรา 2 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 25 62 35 และ 32 % ($P<0.01$) สำหรับอัตรา 4 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 42 85 55 และ 43 % ($P<0.01$) สำหรับความแตกต่างระหว่างอัตรา 2 กับ 4 mM NH_4^+-N มีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะระยะ R_4 และ R_6 เท่านั้น ส่วนอัตรา 6 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ในระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 46 84 62 และ 61 % ($P<0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 mM NH_4^+-N ในทุกระยะการเจริญเติบโต การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 8 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินแตกต่างจากอัตรา 4 และ 6 mM NH_4^+-N และที่ระยะ R_2 อัตรา 8 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 , 4 และ 6 mM NH_4^+-N สำหรับที่ระยะ R_6 ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตรา 10 mM NH_4^+-N การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 มากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ประมาณ 30 63 58 และ 74 % ($P<0.01$) โดยที่ระยะ V_4 และ R_2 อัตรา 10 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างจากอัตรา 2 , 4 , 6 และ 8 mM NH_4^+-N ส่วนที่ระยะ R_4 ปุ๋ยอัตรานี้ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 , 6 และ 8 mM NH_4^+-N และที่ระยะ R_6 ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 และ 8 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 10)

4.122 <u>การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

ที่ระยะ V_4 R_2 และ R_4 เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ถั่วแดงหลวงมีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินประมาณ 35 60 และ 86 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตลอดช่วงการเจริญเติบโต ตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_6 การใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มมากขึ้นทุกระยะการเจริญเติบโต โดยอัตรา 2 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 37 70 40 และ 49 % ($P<0.01$) ส่วนที่อัตรา 4 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 มากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ประมาณ 66 121 85 และ 81 % ($P<0.01$) สำหรับความแตกต่างระหว่าง อัตรา 2 และ 4 mM NH_4^+-N ในทุกระยะของการเจริญเติบโตมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ระยะ R_6 สำหรับอัตรา 6 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ทุกระยะการเจริญเติบโตคือ ประมาณ 84 123 113 และ 115 % ($P<0.01$) ซึ่งอัตรา 6 mM NH_4^+-N ไม่ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินแตกต่างจากอัตรา 4 mM NH_4^+-N แต่ต่างจากอัตรา 2 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตรา 8 mM NH_4^+-N นั้นมีผลทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 96 125 124 และ 155 % ($P<0.01$) โดยที่ระยะ V_4 และ R_4 ปุ๋ยอัตรานี้ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงที่สุด แต่ปุ๋ยอัตรานี้ก็ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 mM NH_4^+-N ในทุกระยะของการเจริญเติบโต และในระยะ R_2 ยังไม่แตกต่างจากอัตรา 4 mM NH_4^+-N อีกด้วย อัตรา 10 mM NH_4^+-N ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่าอัตรา 0 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 ประมาณ 86 128 121 และ 77 % ($P<0.01$) ตามลำดับ โดยที่ระยะ R_2 และ R_6 ทำให้การสะไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปุ๋ยอัตรานี้กับอัตราอื่น ๆ พบว่าอัตรา 10 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 , 6 และ 8 mM NH_4^+-N ที่ระยะ V_4 และ R_2 แต่ที่ระยะ R_4 ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 และ 8 mM NH_4^+-N ส่วนที่ระยะ R_6 อัตรา 10 mM NH_4^+-N แตกต่างกับอัตรา 2 , 4 และ 6 mM NH_4^+-N ($P<0.01$) แต่ไม่ต่างจากอัตรา 8 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 11)



รูปที่ 10 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน ของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



รูปที่ 11 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน ของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

4.123 น้ำหนักแห้งของปม

เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N แต่ละอัตราทำให้ถั่วแดงหลวงมีน้ำหนักแห้งของปมลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ($P<0.01$) โดยการลดลงของน้ำหนักแห้งของปมแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าจะเป็นระยะ V_4 และ R_2 ซึ่งที่ระยะ V_4 ผลของการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ในอัตรา 6 8 และ 10 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และที่ระยะ R_2 ผลของการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ในอัตรา 4 และ 6 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และอัตรา 6 8 และ 10 mM NH_4^+-N ก็ไม่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ดังตารางที่ 4

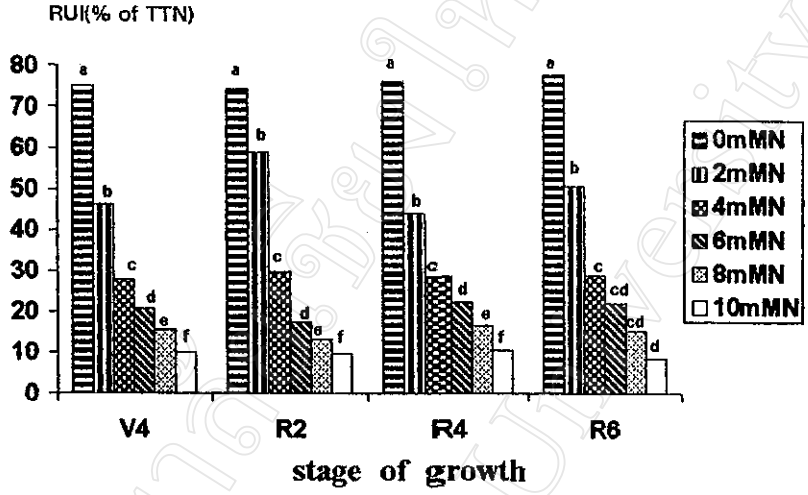
ตารางที่ 4 ผลของการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงในระยะ V_4 และ R_2

application rate (mM NH_4^+-N)	nodule dry weight *			
	V_4		R_2	
	mg/pot	mg/plant	mg/pot	mg/plant
0	470.6 a	156.8 a	428.4 a	142.8 a
2	307.5 b	102.5 b	233.6 b	77.87 b
4	193.9 c	64.63 c	84.54 c	28.18 c
6	60.26 d	20.09 d	42.97 cd	14.32 cd
8	44.67 d	14.89 d	25.09 d	8.36 d
10	13.36 d	4.45 d	15.30 d	5.10 d

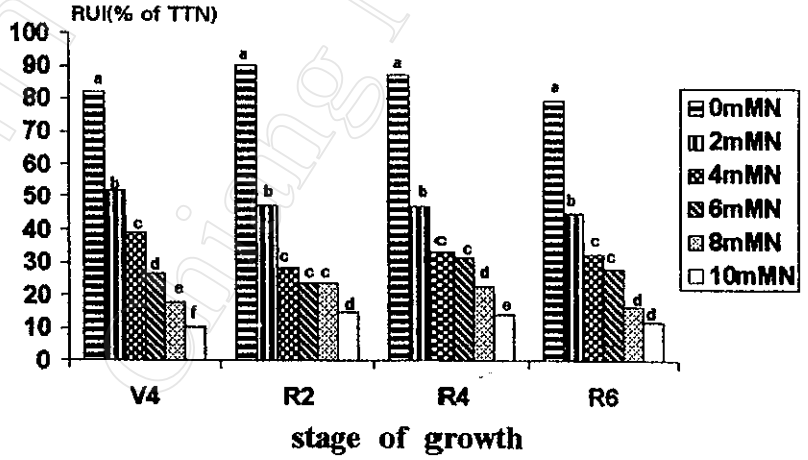
* Means of 4 replications .Means followed by different letters were significant different by LSD at $P<0.01$

4.124 สัดส่วนของไนโตรเจนในรูปต่างๆในเนื้อเยื่อลำต้นและในน้ำเลี้ยง

เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าดัชนียูริไอ ด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นและน้ำเลี้ยงที่ระยะ V_4 มีประมาณ 75-82 % ของไนโตรเจนทั้งหมด โดยที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อสูงสุดที่ระยะ R_6 คือ มีประมาณ 78 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ขณะที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงสูงสุดที่ระยะ R_2 คือมีประมาณ 90 % ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อลำต้นและน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยที่อัตรา 2 mM NH_4^+-N ทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ในเนื้อเยื่อลำต้นสูงสุดที่ระยะ R_2 คือมีประมาณ 59 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ในน้ำเลี้ยงมีค่าสูงสุดที่ระยะ V_4 คือมีประมาณ 52 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของทั้งเนื้อเยื่อลำต้นและน้ำเลี้ยงจากการใส่ปุ๋ยอัตรานี้ต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกระยะการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่อัตรา 4 mM NH_4^+-N ก็มีผลแตกต่างจากอัตรา 0 และ 2 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) เช่นกัน โดยการใส่ปุ๋ยอัตรานี้ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อลำต้นสูงสุดที่ระยะ R_2 คือประมาณ 30 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ขณะที่ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงสูงสุดที่ระยะ V_4 คือประมาณ 39 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนอัตรา 6 mM NH_4^+-N ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นไม่แตกต่างจากอัตรา 4 , 8 และ 10 mM NH_4^+-N ที่ระยะ R_6 เพียงระยะเดียว แต่แตกต่างจากอัตรา 0 และ 2 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ที่ระยะ R_4 การใส่ปุ๋ยอัตรา 6 , 8 และ 10 mM NH_4^+-N มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นสูงที่สุด คือประมาณ 22 17 และ 10 % ของไนโตรเจนทั้งหมด โดยแต่ละอัตราของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) สำหรับดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงการใส่ปุ๋ยอัตรา 6 mM NH_4^+-N ทำให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงแตกต่างจากอัตราอื่น ๆ ทุกอัตราที่ระยะ V_4 เท่านั้น ส่วนที่ระยะ R_2 ปุ๋ยอัตรานี้ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงไม่แตกต่างจากอัตรา 4 และ 8 mM NH_4^+-N และที่ระยะ R_4 ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 mM NH_4^+-N ที่ระยะ R_6 ค่าสูงสุดของดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของปุ๋ยอัตรา 6 mM NH_4^+-N มีประมาณ 31 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งไม่แตกต่างกับอัตรา 4 mM NH_4^+-N แต่มีค่าสูงกว่าอัตรา 8 และ 10 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ที่ระยะ R_2 การใส่ปุ๋ยอัตรา 8 และ 10 mM NH_4^+-N ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์สูงสุดประมาณ 24 และ 15 %ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งทั้ง 2 อัตรา ไม่แตกต่างกันที่ระยะ R_6 เพียงระยะเดียวเท่านั้น



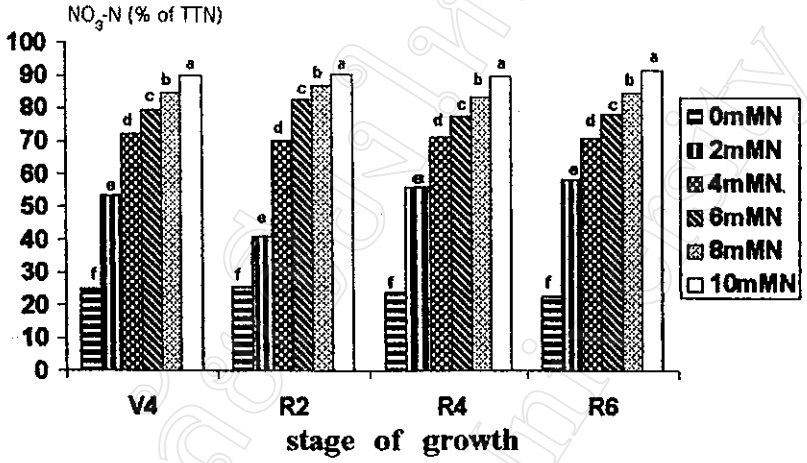
รูปที่ 12 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



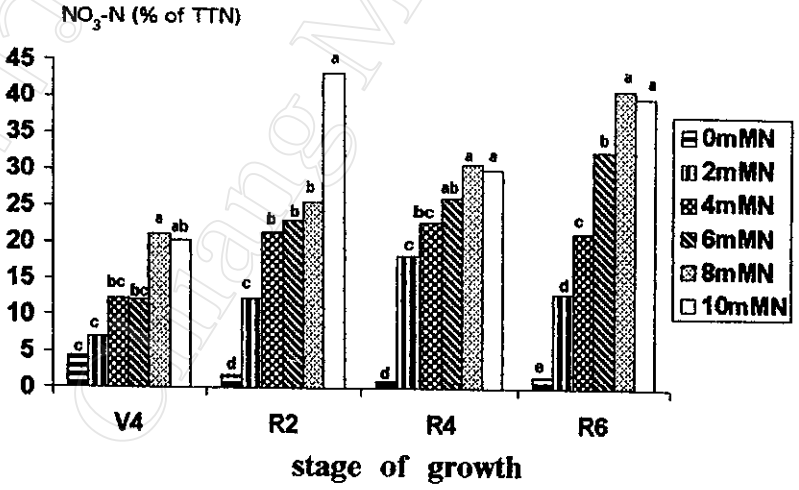
รูปที่ 13 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

ส่วนปริมาณของ NO_3^--N เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของลำต้นมีสูงถึง 25 % ของไนโตรเจนทั้งหมด (รูปที่ 14) ในขณะที่ตัวอย่างน้ำเลี้ยงมีเพียง 4 % ของไนโตรเจนทั้งหมด (รูปที่ 15) ส่วนที่ระยะ R_2 R_4 และ R_6 ปริมาณของ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อของลำต้นมีประมาณ 26 24 และ 23 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ในขณะที่ในน้ำเลี้ยงมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 2 1 และ 2 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ทำให้ปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อของลำต้นเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$) โดยปริมาณ NO_3^--N มีปริมาณสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยอัตรา 10 mM NH_4^+-N คือในระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 มีประมาณ 90-91 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) สำหรับปริมาณ NO_3^--N ของน้ำเลี้ยงที่ระยะ V_4 อัตรา 2 4 และ 6 mM NH_4^+-N ไม่แตกต่างจากอัตรา 0 mM NH_4^+-N แต่ที่ระยะ R_2 R_4 และ R_6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงมีค่าสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยอัตรา 8 mM NH_4^+-N โดยในระยะ V_4 R_4 และ R_6 มีค่าประมาณ 21 31 และ 41 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 10 mM NH_4^+-N สำหรับที่ระยะ V_4 และ R_6 ส่วนที่ระยะ R_4 ยังไม่ต่างกับอัตรา 6 mM NH_4^+-N อีกด้วย สำหรับอัตรา 10 mM NH_4^+-N นั้นทำให้ค่าปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงสูงสุดที่ระยะ R_2 คือมีประมาณ 43 % ของไนโตรเจนทั้งหมดและแตกต่างจากอัตรา ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$)

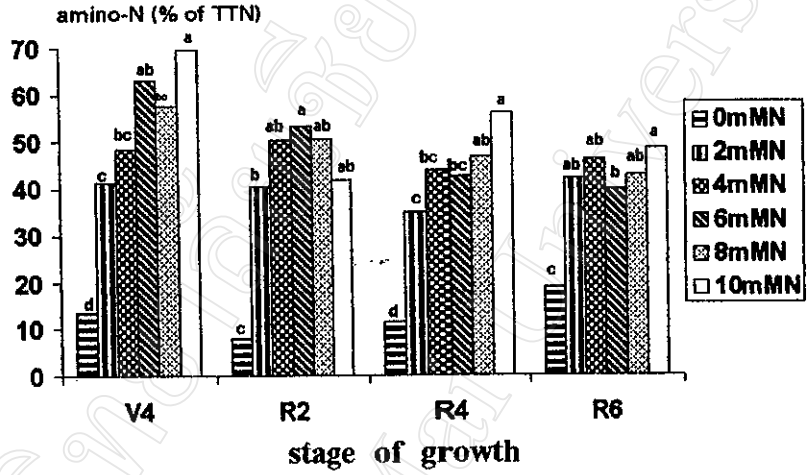
เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ระยะ V_4 R_2 R_4 และ R_6 มีประมาณ 14 8 12 และ 19 % ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NH_4^+-N ในอัตราต่าง ๆ พบว่าทุกอัตราทำให้ปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงมากกว่าการใส่ปุ๋ย($P<0.01$) ที่ระยะ V_4 อัตรา 10 mM NH_4^+-N ให้ปริมาณ amino-N สูงสุดคือ 70 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 6 และ 8 mM NH_4^+-N แต่ต่างจากกอัตรา 2 และ 4 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ($P<0.01$) ส่วนที่ระยะ R_2 ปริมาณ amino-N ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ V_4 เมื่อมีการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา ยกเว้นอัตรา 4 mM NH_4^+-N โดยที่อัตรา 6 mM NH_4^+-N ทำให้ปริมาณ amino-N สูงสุดประมาณ 53 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 4 8 และ 10 mM NH_4^+-N แต่ต่างจากอัตรา 2 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$) ในระยะ R_4 ทำให้ปริมาณ amino-N เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลดลงเล็กน้อยยกเว้นที่อัตรา 10 mM NH_4^+-N เท่านั้นที่ทำให้ปริมาณ amino-N เพิ่มขึ้นจากระยะ R_2 เป็น 56 % ของไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับอัตรา 10 mM NH_4^+-N ไม่



รูปที่ 14 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อปริมาณ NO_3-Nในเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



รูปที่ 15 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อปริมาณ NO_3-Nในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต



รูปที่ 16 ผลของอัตราการใส่ NH_4-N ต่อสัดส่วนของ amino - N ในน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

แตกต่างจากอัตรา 8 mM NH_4^+-N แต่ต่างจากอัตรา 2 4 และ 6 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ที่ระยะ R_6 อัตรา 10 mM NH_4^+-N ทำให้ปริมาณ amino-N มีค่าสูงกว่าอัตราอื่นคือมีประมาณ 48 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ก็ต่ำกว่าที่ระยะ R_4 อย่างไรก็ตามอัตรา 10 mM NH_4^+-N ก็ไม่แตกต่างกับอัตรา 2 4 และ 8 mM NH_4^+-N แต่ต่างจากอัตรา 6 mM NH_4^+-N อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$)ดังรูปที่ 16

4.125 <u>ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ที่วิเคราะได้จากน้ำเลี้ยงกับเนื้อเยื่อของลำต้น</u>

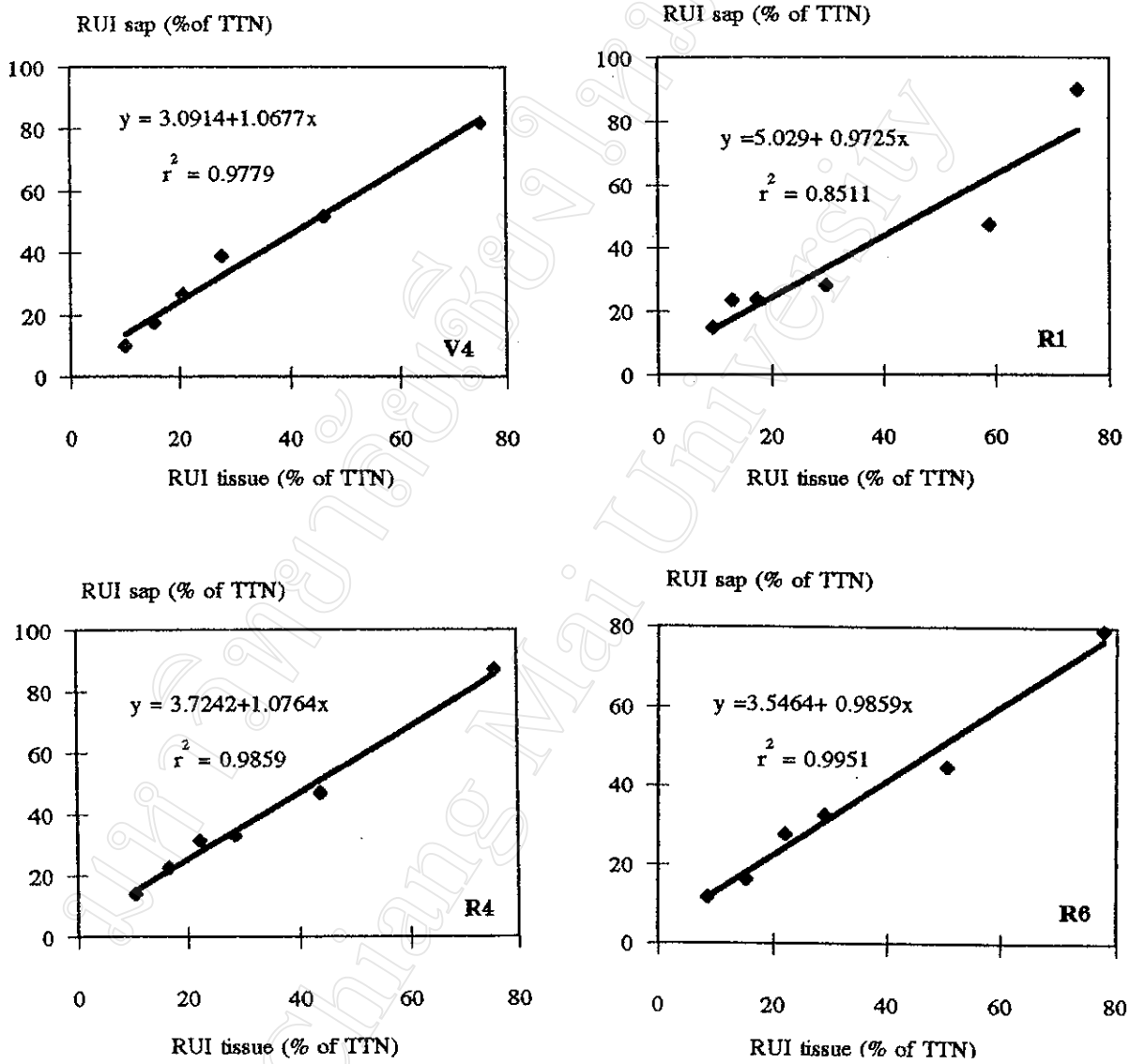
จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงกับเนื้อเยื่อลำต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ linear regession พบว่าดัชนีทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทุกระยะการเจริญเติบโต (รูปที่ 17) และจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดังกล่าว สามารถประเมินค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อพืชจากดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงได้ดังนี้

ระยะ V_4 :	$Y = 3.0914+1.0677X$	$r^2=0.9779$	MSE*=15.23
ระยะ R_2 :	$Y = 5.0290+0.9725X$	$r^2=0.8511$	MSE =114.2
ระยะ R_4 :	$Y = 3.7242+1.0764X$	$r^2=0.9859$	MSE =9.558
ระยะ R_6 :	$Y = 3.5464+0.9859X$	$r^2=0.9951$	MSE =2.967

เมื่อ Y = ดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง

X = ดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อลำต้น

MSE*= Resicuce mean square



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ เมื่อมีการใส่ปุ๋ย NH_4-N

4.2 ผลการทดลองในสภาพไร่นา

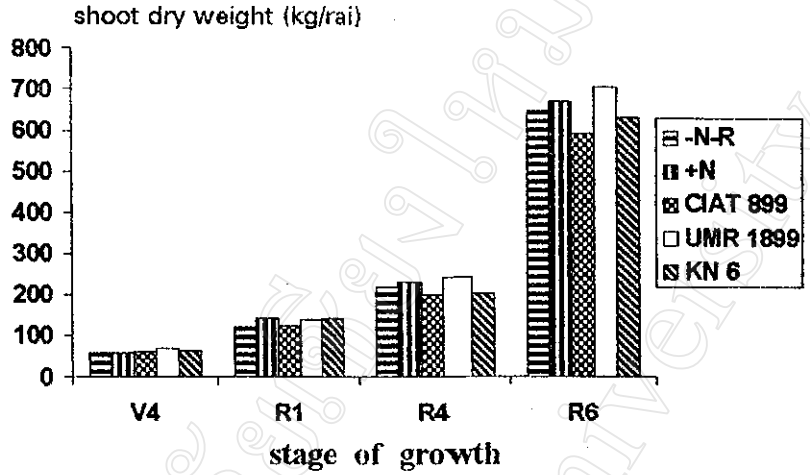
4.21 สถานีทดลองป่างดะ

4.211 การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน

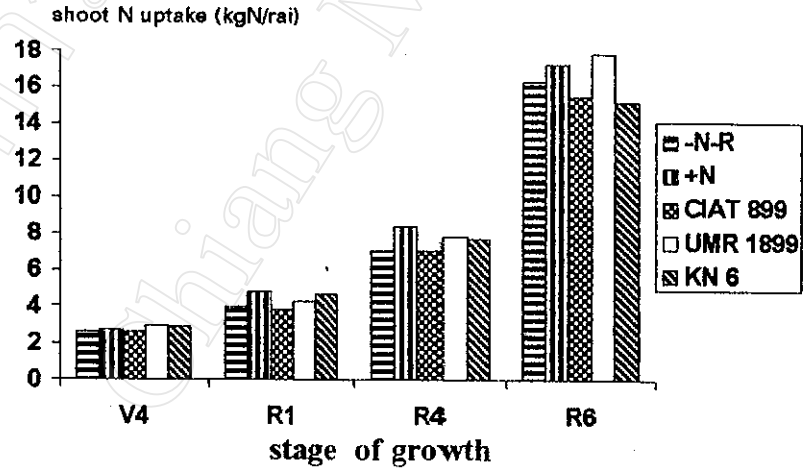
การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงทุกตำรับการทดลอง ในแต่ละระยะของในการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มขึ้นจาก ตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม (control) ที่ระยะ R_1 R_4 และ R_6 ประมาณ 18 7 และ 4 % ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 จะทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 ประมาณ 16 16 11 และ 9 % ตามลำดับ ที่ระยะ V_4 และ R_1 ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น 3 และ 2 % ส่วนตำรับที่ใส่ isolate KN6 เพิ่มขึ้น 9 และ 6 % แต่ที่ระยะ R_4 และ R_6 การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินในตำรับที่ใส่สายพันธ์ CIAT 899 ลดลง 8 และ 9 % ส่วนตำรับที่ใส่ isolate KN6 ลดลง 7 และ 34 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับอัตราที่ไม่ใส่ทั้งปุ๋ยไนโตรเจนและเชื้อไรโซเบียม (รูปที่ 18)

4.212 การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน

ที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและเชื้อไรโซเบียมมีประมาณ 16 24 และ 43 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตลอดช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_6 การใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงแตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (control) ในทุกระยะการเจริญเติบโตของถั่วแดงหลวง อย่างไรก็ตามตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่า control ที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 ประมาณ 14 7 11 และ 9 % ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่า control ที่ระยะ V_4 1 % เพียงระยะเดียวเท่านั้น ส่วน isolate KN6 ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่า control ที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 ประมาณ 11 17 และ 9 % สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่ม การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยูเหนือดินสูงกว่า control ที่การเจริญเติบโตระยะเดียวกันประมาณ 4 20 19 และ 6 % ตามลำดับ (รูปที่ 19)



รูปที่ 18 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ



รูปที่ 19 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

4.213 น้ำหนักแห้งของปม

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้งของปมลดลงเมื่อเทียบกับตำรับ control ซึ่งไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ได้ใส่เชื้อไรโซเบียม โดยเฉพาะในระยะ R_1 ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีน้ำหนักแห้งของปมน้อยกว่า control ประมาณ 31 % อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับตำรับ control ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ สำหรับการใส่เชื้อไรโซเบียมทั้ง 3 ตำรับทำให้ถั่วแดงมีน้ำหนักแห้งของปมมากกว่า control โดยน้ำหนักแห้งของปมที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะ V_4 มีประมาณ 100 % สำหรับสายพันธุ์ UMR 1899 63 % สำหรับ isolate KN 6 และ 25 % สำหรับสายพันธุ์ CIAT 899 ในระยะ R_1 มีเพียงสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolateKN6 ที่ทำให้น้ำหนักแห้งของปมมากกว่า control โดยการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งของปมมีประมาณ 25 และ 16 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองทุกตำรับที่ระยะ R_1 ก็ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีบางดะ

Treatment	growth stage	
	V_4	R_1
	nodule DW (mg/plant)	
-N-R	5.137 (100) **	23.05 (100) **
+N	4.735 (92.2)	7.146 (31)
CIAT 899	6.409 (125)	21.10 (91.5)
UMR 1899	10.27 (200)	28.75 (125)
KN6	8.393 (163)	26.63 (116)

* Means of 4 replication.

** figures parenthesis were nodule indices as compared to the control

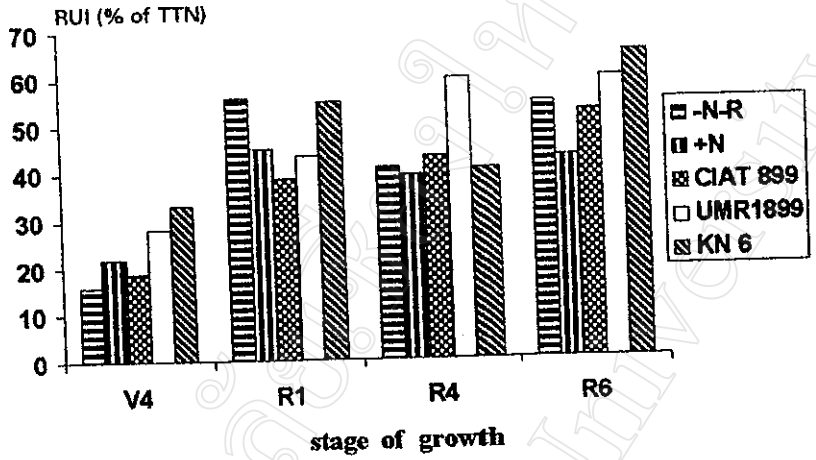
4.214 สัดส่วนของไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ในน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น

ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง

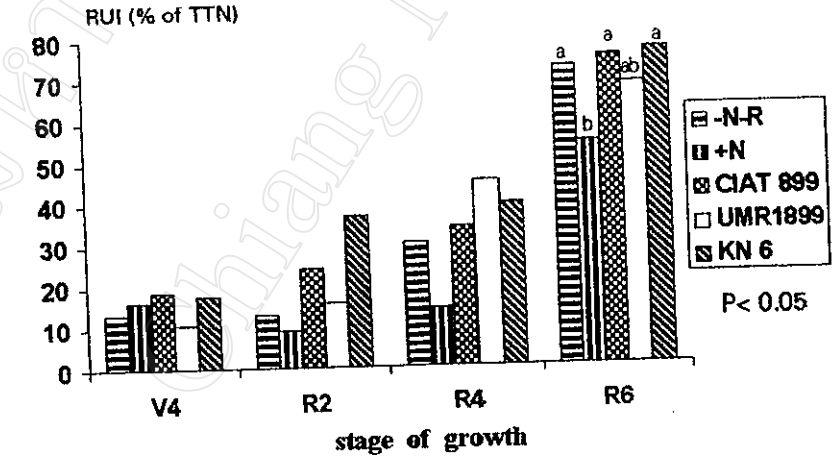
ที่ระยะ V_4 เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม (control) ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงมีประมาณ 16 % การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของถั่วแดงมากกว่า control การใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละตำรับก็ให้ผลเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยเฉพาะ isolate KN6 และ สายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่า control ประมาณ 1.8 และ 2 เท่าตัว ตามลำดับ ส่วน CIAT 899 มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มีประมาณ 17 % ที่ระยะ R_1 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของถั่วแดงหลวงในตำรับ control มีค่าสูงกว่าที่ระยะ V_4 ถึง 3.5 เท่าตัว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตลอดจนการใส่เชื้อไรโซเบียมไม่ทำให้ค่าดัชนียูริไอด์ในระยะ R_1 มากกว่า control ที่ระยะ R_4 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของถั่วแดงในตำรับ control ลดต่ำกว่าที่ระยะ R_1 เล็กน้อย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN6 และ CIAT 899 ไม่ทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์แตกต่างจาก control การใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ UMR 1988 ทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์เพิ่มจาก control ประมาณ 1.45 เท่า สำหรับดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเชื้อไรโซเบียมทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ระยะ R_4 สูงกว่าระยะ R_1 เมื่อเปรียบเทียบดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ระยะ R_6 กับระยะการเจริญเติบโตระยะอื่น ๆ พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าดัชนียูริไอด์สัมพันธ์ที่ระยะ R_6 มากกว่าระยะ R_4 สำหรับตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ระยะ R_6 มีค่าสูงที่สุด สำหรับ control และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ ที่ระยะ R_6 มีค่าต่ำกว่าที่ระยะ R_1 เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตำรับการทดลองทุกตำรับ ในทุกระยะของการเจริญเติบโตไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ (รูปที่ 20)

ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างเนื้อเยื่อ

ที่ระยะ V_4 ดัชนียูริไอด์ของเนื้อเยื่อลำต้นของถั่วแดงหลวงในตำรับ control มีค่าประมาณ 13 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ isolate KN 6 ทำให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นมีค่ามากจาก control ประมาณ 16 19 และ 18 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ UMR 1899 กลับทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ต่ำกว่า control คือมีค่าประมาณ 11 % ที่ระยะ R_1 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของ control มีค่าไม่แตกต่างจากระยะ V_4 ส่วนของตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ต่ำกว่าที่ระยะ V_4 และมีค่าต่ำกว่า control 1.4 เท่า ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกตำรับ มีดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่าระยะ V_4 และทุกตำรับทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่าตำรับ control คือมากกว่า ประมาณ 1.84 เท่า สำหรับสายพันธุ์ CIAT 899 1.19 เท่า สำหรับ UMR 1899 และ 2.79 เท่า สำหรับ isolate KN 6 ในระยะ R_1 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตำรับ control มีค่าสูงกว่าที่ระยะ V_4 ประมาณ 2.2 เท่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแม้ว่าจะทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ระยะ R_4 มากกว่าระยะ R_1 แต่ก็มีค่าต่ำกว่าตำรับ control ประมาณ 2 เท่า ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเชื้อไรโซเบียมมีค่าดัชนียูริไอด์สูงกว่าที่ระยะ R_1 โดยดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มีค่ามากกว่า control ประมาณ 1.13 เท่า สำหรับสายพันธุ์ CIAT 899 1.49 เท่า สำหรับ UMR 1899 และ 1.3 เท่า สำหรับ KN6 ที่ระยะ R_6 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของทุกตำรับมีค่าสูงที่สุด สำหรับตำรับ control ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่าที่ระยะ V_4 ประมาณ 5.6 เท่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ยังคงให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์(54 %)ต่ำกว่า control สำหรับการใช้เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ KN6 มีประมาณ 75 และ 77 % ตามลำดับซึ่งสูงกว่า control ส่วนสายพันธุ์ UMR 1899 มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ต่ำกว่า control คือมีค่าประมาณ 68 % อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองทุกตำรับ ในทุกระยะของการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ระยะ R_6 ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ สำหรับที่ระยะ R_6 ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกสายพันธุ์ให้ผลไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจาก control สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นตำรับที่ให้ค่าดัชนียูริไอด์ต่ำกว่าตำรับอื่น($P<0.05$) ดังรูปที่21

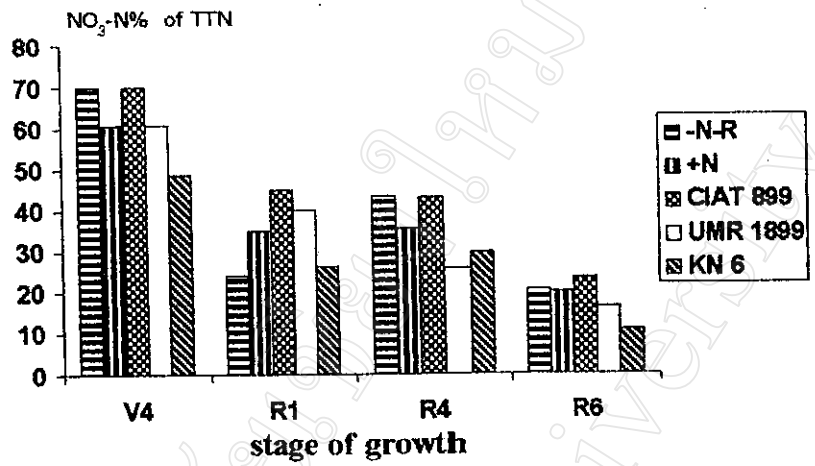


รูปที่ 20 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนีรูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

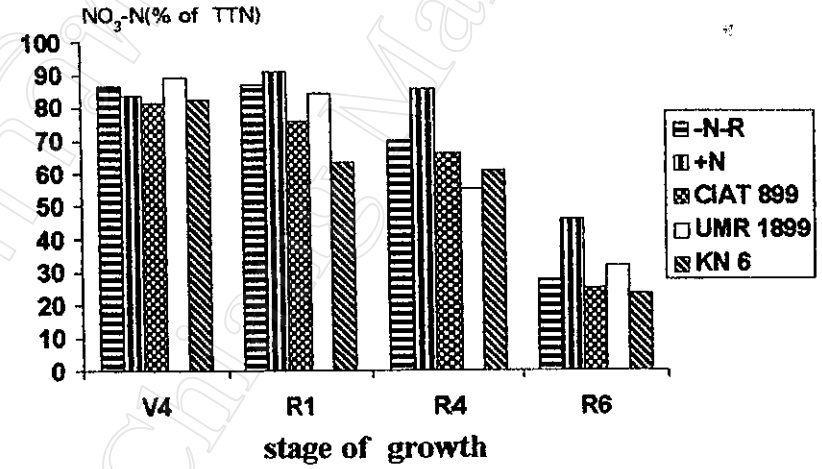


รูปที่ 21 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนีรูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

สำหรับปริมาณของ NO_3^--N ที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงพบว่าทุกระยะของการเจริญเติบโต ตำรับ control มีปริมาณ NO_3^--N ที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 ประมาณ 70 24 43 และ 21 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ NO_3^--N ที่การเจริญเติบโตในระยะเดียวกัน มีประมาณ 61 35 35 และ 20 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญในทุกระยะของการเจริญเติบโต สำหรับตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมพบว่า สายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้ปริมาณ NO_3^--N สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ มากกว่า control ที่ระยะ R_1 และ R_6 โดยมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 45 - 23 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้ปริมาณ NO_3^--N ที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 มีประมาณ 61 40 26 และ 16 % ของไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับ isolate KN 6 ทำให้ปริมาณ NO_3^--N ที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 มีประมาณ 49 26 30 และ 11 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ความแตกต่างระหว่างตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมกับตำรับ control ไม่มีนัยสำคัญเช่นกัน สำหรับปริมาณ NO_3^--N ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อของตำรับ control ที่ระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 มีประมาณ 87 87 70 และ 28 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ที่ระยะ V_4 ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซฌบียมสายพันธุ์ UMR 1899 มีปริมาณ NO_3^--N สูงกว่าตำรับอื่น ๆ คือมี 89 % ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ไม่ทำให้แตกต่างจากตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับที่ระยะ R_1 R_4 และ R_6 ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกตำรับมีปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อต่ำกว่า control และปริมาณ NO_3^--N ลดลงตามระยะการเจริญเติบโต โดย isolate KN 6 ให้ปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อต่ำกว่าไรโซเบียมอีก 2 สายพันธุ์เกือบทุกระยะ ยกเว้นระยะ R_4 ซึ่งสายพันธุ์ UMR 1899 ให้ปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อต่ำที่สุด สำหรับที่ระยะ R_1 R_4 และ R_6 ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณ NO_3^--N สูงสุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่น ๆ คือมีประมาณ 91 86 และ 45 % ของไนโตรเจนทั้งหมด มีเพียงระยะ R_6 เท่านั้นที่ทำให้มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับทดลอง โดยที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ต่างจากตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 เพียงตำรับเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สำหรับตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกตำรับมีปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อไม่แตกต่างจาก control ในทุกระยะของการเจริญเติบโต(รูปที่ 22และ 23)

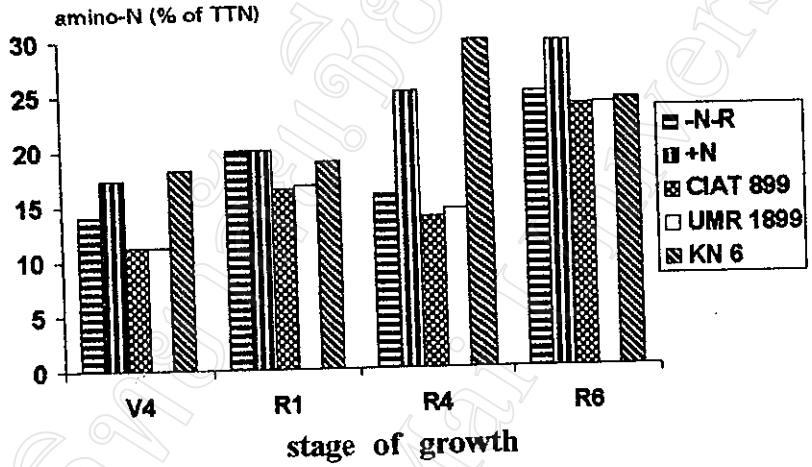


รูปที่ 22 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ NO_3-Nของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ



รูปที่ 23 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ NO_3-Nของเนื้อเยื่อของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ในตำรับ control ปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงในระยะ V_4 R_1 R_4 และ R_6 มีประมาณ 14 20 16 และ 25 % ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณ amino-N ที่ระยะ V_4 R_4 และ R_6 สูงกว่าตำรับ control ประมาณ 1.2 1.6 และ 1.2 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ สำหรับการใส่เชื้อไรโซเบียมพบว่า ที่ระยะ V_4 และR_4 เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 ทำให้ปริมาณ aminon-N สูงกว่าสายพันธุ์อื่น คือมีประมาณ 18 และ 30 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งมากกว่า control แต่ไม่แตกต่างจากตำรับ control และตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ สำหรับระยะ R_1 ตำรับ control และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ amino-N สูงกว่าตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมคือมีประมาณ 20 % ของไนโตรเจนทั้งหมด อย่างไรก็ตามในทุกระยะของการเจริญเติบโต ปริมาณ amino-N ของทุกตำรับการทดลองทุกตำรับไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ(รูปที่ 24)



รูปที่ 24 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ amino-N ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.215 <u>ปริมาณและเปอร์เซนต์การตรึงไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงเมื่อประเมินจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเลี้ยง</u>

ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ R_4 ถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ในตำรับ control ตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 3 kgN/ไร่ (ตารางที่ 6) ถ้าใช้วิธีการประเมินโดยการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง ซึ่งคิดเป็น 43 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในส่วนที่อยู่เหนือดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงเพิ่มขึ้นจาก control ประมาณ 8 % แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนลดต่ำกว่า control ประมาณ 8 % สำหรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ UMR 1899 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงใกล้เคียงกับ control แต่สำหรับตำรับการใส่สายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงต่ำกว่า control ประมาณ 14 % ส่วน isolate KN 6 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control ประมาณ 22 % และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์ปรากฏว่าการใส่ไรโซเบียม isolate KN 6 นี้ทำให้มีประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงสูงกว่า control ประมาณ 8 % อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างตำรับทดลองทุกตำรับไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในด้านปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง ถั่วแดงหลวงที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ได้รับเชื้อไรโซเบียม (control) สามารถตรึงไนโตรเจนตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ R_6 ได้ประมาณ 8.8 kgN/ไร่ (ตารางที่ 7) ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้มีประมาณ 53 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมอยู่ในส่วนเหนือดิน ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงใกล้เคียงกับตำรับ control แต่คิดเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมอยู่ในส่วนที่อยู่เหนือดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงต่ำกว่า control ประมาณ 7 % ส่วนเชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control ประมาณ 14 % สำหรับการใส่เชื้อไรโซเบียม CIAT 899 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีประมาณ 7.8 kgN/ไร่ ซึ่งต่ำกว่า control แต่เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control 4 % ส่วนไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control ประมาณ 27 % โดยทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง 11 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 57 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นถั่วตลอดฤดูปลูก และเมื่อเปรียบเทียบกับ control เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control ประมาณ 19 % อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในด้านปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

4.216 ปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงเมื่อประเมินจากการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อ

ถั่วแดงหลวงตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ R_4 ในตำรับ control ตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 2 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 28 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมอยู่ในส่วนที่อยู่เหนือดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ถั่วแดงหลวงมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนไม่แตกต่างจาก control แต่ในแง่ของเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีน้อยกว่า control ประมาณ 10 % ส่วนการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกตำรับทำให้ถั่วแดงหลวงมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนมากกว่า control โดยตำรับที่มีการเชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 ให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงที่สุดคือประมาณ 3.4 kgN/ไร่ ซึ่งดีกว่า control ประมาณ 67 % รองลงมาคือตำรับที่ใส่สายพันธุ์ CIAT 899 ซึ่งตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 2.9 kgN/ไร่ ซึ่งมากกว่า control ประมาณ 41 % ส่วนตำรับที่ใส่สายพันธุ์ UMR 1899 สามารถตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 2.2 kgN/ไร่ ซึ่งมากกว่า control ประมาณ 9 % เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงปรากฏว่า isolate KN 6 มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงกว่า control ประมาณ 52 % รองลงมาคือ สายพันธุ์ CIAT 899 ซึ่งมีประสิทธุภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงกว่า control ประมาณ 30 % ส่วนสายพันธุ์ UMR 1899 มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนมากกว่า control ประมาณ 12 % แต่ในทางสถิติทุกตำรับทดลองให้ปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไม่แตกต่างกัน ในตำรับ control ถั่วแดงหลวงมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนประมาณ 9 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 55 % ของไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นถั่วตั้งแต่เมปลูกจนถึงระยะ R_6 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้ถั่วแดงหลวงมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมี 7.2 และ 8.8 kgN/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 42 และ 57 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ที่ต้นถั่วได้รับตลอดฤดูปลูก สำหรับการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงกว่า control ประมาณ 21 และ 5 % ซึ่งเท่ากับปริมาณไนโตรเจน 11 และ 9.5 kgN/ไร่ ตามลำดับ เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไนโตรเจนทั้ง 2 สายพันธุ์ใกล้เคียงกันคือประมาณ 62 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมอยู่ในส่วนที่อยู่เหนือดิน ซึ่งมากกว่า control ประมาณ 13 และ 14 % ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าตำรับการทดลองทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในด้านปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

ตารางที่ 6 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณและเปอร์เซนต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_4 ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ เมื่อประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น

Treatment	sap		tissue	
	N_2-fixed			
	kgN/rai	%	kgN/rai	%
-N-R	3.021	42.63	2.029	28.46
+N	3.265	39.60	2.013	25.65
CIAT 899	2.928	37.73	2.859	37.22
UMR 1899	3.002	42.38	2.214	31.87
KN6	3.697	46.29	3.393	42.31
	non significant			

Mean of 4 replications.

ตารางที่ 7 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณและเปอร์เซนต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_6 ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ เมื่อประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น

Treatment	sap		tissue	
	N_2-fixed			
	kgN/rai	%	kgN/rai	%
-N-R	8.842	53.32	9.093	55.00
+N	8.722	49.74	7.238	42.41
CIAT 899	7.840	50.63	8.818	57.27
UMR 1899	11.23	63.26	11.01	62.24
KN6	8.842	57.43	9.509	62.52
	non significant			

Mean of 4 replications.

4.22 สถานีทดลองแกน้อย

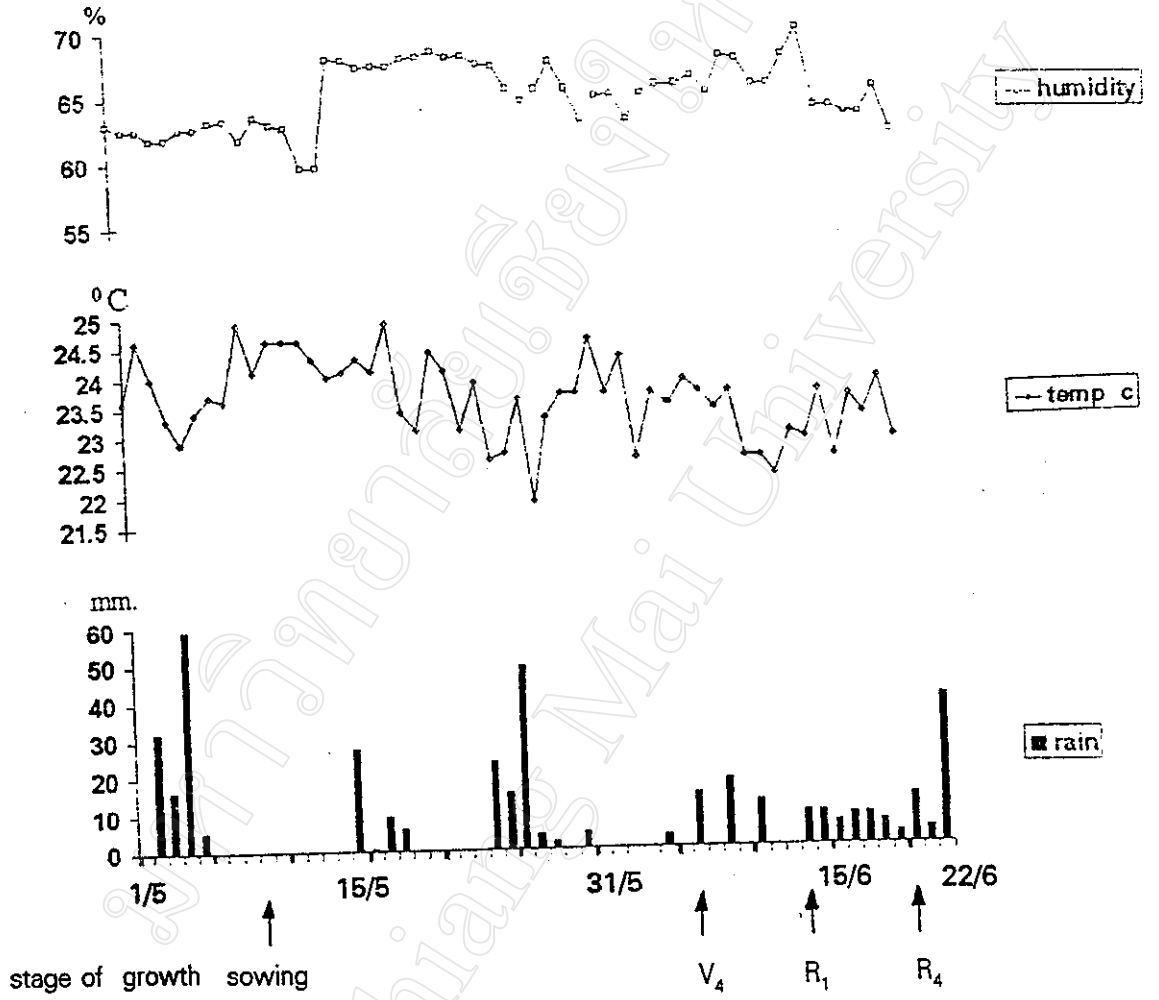
หลังจากระยะ R_4 ปริมาณน้ำฝน ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย มีน้อยลง(รูปที่ 25) ทำให้สภาพดินแห้งมาก จนไม่สามารถจะเก็บตัวอย่างน้ำเลี้ยงได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเสนอข้อมูลถึงระยะ R_4 เท่านั้น

4.221 <u>การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงในทุกตำรับการทดลองในทุกระยะการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 26) อย่างไรก็ตามตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ V_4 และ R_1 เพิ่มขึ้นจากตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม (control) ประมาณ 2 และ 41 % แต่ที่ระยะ R_4 น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำกว่าตำรับ control เล็กน้อย ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินที่ระยะ R_1 มากกว่าตำรับ control ประมาณ 11 % ส่วนระยะอื่น ๆ การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินน้อยกว่า control เล็กน้อย ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่าตำรับ control ที่ระยะ R_4 เพียงระยะเดียวเท่านั้น คือมากกว่า control ประมาณ 2 % สำหรับตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซฌบียม isolate KN 6 ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน ที่ระยะ V_4 ใกล้เคียงกับ control แต่ที่ระยะ R_1 และ R_4 ให้น้ำหนักแห้งมากกว่า control ประมาณ 19 และ 12 % ตามลำดับ

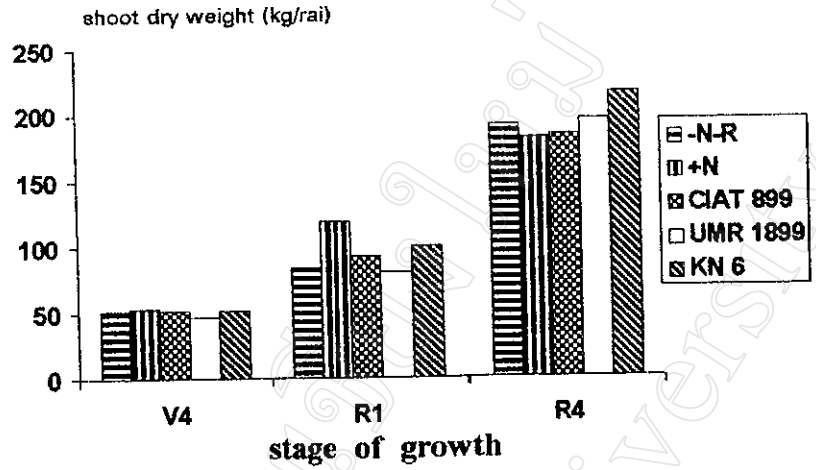
4.222 <u>การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดิน</u>

ที่ระยะ V_4 ทุกตำรับมีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินใกล้เคียงกัน คือประมาณ 2 kgN/ไร่ ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงกว่า control ประมาณ 36 % ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ isolate KN 6 มีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินมากกว่า control ประมาณ 9 และ 27 % ตามลำดับ ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำกว่า control ประมาณ 12 % ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำกว่า control ประมาณ 4 % ส่วน ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ให้การสะสมไนโตรเจนต่ำกว่า control ประมาณ 2 % สำหรับตำรับที่มีการใส่สายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ทำให้การสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินในระยะนี้มากกว่า control ประมาณ 3 และ 15 % ตามลำดับ(รูปที่ 27) อย่างไรก็ตามการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงทุกระยะของการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

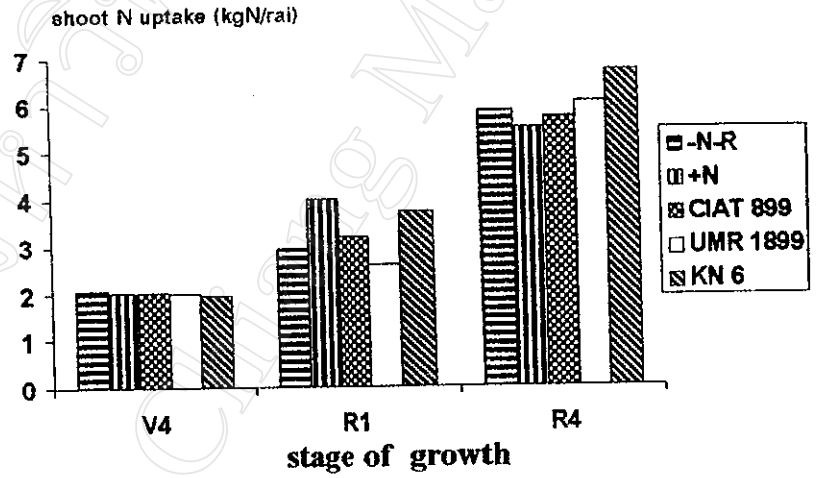


รูปที่ 25 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม ถึงวันที่ 22 มิถุนายน 2539 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 26 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย



รูปที่ 27 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมไนโตรเจน ของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

4.223 น้ำหนักแห้งของปม

ที่ระยะ V_4 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกสายพันธุ์ ทำให้น้ำหนักแห้งของปมมากกว่า control แต่มีเฉพาะการใส่สายพันธุ์ CIAT 899 และ UMR 1899 ซึ่งทำให้น้ำหนักแห้งของปมแตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญ สายพันธุ์ UMR 1899 ทำให้น้ำหนักแห้งของปมมีมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจาก CIAT 899 ในทางสถิติ ส่วนสายพันธุ์ CIAT 899 isolate KN 6 และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ก็ไม่แตกต่างกันในทางสถิติเช่นกันในระยะ R_1 ถั่วแดงหลวงในตำรับ control และ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีน้ำหนักแห้งของปมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ V_4 แต่สำหรับตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ มีน้ำหนักแห้งของปมมากขึ้น ตำรับ control ยังคงให้น้ำหนักแห้งของปมต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ แต่มีเฉพาะตำรับที่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 เท่านั้นที่แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญ แต่สายพันธุ์นี้ก็ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ isolate KN 6 ด้วย ในระยะ R_4 น้ำหนักแห้งของปมในตำรับ control เพิ่มขึ้นเกือบ 12 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบกับระยะ R_1 สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 มีน้ำหนักแห้งของปมที่ระยะ R_4 มากกว่าระยะ R_1 ประมาณ 4 และ 2 เท่าตามลำดับ ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ UMR 1899 มีน้ำหนักแห้งของปมน้อยกว่าระยะ R_1 ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 มีน้ำหนักแห้งของปมต่ำกว่า control ประมาณ 51 และ 79 % ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งของปมในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ใกล้เคียงกับตำรับ control ในขณะที่การใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ให้น้ำหนักแห้งของปมมากกว่า control ประมาณ 43 % ดังตารางที่ 8 อย่างไรก็ตามความแตกต่างของน้ำหนักแห้งของปมในระหว่างตำรับการทดลองทุกตำรับในระยะ R_4 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 8 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

Treatment	growth stage		
	V_4	R_1	R_4
	nodule DW (mg/plant)*		
-N-R	0.6852 c	0.4708 b	12.74 (100)**
+N	8.4160 bc	1.5730 b	6.517 (51)
CIAT 899	14.1200 ab	23.4100 ab	12.54 (98)
UMR 1899	23.5300 a	32.4290 a	18.27 (143)
KN6	3.5290 bc	5.2010 b	10.01 (79)

* Means of 4 replications . Means in each column followed by diffrent letters were significantly different by LSD at $P<0.01$

**figures parenthesis were nodule indices as compared to the control.

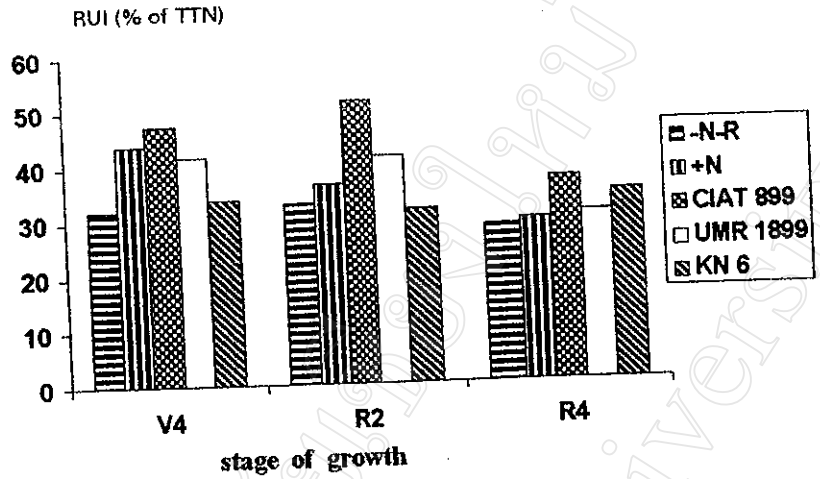
4.224 สัดส่วนของไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น

ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง

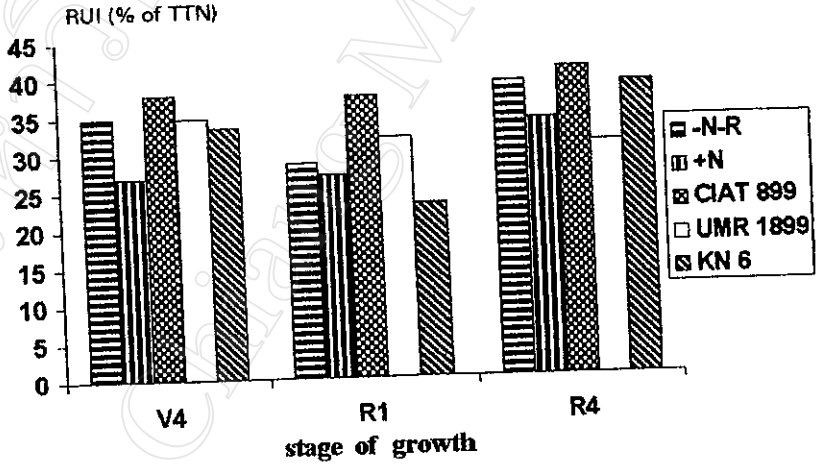
ที่ระยะ V_4 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตำรับ control มีประมาณ 32 % สำหรับตำรับการทดลองอื่นทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่า control โดยค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประมาณ 44 % ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 47 % สำหรับสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 42 และ 34 % ตามลำดับ (รูปที่ 28) ที่ระยะ R_1 ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของถั่วแดงหลวงในตำรับ control และที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะ V_4 แต่สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ลดลง ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์เพิ่มขึ้น การใส่เชื้อไรโซเบียมทุกสายพันธุ์ยกเว้น isolate KN 6 และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์สูงกว่า control โดยดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์สูงสุด เมื่อมีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 คือมีค่าประมาณ 52 % ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าดัชนียูริไอด์ประมาณ 37 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ที่ระยะ R_4 ทุกตำรับมีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ลดต่ำกว่าที่ระยะ R_1 ตำรับ control มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 29 % ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประมาณ 30 % ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมมีดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ดังนี้คือ 37 % สำหรับสายพันธ์ CIAT 899 31 % สำรับสายพันธุ์ UMR 1899 และ 35 % สำหรับ isolate KN 6 อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองทุกตำรับในแต่ละระยะการเจริญเติบโตไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ

ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้น

ในระยะ V_4 ตำรับ control มีค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 35 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตำรับการทดลองที่ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์มากกว่า control มีเพียงตำรับเดียวคือ การใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ซึ่งให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 38 % ในขณะที่สายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 35 และ 34 % ตามลำดับ (รูปที่ 29) สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ที่ระยะนี้น้อยที่สุด ที่ระยะ R_1 ทุกตำรับให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ต่ำกว่าระยะ V_4 คือมีค่าอยู่ในช่วง 23-28 % ตำรับที่ให้ดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์น้อยกว่า control คือ ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 ซึ่งให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์ ประมาณ 27 และ 23 % ตามลำดับ ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ให้ค่าดัชนียูริไอด์สัมพัทธ์สูงสุดคือ 38 % และตำรับที่ใส่



รูปที่ 28 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

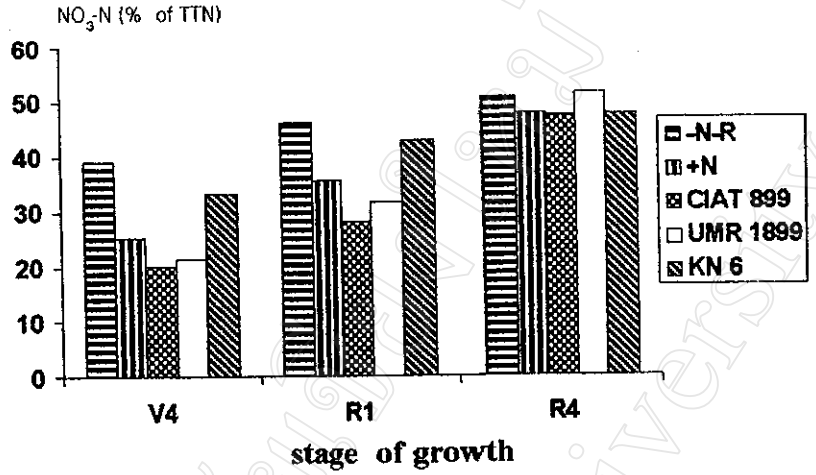


รูปที่ 29 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่างๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

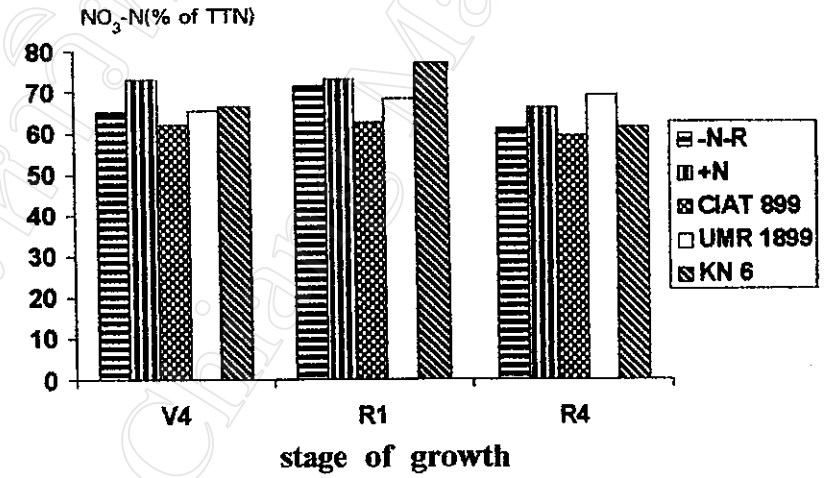
เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ให้ค่าประมาณ 32 % ที่ระยะ R4 ทุกตำรับมีค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์มากกว่าที่ระยะ R_1 โดยตำรับ control ให้ค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 39 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ให้ค่าดัชนียูรีไอด์สัมพัทธ์ประมาณ 41 % ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ให้ค่าประมาณ 31 และ 39 % ตามลำดับ สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าประมาณ 34 %

ในตำรับ control ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยง(รูปที่ 30) มีประมาณ 39 % ของไนโตรเจนทั้งหมดและเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต โดยที่ระยะ R_1 มีประมาณ 47 % ส่วนที่ระยะ R_4 มีประมาณ 51 % สำหรับตำรับอื่น ๆ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงเช่นกัน โดยทั่วไปตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและใส่เชื้อไรโซเบียม มีปริมาณ NO_3^--N ต่ำกว่า control ในทุกระยะการเจริญเติบโตยกเว้นระยะ R_4 ซึ่งตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 มีปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงไม่แตกต่างจาก control ที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 ตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 25 % 36 % และ 47 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ที่ระยะ V_4 และ R_1 สำหรับที่ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม isolate KN 6 มีปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงมากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ UMR 1899 คือมีปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงประมาณ 33% และ 43% ตามลำดับ ส่วนที่ระยะ R_4 ตำรับที่ใส่ isolate KN 6 มีปริมาณ NO_3^--N ไม่แตกต่างจากตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 เป็นตำรับที่ให้ปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงต่ำกว่าตำรับอื่น ๆ ในทุกระยะของการเจริญเติบโต คือมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 20 28 และ 47 % ของไนโตรเจนทั้งหมด ที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของปริมาณ NO_3^--N ในน้ำเลี้ยงในระหว่างตำรับการทดลองในทุกระยะการเจริญเติบโตไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อของลำต้น (รูปที่ 31) ในตำรับ control ในระยะ V_4 R_1 และ R_4 มีประมาณ 65 71 และ 61 % ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อของถั่วแดงหลวงเพิ่มขึ้นทุกระยะของการเจริญเติบโต คือมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 73 73 และ 67 % ของไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 ตามลำดับ สำหรับตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์ CIAT 899 มีปริมาณ NO_3^--N ในเนื้อเยื่อต่ำกว่า control ทุกระยะของการเจริญเติบโตคือมีปริมาณ NO_3^--N ไม่เกิน 62 % ในขณะที่ตำรับที่ใส่ isolate KN6 มีปริมาณ NO_3^--N ในเนื้เยื่อมากกว่า control ในระยะ V_4 และ R_1 คือมีปริมาณ NO_3^--N ประมาณ 67 และ 77 % ส่วนในระยะ R_4 มีปริมาณ NO_3^--N ใกล้เคียงกับ



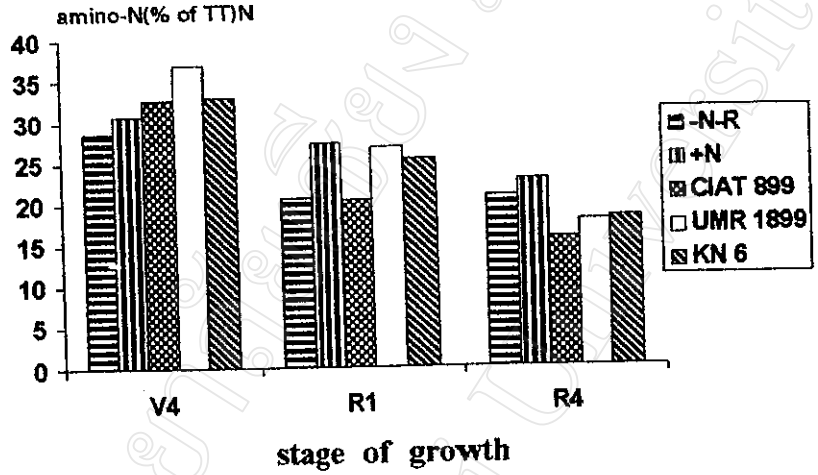
รูปที่ 30 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ NO_3-N ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย



รูปที่ 31 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ NO_3-N ของเนื้อเยื่อของลำต้นของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

control สำหรับสายพันธุ์ UMR 1899 มีปริมาณ NO_3^--N ในระยะ V_4 R_1 และ R_4 ประมาณ 65 68 และ 69 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างตำรับทดลองก็ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติเช่นกัน

สำหรับปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยง(รูปที่ 32) พบว่าปริมาณของ amino-N ของทุกตำรับทดลองมีค่าสูงสุดที่ระยะ V_4 และ ลดลงตามระยะของการเจริญเติบโต โดยในตำรับ control มีปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงที่ระยะ V_4 R_1 และ R_4 ประมาณ 29 20.6 และ 20.7 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ในระยะ V_4 ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมทุกตำรับมีปริมาณ amino-N สูงกว่า control คือ ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 มีปริมาณ amino-N ประมาณ 37 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 และ isolate KN 6 มีประมาณ 33 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประมาณ 31 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะ R_1 ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 เป็นตำรับเดียวที่ให้ค่าปริมาณ amino-N ใกล้เคียงกับ control ส่วนตำรับอื่น ๆ มีปริมาณ amino-N มากกว่า control ประมาณ 1.2-1.4 เท่า โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นตำรับที่มีปริมาณ amino-N สูงที่สุด ในระยะ R_6 ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นตำรับเดียวที่ให้ปริมาณ amino-N สูงกว่า control ส่วนตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมให้ปริมาณ amino-N อยู่ในช่วงตั้งแต่ 15-18 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแต่ในทางสถิติ ทุกตำรับทดลองมีปริมาณ amino-N ในน้ำเลี้ยงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 32 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ amino-N ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.225 ปริมาณและเปอร์เซนต์ของไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง

เมื่อใช้การวิเคราะห์น้ำเลี้ยงในการประเมินพบว่าในตำรับ control มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_4 ประมาณ 2 kgN/ไร่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ ทำให้ถั่วแดงหลวงมีปริมาณการตรึงไนโตรเจนมากกว่า control โดยการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงที่สุด คือประมาณ 2.23 kgN/ไร่ ซึ่งมากกว่า control ประมาณ 34 % รองลงมาคือ isolate KN 6 ซึ่งทำให้ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมากกว่า control 22 % ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 ให้ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงกว่า control ประมาณ 15 และ 18 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ต้นถั่วได้รับตลอดฤดูปลูกจนถึงระยะ R_4 พบว่า ตำรับ control มีไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงประมาณ 33 % การใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงหรือประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ control โดยสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงเพิ่มขึ้นประมาณ 38 % สำหรับสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 ทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงเพิ่มขึ้นประมาณ 14 และ 9 % ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ประสิทธิภาพการตรึงเพิ่มขึ้น 23 % อย่างไรก็ตามความแตกต่างของตำรับทดลองทุกตำรับในด้านปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ

เมื่อใช้การวิเคราะห์เนื้อเยื่อของลำต้นในการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงในตำรับ control มีประมาณ 2.43 kgN/ไร่ ซึ่งคิดเป็น 42 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ต้นถั่วสะสมตลอดฤดูปลูกจนถึงระยะ R_4 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและการใส่เชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงเพิ่มจาก control ประมาณ 18-34% โดยการใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงที่สุดคือประมาณ 2.6 kgN/ไร่ ซึ่งสูงกว่า control ประมาณ 34 % รองลงมาคือ isolate KN 6 ให้ค่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงสูงกว่า control ประมาณ 22 % ส่วนสายพันธุ์ UMR 1899 และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงใกล้เคียงกันคือมากกว่า control ประมาณ 18 และ 15 % ตามลำดับ ตำรับการทดลองที่ทำให้ต้นถั่วมีประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนสูงกว่า control มีเพียงตำรับเดียว คือ การใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CIAT 899 ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงเพิ่มขึ้นจาก control ประมาณ 10 % สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนลดต่ำกว่า

control ประมาณ 7 % สำหรับตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ UMR 1899 และ isolate KN 6 มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนประมาณ 40 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในต้นถั่ว อย่างไรก็ตามทั้งปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงในทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติดังตารางที่ 9

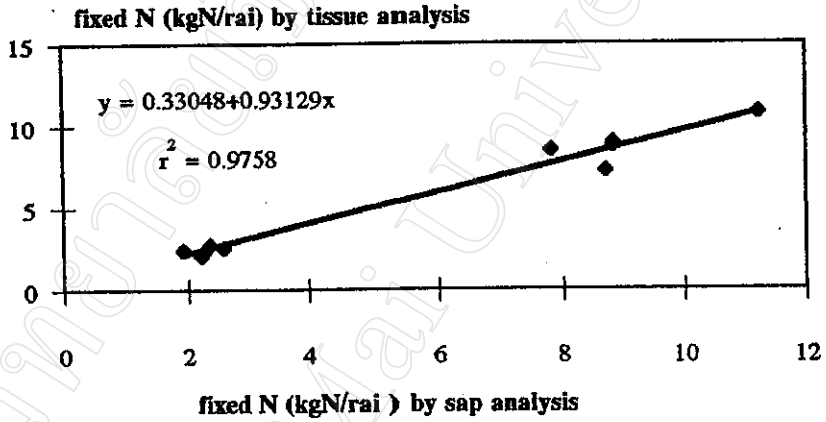
ตารางที่ 9 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการปริมาณและเปอร์เซนต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

Treatment	sap		tissue	
	N_2-fixed*			
	kgN/rai	%	kgN/rai	%
-N-R	1.939	33.15	2.425	41.47
+N	2.236	40.59	2.115	38.62
CIAT 899	2.591	45.93	2.573	45.52
UMR 1899	2.285	37.83	2.385	39.79
KN6	2.368	36.21	2.762	40.46
	ns	ns	ns	ns

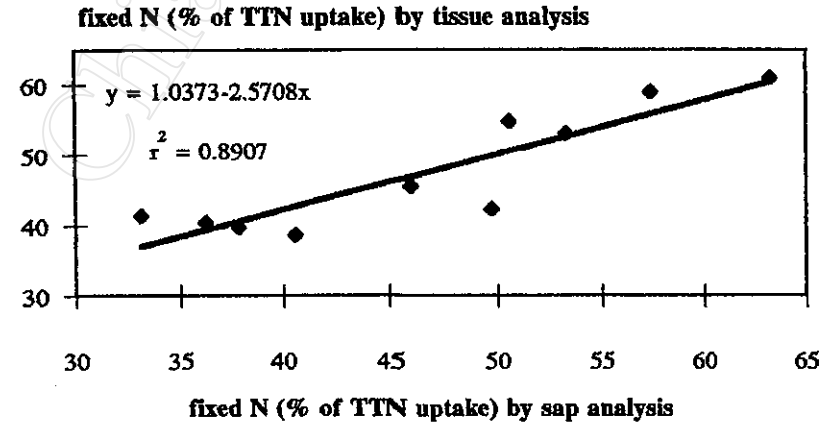
* Mean of 4 replications.

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง และ % N_2 - fixedที่วิเคราะห์ได้จากน้ำเลี้ยงโดยตรงกับเนื้อเยื่อของลำต้น

จากการหาความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างปริมาณและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของตัวอย่างลำต้นแห้ง ทั้งในการทดลองในกระถางทั้ง 2 การทดลอง และการทดลองในสภาพไร่นา โดยใช้ค่าเฉลี่ยของตำรับการทดลองทั้ง 5 ตำรับจากทั้ง 2 สถานีทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากตรึงและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ดังรูปที่ 33 และ 34



รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อ



รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อ