บทที่ 4

การอภิปรายผลการทดลอง

1. ความสูงของต้นถั่วเหลืองเมื่อได้รับสภาวะต่าง ๆ กัน

จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าสภาวะขาดน้ำมีผลต่อความสูงของต้นถั่วเหลืองสายพันธุ์ สจ.5 นี้ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 1 และกราฟที่ 1 กลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำและสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีความสูงน้อยกว่า control อย่างเห็นได้ชัด กลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำมีความสูงน้อยกว่า controlประมาณ 13 เซนติเมตร และกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีความสูงน้อยกว่า control ประมาณ 20 เซนติเมตร การทดลองครั้งนี้ตรงกับที่ Doss, Pearson และ Rogers (1974) ทดลองกับถั่วเหลืองพันธุ์ Bragg ซึ่งพบว่า กลุ่มที่ได้รับน้ำน้อยจะมีความสูงเฉลี่ยแล้วน้อยกว่า control 5-21 เซนติเมตร สภาวะขาดน้ำมีผลต่อความสูงของต้นถั่วเหลือง อาจเนื่องจากเมื่อพืชได้รับสภาวะขาดน้ำ ระดับของ auxin ลดลงโดยการทำลายของเอ็นไซม์ และระดับของ auxin ที่ลดลงนี้มีผลยับยั้งการยืดตัวของต้น (Darbyshire, 1971) และนอกจากนี้สภาวะขาดน้ำก็ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และ metabolism อีกหลายอย่างซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตด้วย(Hsiao, 1973)

จากตารางที่ 2 และกราฟที่ 2 พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง ต้นถั่วเหลืองมีอัตราการเจริญสูงมาก ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ และขาดน้ำเป็น cycle จะมีอัตราการเจริญต่ำกว่า control ซึ่งกลุ่ม control มีอัตราการเจริญประมาณ 1.32 เซนติเมตร/วัน ในช่วง 16 - 30 วัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำมีอัตราการเจริญประมาณ 0.92 เซนติเมตร/วัน และกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีอัตราการเจริญประมาณ 0.75 เซนติเมตร/วัน Duysen และFreeman (1974) พบว่าในข้าวสาลีเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ ทำให้อัตราการเจริญลดลงเช่นเดียวกัน

จากการทดลองครั้งที่ 2 พบว่ากลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำมีความสูงน้อยที่สุด และมีความสูงสุดท้าย 60 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่า control ประมาณ 26 เซนติเมตร สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycleมีความสูงน้อยกว่า controlประมาณ 16

เซนติเมตร (ตารางที่ 9)

จากตารางที่ 10 และกราฟที่ 8 จะเห็นว่าความสูงของต้นถั่วเหลืองเพิ่มเร็วมาก ในช่วงอายุ 16 ถึง 30 วัน หลังจากเมล็ดงอก ต่อจากนั้นจะเพิ่มน้อย และเมื่ออายุ 44 วัน ขึ้นไป ความสูงของทุกกลุ่มก็เริ่มคงที่ จะเห็นว่าในการทดลองครั้งที่ 1 ความสูงของต้นถั่วเหลือง เริ่มคงที่ เมื่อมีอายุ 58 วัน และการเจริญช่วง 16 ถึง 44 วัน มีอัตราใกล้เคียงกันทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ และกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นcycle

การทดลองครั้งที่ 2 ต่างจากครั้งที่ 1 คือ ครั้งที่ 1 กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นcycle จะมีความสูงน้อยที่สุด ในขณะที่การทดลองครั้งที่ 2 กลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำมีความสูงน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจาก การทดลองครั้งที่ 2 พืชมีการเจริญเร็วมากในช่วงแรก ๆ กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ได้รับสภาวะขาดน้ำครั้งแรก เมื่ออายุ 20 วัน ซึ่งในระยะนี้พืชก็มีความสูง มากแล้ว ดังนั้นแม้ว่าต่อไปอัตราการเจริญจะเพิ่มน้อยมาก แต่ความสูงก็ยังมากกว่ากลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ ซึ่งได้รับน้ำน้อยและเจริญได้น้อยกว่ามาตั้งแต่เริ่มปลูก

การเจริญของต้นถั่วเหลือง ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ต่างกันมากนั้น อาจเกิดจากสภาวะแวดล้อม คือ การทดลองครั้งแรก เริ่มทดลองในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นต้นฤดูฝน ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 เริ่มทดลองเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ความชื้นในอากาศและช่วงแสงในการทดลองครั้งที่ 2 นี้น้อยกว่าครั้งแรก ซึ่งการได้รับช่วงแสงน้อยนี้เอง อาจเป็นผลให้ต้นมีการยืดตัวเร็ว (Vinson, 1923) และอาจทำให้อัตราการเจริญในช่วงหลัง ๆ ลดลง และใบก็แก่และร่วงเร็วกว่าครั้งแรกด้วย

2. <u>พื้นที่ใบของถั่วเหลือง เมื่อได้รับสภาวะต่าง ๆ กัน</u>

ในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่ากลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีผลต่อพื้นที่ใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ สจ.5 นี้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้พื้นที่ใบน้อยกว่า control ประมาณ 9 - 10 ตารางเซนติเมตร ในช่วง 58 - 86 วัน ดังตารางที่ 3 และกราฟที่ 3 กลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำในระยะแรก ๆ ช่วงอายุ 30 - 44 วัน มีพื้นที่ใบน้อยกว่า control ประมาณ 2 ตารางเซนติเมตร ซึ่งต่างกันทางสถิติ ส่วนระยะหลัง เมื่ออายุ 58 - 86 วัน ไม่ต่างกันทางสถิติ สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก, ช่วง

ติดผล และช่วง pod filling มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างจาก control

การที่พื้นที่ใบลดลงนี้ อาจเนื่องจากสภาวะขาดน้ำ ทำให้เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบลดลง ดังกราฟที่ 6 และ กราฟที่ 12 และ Yegappan และคณะ (1980) ก็พบว่าสภาวะขาดน้ำทำให้เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบลดลงเช่นเดียวกัน หรือสภาวะขาดน้ำอาจไปมีผลต่อการยืดตัวของใบอ่อน (Acevedo, Hsiao and Henderson, 1971) และนอกจากนี้ยังไปมีผลทำให้การขยายขนาดของเซลล์ลดลงอีกด้วย (Clough and Mitthorpe, 1975)

ส่วนในการทดลองที่ 2 ตามตารางที่ 11 และกราฟที่ 9 พบว่า ความชื้นต่ำ มีผลต่อพื้นที่ใบมากที่สุด ซึ่งทำให้พื้นที่ใบที่ทุกช่วงอายุ ต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญ และที่อายุ 44 วัน มีพื้นที่ใบน้อยกว่า control ถึง 10 ตารางเซนติเมตร สำหรับกลุ่มอื่น ๆ นั้นมีพื้นที่ใบไม่แตกต่างจาก control

ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงติดผล, ช่วง pod filling และความชื้นต่ำ เมื่ออายุ 72 วัน ใบร่วงหมด จึงวัดพื้นที่ใบได้ถึงอายุ 58 วัน และเมื่ออายุ 86 วัน กลุ่มที่ขาดน้ำเป็น cycle ก็ใบร่วงหมดเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นต่ำ จึงทำให้ใบถึงระยะ senescence เร็วกว่าครั้งแรก

3. น้ำหนักสดของต้นถั่วเหลือง เมื่อได้รับสภาวะต่าง ๆ กัน

การทดลองครั้งที่ 1 จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อต้นถั่วเหลืองได้รับความชื้นต่ำ และได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นcycle จะมีน้ำหนักสดของต้นน้อยกว่า control สภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีผลรุนแรงกว่าความชื้นต่ำ คือที่อายุ 72 วัน กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีน้ำหนักสดน้อยกว่า control ประมาณ 8 - 9 กรัม ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ มีน้ำหนักสดน้อยกว่า control ประมาณ 3 - 4 กรัม ซึ่งผลของสภาวะขาดน้ำต่อน้ำหนักสดของต้นถั่วเหลืองนี้เหมือนกับผลที่มีต่อความสูงและพื้นที่ใบ คือพวกที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีความสูงและพื้นที่ใบน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลให้น้ำหนักสดของต้นน้อยที่สุดด้วย ผลเหล่านี้สืบเนื่องมาจากสภาวะขาดน้ำ ทำให้ปริมาณ auxin ลดลง และไปมีผลยับยั้งการยืดตัวของลำต้น (Darbyshire, 1971) นอกจากนี้สภาวะขาดน้ำยังไปทำให้การแบ่งเซลล์ลดลง(Yegappan et al, 1980) และยับยั้งการสร้างprimordium

ในปลายยอด (Nicholls and May, 1963 ; Hussain and Aspinal, 1970) นอกจากนี้จะเห็นได้จากตารางที่ 6 ว่าพืชกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีปริมาณน้ำในต้นน้อยกว่าพืชกลุ่มอื่นมาก ที่อายุ 44- 86 วัน ซึ่งการมีปริมาณน้ำในต้นน้อยนี้ก็มีผลทำให้น้ำหนักสดต่ำด้วย

จากกราฟที่ 4 และตารางที่ 4 จะเห็นว่าน้ำหนักสดของต้นถั่วเหลือง จะเพิ่มขึ้นมากในช่วง 30 วันถึง 72 วัน หลังจากเมล็ดงอก ยกเว้นพวกที่ขาดน้ำช่วง pod filling ซึ่งจะมีน้ำหนักสดลดลงที่อายุ 72 วัน เนื่องจากพืชกลุ่มนี้เริ่มมีใบร่วงเป็นจำนวนมาก ซึ่งระยะที่ถั่วเหลืองมีอายุ 72 วัน เริ่มใกล้ระยะ senescence แล้ว ดังนั้นการที่ถั่วเหลืองได้รับสภาวะขาดน้ำในช่วง pod filling ซึ่งเป็นระยะเกือบสุดท้ายของขั้นตอนการเจริญของถั่วเหลือง จึงอาจไปมีผลในการเร่ง senescence ของถั่วเหลืองได้ (Sionit, Teare and Kramer, 1980) เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 86 วัน ใบก็เริ่มจะร่วงเกือบหมดต้นแล้ว ดังนั้นบางกลุ่มจึงมีน้ำหนักสดลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีบางกลุ่มที่น้ำหนักสดไม่ลดลง เนื่องจากยังมีใบอยู่บ้าง เช่นกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก กับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงติดผล สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle จะเห็นว่าน้ำหนักสดค่อนข้างคงที่ เพราะขนาดของต้นค่อนข้างจะคงที่ และในระยะสุดท้ายของการทดลองใบก็ยังไม่ร่วง จึงต่างจากกลุ่มอื่น ๆ

ในการทดลองครั้งที่ 2 ตามตารางที่ 12 พบว่ากลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ มีน้ำหนักสดน้อยที่สุด ซึ่งต่างจาก control ประมาณ 4 กรัม ที่อายุ 86 วัน และในทุกอายุก็แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ขาดน้ำช่วงติดผล, ช่วง pod filling และขาดน้ำเป็น cycle ในช่วงแรก ๆ น้ำหนักสดไม่ต่างจาก control ยกเว้นระยะหลัง เนื่องจากใบร่วงหมด จึงทำให้น้ำหนักสดน้อยกว่า control บ้างในบางกลุ่ม และบางช่วงอายุ

จะเห็นได้ว่า น้ำหนักสดของต้นถั่วเหลืองในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ ต่างจากการทดลองครั้งที่ 1 จากตารางที่ 4 และตารางที่ 12 จะเห็นว่าในช่วงอายุ 16 วันถึง 30วัน

น้ำหนักสดของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 2 มีค่าสูงกว่าน้ำหนักสดของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งผลที่ได้นี้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำในต้นที่แสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 14 ซึ่งจะพบว่า ที่อายุ 30 วัน ปริมาณน้ำในต้นพืชในการทดลองที่ 2 มากกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 และนอกจากนี้อัตราการเจริญของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 2 ในช่วงอายุ 16 - 30 วัน ก็สูงกว่าอัตราการเจริญของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 1 มากด้วย แต่ในช่วงอายุ 58 - 86 วัน น้ำหนักสดของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 2 น้อยกว่าน้ำหนักสดของพืชทดลองในการทดลองครั้งที่ 1 มาก เนื่องจากที่อายุ 58 วัน ต้นถั่วเหลืองในการทดลองครั้งที่ 2 เริ่มมีใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเริ่มร่วง เมื่ออายุ 72 วัน และ 86 วัน บางกลุ่มใบก็ร่วงหมดต้นแล้ว และเนื่องจากใบเป็นแหล่งเก็บน้ำที่ดีที่สุดในต้นพืช ดังนั้นพืชในการทดลองครั้งที่ 2 จึงมีน้ำหนักสด และปริมาณน้ำในต้นน้อยกว่าพืชในการทดลองครั้งที่ 1 มาก

4. <u>น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง เมื่อได้รับสภาวะต่าง ๆ กัน</u>

จากกราฟที่ 5 จะเห็นได้ว่า ผลของสภาวะขาดน้ำต่อน้ำหนักแห้งเหมือนกับผลของสภาวะขาดน้ำต่อน้ำหนักสด (กราฟที่ 4) ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของกราฟที่ 4 และกราฟที่ 5 แล้ว ลักษณะของกราฟใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่า ต้นถั่วเหลืองที่นำมาหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง นี้มีความแปรปรวนของปริมาณน้ำในต้นน้อยมาก (ตารางที่ 6) แต่สภาวะขาดน้ำไปมีผลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาในพืช เช่นการสังเคราะห์แสง ดังผลจากการทดลองของ Boyer (1970) ซึ่งทดลองในข้าวโพดและถั่วเหลือง, Bunce (1978) ซึ่งทดลองในถั่วเหลืองและฝ้าย พบว่าสภาวะขาดน้ำทำให้มีการเพิ่มปริมาณ ABA และ ABA ไปทำให้ปากใบปิด พืชได้รับ CO_2 ลดลง ก็ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสดงลดลงด้วย นอกจากนี้ ABA อาจไปลด CO_2 fixation โดยการไปยับยั้งactivity ของเอ็นไซม์ RuBP Carboxylase ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (Sankhla and Huber , 1974) จึงทำให้น้ำหนักของต้นถั่วเหลืองลดลง สภาวะขาดน้ำยังมีผลต่อการดูดซึมและลำเลียงแร่ธาตุ เช่นphsophate , bromide และ

sodium ion (Greenway, Hughes and Klepper , 1969; Greenway and Klepper, 1969) และ potassium ion (Cooper and Cockburn , 1979) ซึ่งสภาวะขาดน้ำมีผลยับยั้งการดูดซึม และลำเลียงแร่ธาตุที่สำคัญ ทำให้การเจริญของพืชลดลง และทำให้น้ำหนักแห้งของพืชลดลงด้วย

ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 จากตารางที่ 13 และกราฟที่ 11 ผลของสภาวะขาดน้ำต่อน้ำหนักแห้งคล้ายกับการทดลองครั้งที่ 1 ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ซึ่งมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 เนื่องจากในการทดลองครั้งที่ 1 กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีต้นแคระแกร็นมาก

ในการทดลองครั้งที่ 2 ที่อายุ 30 และ 44 วัน ถั่วเหลืองมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 ส่วนที่อายุ 58 วัน กลับมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งการที่มีน้ำหนักต่างกันนี้เนื่องจากอัตราการเจริญของถั่วเหลืองในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ต่างกัน การทดลองที่ 2 mature เร็วกว่า พืชที่อายุเท่ากันจึงมี physiological age ต่างกัน สำหรับที่อายุ 72 วัน และ 86 วัน ในการทดลองครั้งที่ 2 ใบร่วงหมด จึงมีน้ำหนักน้อยกว่า

5. <u>การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนของถั่วเหลือง เมื่อได้รับสภาวะต่าง ๆ กัน</u>

ในการทดลองครั้งแรก จากกราฟที่ 6 เห็นได้ชัดว่าสภาวะขาดน้ำมีผลทำให้เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนของถั่วเหลืองลดลง กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก, ช่วงติดผล และช่วง pod filling ในขณะที่ขาดน้ำ เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนลดลงจากก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำมากกว่า 50% และหลังจากให้น้ำใหม่จะมีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เท่าเดิมหรือ control ที่อายุเดียวกัน

สำหรับกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ จะมีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนต่ำกว่า controlประมาณ 50%

สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle นั้น ในช่วงแรก ๆ ขณะขาดน้ำจะมีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ประมาณ 7.8% แต่เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำหลาย

cycle ขึ้น พบว่า เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อถึง cycle ที่ 4 ขณะขาดน้ำถั่วเหลืองมีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนประมาณ 13.81% และพบว่าช่วงเวลาในการขาดน้ำจนถึงแสดงอาการเหี่ยวก็ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอาจเกิดจากพืชมีการปรับตัวต่อสภาวะขาดน้ำ สำหรับเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนของกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ที่อายุ 77 วันนั้น จะเห็นว่ามีเปอร์เซนต์สูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนของพืช

ขณะที่พืชขาดน้ำ พบว่าโครโมโซมติดสีย้อมจางมาก เข้าใจว่าอาจจะเนื่องจากโครโมโซมไม่ active และเซลล์ที่พบอยู่ในระยะ interphase เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็พบในระยะ prophase และ telophase ด้วย ส่วนในกลุ่ม control พบเซลล์ที่อยู่ในระยะ metaphase และ anaphase มาก ส่วนระยะ prophase และ telophase ก็พบบ้าง การที่สภาวะขาดน้ำมีผลลดการแบ่งตัวของเซลล์ อาจเนื่องจากที่ระยะ metaphase จะเกิด spindle fiber ซึ่งเป็นโปรตีนขึ้นระหว่าง centromere ของโครโมโซม กับขั้วทั้งสองของเซลล์ เพื่อดึงโครโมโซมไปยังขั้วทั้งสองของเซลล์ในระยะ anaphase (De Robertis, 1975) และสภาวะขาดน้ำมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน (Hsiao, 1973; Dhindsa and Cleland, 1975 a,b; Bewley and larsen, 1980; Cocucci, Cocucci and Treccani, 1976) ดังนั้นสภาวะขาดน้ำจึงอาจมีผลต่อการสร้าง spindle fiber และกระทบกระเทือนทำให้การแบ่งตัวของเซลล์มีเปอร์เซนต์ต่ำลง

การทดลองครั้งนี้ได้ผลคล้ายกับการทดลองของ Yegappan และคณะ (1980) ซึ่งทดลองกับหานตะวัน พบว่า สภาวะขาดน้ำมีผลต่อการแบ่งเซลล์ของใบ เขาพบว่า กลุ่ม control มีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบ 5% ที่อายุ 11 วัน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำมีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบ 0.7% แต่การทดลองครั้งนี้ พบว่ากลุ่ม control มีเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบประมาณ 27% ที่อายุ 16 วัน หลังจากเมล็ดงอก การที่เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบต่างกันมากขนาดนี้ อาจเป็นเพราะพืชที่ทดลองเป็นคนละชนิดกัน และใบที่นำมาหาเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์นั้น Yegappan และคณะใช้ใบที่คลี่แล้ว ส่วนในการทดลองครั้งนี้ใช้ใบที่ยังไม่คลี่เป็นใบอ่อนใบที่ 1 จากยอด ซึ่งนับเป็นใบที่มีการแบ่งตัวสูง

สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก, ช่วงติดผล และช่วง pod filling พบว่า หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำแล้ว เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนลดลงต่ำกว่า control แต่พื้นที่ใบกลับไม่แตกต่างจาก control ดังตารางที่ 3 ที่อายุ 72 และ 86 วัน อาจเป็นไปได้ว่าการขยายขนาดของใบนั้น อาจเกิดจากการขยายขนาดของเซลล์ก็ได้ ซึ่งตรงข้ามกับการทดลองของ Clough และ Milthorpe (1975) ซึ่งได้ทดลองกับยาสูบ เมื่ออายุ 32 วัน พบว่า การแบ่งเซลล์ไวต่อสภาวะขาดน้ำน้อยกว่าการขยายขนาดของใบ ซึ่งในขณะที่ยาสูบได้รับสภาวะขาดน้ำยังมีการแบ่งเซลล์ต่อไปอีกในอัตราที่ลดต่ำลงบ้าง แต่พื้นที่ใบกลับลดลง การที่ได้ผลต่างกันนี้อาจเนื่องจากพืชที่ทดลองเป็นคนละชนิด และการขาดน้ำช่วงออกดอก, ช่วงติดผล และช่วง pod filling นี้ พบว่าได้รับสภาวะขาดน้ำประมาณ 5 วันก็แสดงอาการเหี่ยว การขาดน้ำขนาดนี้อาจไม่รุนแรงพอที่จะมีผลต่อการขยายขนาดของเซลล์และการขยายขนาดของใบก็ได้ แต่กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีผลตรงกับที่ Clough และ Milthorpe (1975) ทดลอง คือ ขนาดใบลดลงในขณะที่การแบ่งเซลล์ยังมีต่อไปเรื่อย ๆ ในอัตราที่ลดลง นอกจากนี้อาจเกิดจากกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำมีระยะเวลาการแบ่งตัวของเซลล์นานออกไป ถึงแม้จะมีการแบ่งตัวของเซลล์ช้า แต่อาจจะได้จำนวนเซลล์เท่ากับ control ได้ จึงทำให้ขนาดของใบไม่ต่างจาก control

ในการทดลองครั้งที่ 2 จากกราฟที่ 12 พบว่าในทุกกลุ่ม การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อน มีเปอร์เซนต์สูงที่สุดที่อายุ 30 วัน หลังจากเมล็ดงอก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญมากที่สุดเช่นเดียวกัน และเมื่ออายุ 44 วัน เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อนเริ่มจะลดลง และเมื่อถึงอายุ 58 วัน ปรากฏว่า ต้นถั่วเหลืองไม่มียอดอ่อน ดังนั้นการศึกษาเปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์ที่ใบอ่อน จึงต้องหยุดอยู่แค่ 44 วัน ยกเว้นกลุ่มที่ขาดน้ำเป็น cycle ศึกษาได้ถึงอายุ 55 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำหลาย cycle ขึ้น (กราฟที่ 12) แต่เปอร์เซนต์การแบ่งตัวสูงกว่า การทดลองครั้งแรก อาจเนื่องจากกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ มีการเจริญเร็วดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนในการทดลองครั้งที่ 1 พืชกลุ่มนี้มีขนาดเล็กมาก และมีอัตราการเจริญที่ต่ำมากด้วย

สำหรับกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ เปอร์เซนต์การแบ่งตัวของเซลล์เกือบเท่ากับการทดลองครั้งที่ 1 แต่ในช่วงอายุ 30 วัน มีการแบ่งเซลล์ในเปอร์เซนต์สูงกว่าการทดลองครั้งที่ 1

6. <u>เปอร์เซนต์การติดฝัก, ช่วงเวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝัก, อัตราการเจริญของเมล็ดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด</u>

ในการทดลองครั้งที่ 1 จากตารางที่ท7 พบว่า กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีเปอร์เซนต์การติดฝักต่ำกว่า control ประมาณ 11% และปริมาณโปรตีนก็ต่ำสุด คือ 138.67 มิลลิกรัม/น้ำหนักสด 1 กรัม ซึ่งต่ำกว่า control ประมาณ 38% อัตราการเจริญของเมล็ดต่ำกว่า control ถึง 0.0020 กรัม/เมล็ด/วัน และใช้เวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝักนานที่สุดคือ 46 วัน

สำหรับกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ เปอร์เซนต์การติดฝักไม่แตกต่างจาก control แต่อัตราการเจริญของเมล็ดต่ำกว่า control ประมาณ 0.0007 กรัม/เมล็ด/วัน และช่วงเวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝักใช้เวลา 43 วัน ในขณะที่ control ใช้เวลาเพียง 31 วัน

กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วง pod filling และกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก และช่วงติดผลนั้น เปอร์เซนต์การติดฝัก, ช่วงเวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝัก และอัตราการเจริญของเมล็ดไม่แตกต่างจาก control

การที่สภาวะขาดน้ำมีผลต่อปริมาณโปรตีน อาจเกิดจากการยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (Dhindsa and Cleland,1975) หรือ อาจเกิดจากการเร่งการสลายของโปรตีนก็ได้ (Hsiao, 1973) นอกจากนี้อาจเกิดจากสภาวะขาดน้ำไปทำให้ polysome เปลี่ยนเป็น monosome (Brandle,Hinckley and Brown , 1977; Bewley and Larsen , 1980; Cocucci ,Cocucci and Treccani , 1976) ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณโปรตีนต่ำมาก คือ ประมาณ 13 - 20% แม้แต่ control ก็มีปริมาณ

โปรตีนในเมล็ดประมาณ 19.5% ซึ่งปกติแล้วถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดประมาณ 40% (เทวะผลิน และ สินชัยศรี, 2523) ทั้งนี้อาจเนื่องจากบริเวณที่ทำการทดลองเป็นเรือนกระจกและการถ่ายเทอากาศไม่ดี อุณหภูมิในบริเวณที่ทำการทดลองจึงสูงมาก ซึ่งอุณหภูมิสูงนี้มักไปยับยั้งการเจริญ, ทำให้พืชอ่อนแอ และลดผลผลิต (Treshow, 1970)

สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 พบว่ากลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีเปอร์เซนต์การติดฝักต่ำที่สุด ดังตารางที่ 15 ซึ่งต่ำกว่า control ประมาณ 7% และมีอัตราการเจริญของเมล็ดต่ำกว่า control ประมาณ 0.0006 กรัม/เมล็ด/วัน ซึ่งในการทดลองครั้งแรก กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ก็มีเปอร์เซนต์การติดฝักและอัตราการเจริญของเมล็ดต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก และกลุ่มที่ได้รับเชื้อไรโซเบียม พบว่า มีอัตราการเจริญของเมล็ดสูงกว่า control ส่วนกลุ่มอื่น ๆ ไม่แตกต่างจาก control สำหรับเปอร์เซนต์การติดฝัก นอกจากกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle แล้ว กลุ่มอื่น ๆ ให้ผลไม่แตกต่างจาก control

กลุ่มที่ขาดน้ำช่วงติดผล และขาดน้ำช่วง pod filling ใช้เวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝักน้อยที่สุด คือ 26 และ 25 วันตามลำดับ ในขณะที่ control ใช้เวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝัก ประมาณ 33 - 34 วัน การที่กลุ่มที่ขาดน้ำช่วงติดผลและขาดน้ำช่วง pod filling ใช้เวลาที่เมล็ดเจริญเต็มฝักน้อยที่สุด อาจเกิดจากสภาวะขาดน้ำไปเร่ง maturation ของพืช (Sionit, Teare and Kramer, 1980)

สำหรับปริมาณโปรตีนในเมล็ด พบว่ากลุ่มที่ได้รับเชื้อไรโซเบียม มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงที่สุด คือ 138.50 มิลลิกรัม/น้ำหนักสด 1 กรัม แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงติดผล, ความชื้นต่ำและขาดน้ำเป็นcycle มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ ทุกกลุ่มรวมทั้ง controlมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดต่ำกว่า การทดลองครั้งแรกเกือบ 50% ซึ่งอาจเกิดจากการทำการทดลองคนละฤดูกาล ซึ่งโดยปกติแล้ว ถั่วเหลือง

สายพันธ์ สจ. 5 นี้ ปลูกดีที่สุดต้นฤดูฝน คือประมาณเดือนพฤษภาคม ซึ่งตรงกับการทดลองครั้งแรก แต่การทดลองครั้งที่ 2 ทำในฤดูหนาว ซึ่งอาจไม่เหมาะแก่การเจริญของถั่วเหลือง ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่ดี

7. <u>จำนวนฝัก จำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดของถั่วเหลือง</u>

ในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดน้อยที่สุด ดังตารางที่ 8 ซึ่งมีจำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยกว่า control ถึง 93.5% และมีน้ำหนักเมล็ดน้อยกว่า control 0.04 กรัม/เมล็ด

สำหรับกลุ่มที่ได้รับความชื้นต่ำ มีจำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยกว่า control 58.9% แต่น้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างจาก control กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอก, ช่วงติดผลและช่วง pod filling นั้น มีจำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างจาก control ซึ่งการทดลองครั้งนี้ต่างจาก การทดลองของ Sionit และ Kramer (1977) ซึ่งทดลองกับถั่วเหลือง 2 พันธุ์ คือ Ransom และ Bragg พบว่า ถ้าให้ถั่วเหลืองขาดน้ำระหว่างช่วงที่มีการชักนำการออกดอกและช่วงออกดอก จะทำให้การสร้างดอก, ฝักและเมล็ดน้อยกว่า control การที่ได้ผลการทดลองต่างกันนี้อาจเนื่องจาก พืชที่ทดลองเป็นถั่วเหลืองคนละพันธุ์ และการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ให้สภาวะขาดน้ำในช่วงชักนำการออกดอกและในการให้สภาวะขาดน้ำช่วงออกดอกใช้เวลาเพียง 5 วัน พืชก็แสดงอาการเหี่ยวแล้วก็ให้น้ำใหม่ การทดลองของ Sionit และ Kramer ให้ขาดน้ำช่วงชักนำการออกดอก 11 วัน และขาดน้ำช่วงออกดอก 7 วัน จนถั่วเหลืองมี water potential ของใบ ประมาณ - 23 bars ในการทดลองครั้งนี้ สภาวะขาดน้ำที่ให้ช่วงออกดอก อาจไม่รุนแรงพอที่จะทำให้ผลผลิตลดลง

กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle ซึ่งมีจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดต่ำที่สุดนั้น พบว่าผลการทดลองเหมือนกับของ Sionit, Teare และ Kramer (1980) ซึ่งพบว่า เมื่อข้าวสาลีได้รับสภาวะขาดน้ำผลผลิตจะลดลง และยิ่งลดลงมากขึ้นเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ cycle ที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 ตามตารางที่ 16 พบว่า กลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำเป็น cycle มีจำนวนเมล็ดน้อยที่สุด กลุ่มที่ขาดน้ำช่วงติดผล มีจำนวนเมล็ดน้อยกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Sionit และ Kramer (1977) ซึ่งทดลองในถั่วเหลืองพันธุ์ Ransom และ Bragg พบว่าถ้าให้สภาวะขาดน้ำในช่วงที่กำลังเริ่มมีการติดฝัก จะลดจำนวนฝักและเมล็ดลงมาก สำหรับกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำช่วงออกดอกมีจำนวนเมล็ดน้อยกว่า control อย่างมีนัยสำคัญ แต่น้ำหนักเมล็ดไม่ต่างจาก control

ในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า จำนวนเมล็ดต่อต้นของเกือบทุกกลุ่มน้อยกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งอาจเกิดจากการที่ถั่วเหลืองเข้าสู่ระยะ Senescence เร็วกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งอาจมีผลในช่วงเวลาที่เมล็ดจะเจริญเต็มฝักน้อยเกินไป ซึ่งพบว่าในหลายกลุ่ม พบฝักที่ฝ่อมาก การที่ฝักฝ่อไปมากนั้น ก็ทำให้จำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยลงด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 8 และตารางที่ 16 ว่า จำนวนฝักและจำนวนเมล็ดของถั่วเหลืองในการทดลองครั้งที่ 2 น้อยกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 มาก

กลุ่มที่ได้รับเชื้อไรโซเบียม พบว่าให้ผลไม่ต่างจาก control ไม่ว่าจะเป็นความสูง, พื้นที่ใบ, น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, เปอร์เซนต์การติดฝัก, จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ด แต่อัตราการเจริญของเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงกว่า control ซึ่งจากการดูรากของถั่วเหลืองกลุ่มนี้ พบว่ามีปมน้อยมาก แต่กลุ่มอื่น ๆ ไม่มีปมเลย อาจเนื่องจากดินที่ใช้ขาดไนเตรต ซึ่งสภาวะที่ขาดไนเตรตนี้มีผลยับยั้ง symbiotic nitrogen fixation (Harper, 1974) นอกจากนี้เชื้อไรโซเบียมจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความชื้นสูง และอุณหภูมิปกติ มากกว่าในดินที่มีความชื้นต่ำ และอุณหภูมิสูง (วสุวัติ, 2523) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้อุณหภูมิในบริเวณที่ทำการทดลองก็ค่อนข้างสูงและอุณหภูมิที่สูงนี้อาจไปมีผลทำให้ความชื้นในดินต่ำกว่าปกติด้วย จึงทำให้สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญของไรโซเบียมในดิน ทำให้ปมที่รากถั่วน้อยมาก และผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร