ผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของขิงพันธุ์พื้นเมือง

EFFECTS OF WATER ON GROWTH AND YIELD OF LOCAL TURMERIC CULTIVAR

นพวรรณ ประสาทเกิน
NOPPAWAN PRASATNGERN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2311-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชันพันธุ์พื้นเมือง

EFFECTS OF WATER ON GROWTH AND YIELD OF LOCAL TURMERIC CULTIVAR

นพวรรณ ประสาทเงิน
NOPPAWAN PRASATNGERN

อพ.
ว 188 ง
2549
ฉ.1
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 21426
วัน,เดือน,ปี 27 ธ.ค. 2549
b 11670269
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2811-6

EFFECTS OF WATER ON GROWTH AND YIELD OF LOCAL TURMERIC CULTIVAR

NOPPAWAN PRASATNGERN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENE IN AGRONOMY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2811-6

COPYRIGHT 2006
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันพันธุ์พื้นเมือง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนพวรรณ ประสาทเงิน
รหัสประจำตัว	46069701
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชไร่
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล

บทคัดย่อ

การขาดน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งในการจำกัดผลผลิตขมิ้นชันที่ปลูกในประเทศไทย ยิ่งไปกว่านั้น การตอบสนองของผลผลิตขมิ้นชันที่มีต่อการขาดน้ำในช่วงต่างๆ กันของการเจริญเติบโต ยังไม่ได้มีการเปิดเผยกันอย่างมากนัก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบว่า การขาดน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และช่วงระยะเวลาที่ยาวนานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชัน การทดลองนี้ได้แบ่งเป็น 2 การทดลอง ซึ่งได้ศึกษาที่แปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวันที่ 2 กุมภาพันธ์ ถึง 2 กันยายน พ.ศ. 2548

การทดลองแรกเป็นการศึกษาในสภาพไร่ที่เกี่ยวกับผลของการขาดน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชัน วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ สิ่งทดลองมีทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง คือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต คือใน ระยะกล้า, ขมิ้นชันขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ที่อายุ 30, 60, 90, 120 และ 150 วันหลังปลูก และขมิ้นชัน ที่ไม่มีการขาดน้ำ (ควบคุม) ตามลำดับ ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การขาดน้ำมีผลทำให้ค่าของ diffusive conductance จากปากใบ และอัตราการคายน้ำจากใบมีค่าลดลง แต่อุณหภูมิของใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น การขาดน้ำมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชัน การเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และการขาดน้ำในช่วงหลังๆของการเจริญเติบโต ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันมากนัก อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตขมิ้นชัน ที่ได้รับมากที่สุดในแปลงขมิ้นชันที่ไม่มี

การขาดน้ำ (ควบคุม) การขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเป็นช่วงวิกฤตที่สุด มีผลกระทบต่อผลผลิตรุนแรงมากที่สุด

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาในสภาพไร่เช่นกัน โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ ต้องการทราบถึงการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชัน วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ โดยมีสิ่งทดลองจำนวน 6 สิ่งทดลอง คือ ขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำที่อายุ 30, 60, 90, 120 และ 150 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว และขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (ควบคุม) ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำ อุณหภูมิใบและคลอโรฟิลภายในใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อัตราการคายน้ำจากใบ และค่า total conductance มีค่าลดลง การขาดน้ำในช่วงหลังของการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาที่สั้นที่สุด คือการขาดน้ำที่ช่วงอายุ 150 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว พบว่า มีผลกระทบเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของขมิ้นชัน ในทางตรงกันข้าม พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันจะลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อขมิ้นชันขาดน้ำเป็นระยะเวลาที่ยาวนานที่สุด คือตั้งแต่ขมิ้นชันอายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันมีมากที่สุดในสิ่งทดลองที่เป็น control คือขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ สำหรับประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชัน พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (มีการขาดน้ำที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว) มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด ในขณะที่ขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำจะมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุด

Thesis Title	Effects of Water on Growth and Yield of Local Turmeric Cultivar
Student	Miss. Noppawan Prasatngern
Student ID.	46069701
Degree	Master of Science
Program	Agronomy
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somyot Detpiratmongkol

ABSTRACT

One of the most limiting factor for turmeric production in Thailand is water deficit. Furthermore, the effects of drought stress of difference growth stages on response of turmeric production have not been fully explored. So, the aim of this study was to determine the effects of short and long periods of water deficit on growth and yield on turmeric. Two experiments were conducted at Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang during February, 2 to September 2, 2005.

The first field experiment was study with concern about growth and yield of turmeric under short periods of water deficit condition. The experimental design was randomized complete block design with three replications. Turmeric was subjected to 7 water deficit treatments such as water deficit at early growth stage, water deficit for 15 days at 30, 60, 90, 120 and 150 days after planting (DAP), and non-water deficit (control), respectively. The results indicated that water deficit decreased in diffusive conductance of stomata and transpiration rate but increased in leaf temperature. Water deficit directly affected on growth and yield of turmeric. Growth and yield were the most reduced when expossure to water deficit at early growth stage and no significant effects were found with late growth stage. However, the maximum vegetative growth, total dry weight and yield were obtained in non-water deficit treatment (control). The critical period for turmeric, when drought stress most severely affects yield, was in the early growth stage.

The second experiment was carried out under field condition with the objective to study the effects of long periods of water deficit at different growth stages on growth and yield of turmeric. A randomized complete block design with three replications was used. The treatments in this study were 6 water deficits, at different growth stages such as water deficit at 30, 60, 90, 120 and 150 days after planting (DAP) till harvest and non-water deficit (control), respectively. The results were found that water deficit increased leaf temperature and chlorophyll content whereas transpiration rate and total conductance were reduced. Water deficit at the late growth stage (water deficit at 150 DAP till harvest) and the shortest period of water stress had little or no effect on turmeric growth and yield. On the other hand, a great reduction in turmeric growth and yield was the longest period of water deficit (water deficit at 30 DAP till harvest). However, the greatest growth and yield were in control treatment. For water use efficiency of turmeric, water deficit at the early growth stage (water deficit at 30 DAP till harvest) gave the highest water used efficiency whereas non-water deficit treatment gave the lowest.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ได้ที่อบรม ขัดเกลา แนะนำสั่งสอน รวมทั้งตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อารมย์ ศรีพิจิตต์ รศ.ดร.ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และ รศ.ภัญชนา มีแก้วกุญชร ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร (นักวิทยาศาสตร์) และน้องๆที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สาขาวิชาพืชไร่ ซึ่งได้แก่ นางสาวกมลาภรณ์ คำเทียนทอง นางสาวยุภาพร เอี่ยมสำอางค์ นายนันทวัฒน์ มณีแสง นายณัฐพล จันทร์ทอง นางสาวศยามล นุ้ยลำพูน นางสาวศิราพร รื่นภาคเวก นายวัชรพงศ์ วรรณวงศ์ นายศุภนิตย์ กล้าการขาย และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโทซึ่งได้แก่ นายธนวัฒน์ สุนทรนนท์ นายนนท์สวัตถ์ สิริเวชพันธุ นายอนุรุจ เกื้อด้วง นายอนุพงษ์ เจริญวัฒนาชัยกุล และ นางสาวกมลพรรณ พิมพา และทุกคนในภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ช่วยเหลือในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นไปได้ด้วยดีและสมบูรณ์ที่สุด

สุดท้ายกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเรื่องการศึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

นพวรรณ ประสาทเงิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	14
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	14
3.2 สถานที่และแผนการดำเนินการ	15
3.3 วิธีการทดลอง	15
3.4 การเตรียมดินและวิธีการปลูก	16
3.5 การบันทึกผลการทดลอง	17
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	58
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 66

ประวัติผู้เขียน 70

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ปริมาณน้ำในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 26

4.2 คลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 27

4.3 อุณหภูมิใบ (องศาเซลเซียส) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 28

4.4 อัตราการคายน้ำจากใบ (μg cm^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 29

4.5 Total conductance (mmol m^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 30

4.6 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 31

4.7 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 32

4.8 ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 33

4.9 น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 34

4.10 น้ำหนักต้นแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 35

4.11 น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 36

4.12 น้ำหนักเหง้าสด (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 37

4.13 น้ำหนักเหง้าแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 38

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.14 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 39

4.15 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 40

4.16 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 41

4.17 ปริมาณน้ำในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 42

4.18 คลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 43

4.19 อุณหภูมิใบ (องศาเซลเซียส) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 44

4.20 อัตราการคายน้ำจากใบ (μg cm^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 45

4.21 Total conductance (mmol m^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 46

4.22 ความสูงลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 47

4.23 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 48

4.24 ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 49

4.25 น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 50

4.26 น้ำหนักต้นแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 51

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.27 น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 52

4.28 น้ำหนักเหง้าสด (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 53

4.29 น้ำหนักเหง้าแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 54

4.30 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 55

4.31 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 56

4.32 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต 57

สารบัญภาพ

ตารางที่ หน้า

4.1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (A), ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (B), ความยาวนานยาวนานของช่วงแสง (C) และการระเหยของน้ำ (D) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2548 22

4.2 ความชื้นในดินรายสัปดาห์ในแปลงปลูกขมิ้นชัน เมื่อได้รับการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตโดยเริ่มเก็บความชื้นในดินตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ.2548 24

4.3 ความชื้นในดินรายสัปดาห์ในแปลงปลูกขมิ้นชัน เมื่อได้รับการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตโดยเริ่มเก็บความชื้นในดินตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ถึงวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ.2548 25

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของที่มา

ขมิ้นชัน (turmeric) เป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย การปลูกของเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปลูกไม่มากนักและปลูกจำกัดอยู่บริเวณบ้านเรือนเท่านั้น ต่อมาเมื่อมีความต้องการใช้ขมิ้นชันเพื่อผลิตเป็นการค้าในรูปพืชสมุนไพรเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกษตรกรมีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกเพิ่มกันมากขึ้น ปัญหาที่พบอยู่บ่อยครั้งของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันก็คือขมิ้นชันได้รับน้ำไม่เพียงพอตลอดฤดูปลูกและเกิดการขาดน้ำขึ้นในช่วงต่างๆของการเจริญเติบโตของขมิ้นชันอยู่เสมอ ถึงแม้ว่าขมิ้นชันจะเป็นพืชที่มีความสามารถในการทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีก็ตาม แต่เมื่อได้รับน้ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง และมีผลกระทบไปถึงผลผลิต เหง้าที่นำมาใช้ทำสมุนไพรลดลงได้ ตามปกติขมิ้นชันต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตประมาณ 1,250 – 2,250 มิลลิเมตรต่อปี (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันต้องการใช้ในปริมาณค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกันกับพืชชนิดอื่น ตามปกติ โดยทั่วไปขมิ้นชันจะให้ผลผลิตประมาณ 320 - 350 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการปลูกในเขตชลประทาน แต่ถ้ามีการปลูกนอกเขตชลประทานขมิ้นชันจะให้ผลผลิตลดลงต่ำกว่านี้มาก (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

การขาดน้ำของพืชมักเกิดขึ้นอยู่เสมอทั้งในเขตเกษตรน้ำฝนและเขตชลประทาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ปลูกขมิ้นชัน ทั้งนี้ก็เพราะในเขตเกษตรน้ำฝนการปลูกขมิ้นชัน ปริมาณและการแผ่กระจายของน้ำฝนไม่สม่ำเสมอบางครั้งก็มีฝนตกเพียงเล็กน้อยและมีการทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ส่วนในเขตชลประทานบางแห่งก็เช่นกันมีแหล่งน้ำชลประทานที่เก็บกักไว้เพียงเล็กน้อย ไม่เพียงพอที่จะให้แก่ขมิ้นชันได้อย่างเพียงพอตลอดฤดูปลูกได้ ดังนั้นจึงทำให้ขมิ้นชันเกิดการขาดน้ำขึ้น ซึ่งการขาดน้ำนี้จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของขมิ้นชันในสภาพไร่เป็นอย่างไร ในปัจจุบันนี้ก็ยังไม่เคยมีการศึกษากันมาก่อน จึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น ผลจากการทดลองนี้จะทำให้ทราบว่าเมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่ได้รับการขาดน้ำและได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังทำให้ทราบว่าช่วงใดของขมิ้นชันเมื่อได้รับการขาดน้ำจะเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อที่จะได้นำไปแนะนำให้แก่เกษตรกรได้มีการจัดการให้น้ำชลประทานแก่ขมิ้นชันได้อย่างเหมาะสม เพื่อจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของขมิ้นชันให้ได้มากขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาช่วงวิกฤตของอายุการเจริญเติบโตของขมิ้นชันเมื่อขาดน้ำในสภาพไร่

1.2.2 เพื่อศึกษาความต้องการน้ำของขมิ้นชันตลอดอายุการเจริญเติบโต

1.2.3 เพื่อศึกษาว่า ขมิ้นชันเมื่อได้รับการขาดน้ำในช่วงต่างๆ กัน ของการเจริญเติบโตทั้งระยะสั้นและระยะยาวให้ผลผลิตเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่ได้รับการขาดน้ำ

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อจะได้ทราบว่า ขมิ้นชันเมื่อได้รับการขาดน้ำในช่วงอายุต่างๆ กันของการเจริญเติบโตจะมีผลต่อการตอบสนองเป็นอย่างไร และช่วงใดเป็นช่วงวิกฤตที่สุด

1.3.2 เพื่อจะได้ทราบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับขมิ้นชันควรเป็นเท่าใด จะสามารถทำให้ผลผลิตสูงที่สุด และการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

1.3.3 เพื่อจะได้ทราบว่า ขมิ้นชันเมื่อได้รับการขาดน้ำในช่วงต่างๆ กันของการเจริญเติบโตทั้งระยะสั้นและระยะยาวให้ผลผลิตเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่ได้รับการขาดน้ำ

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ขมิ้นชันเป็นพืชของเอเชียแถบร้อน ชอบอากาศร้อนชื้น ปลูกเพื่อใช้เหง้าเป็นเครื่องเทศแต่งสีและสมุนไพร มีการเพาะปลูกมากในแถบประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย จีนตอนใต้ และไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. หรือ *Curcuma domestica* Valenton. มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Turmeric,Curcuma,Yellew root จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae (พร้อมจิต ศรลัมพ์. 2532 ; พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537) มีชื่อเรียกในท้องถิ่นทั่วไปหลายชื่อได้แก่ ขมิ้น (กลาง) ขมิ้นแกง ขมิ้นหยวก ขมิ้นหัว (เชียงใหม่) ขี้มิ้น ขมิ้น (ใต้) ตายอ (กระเหรี่ยง-กำแพงเพชร) สะยอ (กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537 ; คณะกรรมการสาธารณสุขขั้นพื้นฐาน. 2541)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ขมิ้นชันจัดเป็นพืชล้มลุกข้ามปีเช่นเดียวกับขิงและข่า มีลำต้นใต้ดิน เรียกว่า เหง้า (rhizome) ซึ่งประกอบไปด้วยแง่งที่มีลักษณะต่างๆกันคือ แง่งแม่ (mother rhizome) หรือ แง่งหลัก มีลักษณะกลม จะแตกออกเป็นแขนงที่สองและที่สามต่อไป (secondary และ tertiary branches) แขนงที่แตกออกมานี้จะมีลักษณะกลม จะเรียกว่าหัว หรือ corm และมีลักษณะยาวคล้ายนิ้วมือเรียกว่า นิ้ว (finger) เป็นที่เกิดของรากฝอย บริเวณแง่งของหัวและนิ้วจะมีตาอยู่ทั่วไปมีสีค่อนข้างอ่อนๆ มีปลายแหลม ซึ่งต่อไปจะเจริญเติบโตไปเป็นลำต้นและใบ (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535) ส่วนลำต้นที่ปรากฏให้เห็นเหนือพื้นดิน เป็นลำต้นเทียมสูงประมาณ 50 - 70 เซนติเมตร (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537 ; สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541) ลำต้นนี้ประกอบด้วยกาบใบซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ จากโคนถึงปลาย (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535) ซึ่งลักษณะทางจุลทรรศน์ของเหง้าขมิ้นชันนี้เมื่อดูเนื้อเยื่อภาคตัดขวางจะพบเซลล์ที่มีน้ำมันซ้อน (oleo-resin) เป็นก้อนสีส้มแดง เริ่มจากชั้น cortex เข้ามาเม็ดแป้งซึ่งเห็น lamella ค่อนข้างชัดเป็นรูปรี เก็บสะสมอยู่ในเซลล์ parenchyma เป็นบางเซลล์ชั้น epidermis มีขน (trichome) ชนิดเซลล์ เดียวลักษณะผงยาจะเป็นสีเหลือง มีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นก้อนแป้งสีเหลืองที่หลอม (altered starch) เนื่องจากถูกความร้อนและเม็ดแป้งที่ยังคงรูปเป็นเม็ดอยู่มีลักษณะรี เห็น hilum และ lamella ชัดเจน ท่อนำอาหาร และน้ำมีลักษณะเป็นขั้นบันได (scalariform) เป็นส่วนมาก ส่วนน้อยที่เป็นเกลียว (spiral) (ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538 ; นิจศิริ เรืองรังษี. 2542)

ใบ ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ เรียงสลับแบบ 2-ranked และ 3-ranked ส่วนใหญ่มีกาบใบซึ่งจะรวมกันทำให้ มองดูคล้ายกับลำต้น ก้านใบยาว 8-15 เซนติเมตร ใบรูปหอกแกมขอบขนานกว้าง 5-15 เซนติเมตร ยาว 30-50 เซนติเมตร ก้านใบเป็นก้านแคบๆมีร่องแผ่ครีบออกเล็กน้อย

(พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537) คล้ายกับใบของพุทธรักษา (สถาบันการแพทย์ไทย. 2540) เมื่อโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 6 - 10 ใบ

ดอก ดอกออกเป็นช่อรูปทรงกระบอก มีก้านช่อแทงออกจากเหง้าโดยตรง ก้านช่อดอกยาว 5 - 10 เซนติเมตร มีใบประดับช่อดอกมีสีเขียวอ่อนๆ หรือขาวรูปหอกเรียงซ้อนกันใบประดับ 1 ใบ มี 2 ดอก มีใบประดับย่อยขนาดใบยาว 3 - 3.5 เซนติเมตร ด้านนอกมีขนกลีบดอกสีขาว โดยเชื่อมติดกันเป็นท่อนยาว ปลายแยกออกเป็น 3 ส่วน เกสรตัวผู้คล้ายกลีบดอก มีขน มีอับเรณูอยู่ที่ใกล้ๆ ปลายท่อเกสรตัวเมียเล็กและยาว ซึ่งเกสรตัวผู้มีทั้งสมบูรณ์และเป็นหมันยอดเกสรตัวเมียรูปปากแตรเกลี้ยง รังไข่มี 3 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 ใบ (Burtt and Smith. 1983) ขมิ้นชันที่ปลูกในประเทศไทย จะมีดอกออกในราวเดือนมีนาคม-พฤษภาคม (ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538)

ชนิดและพันธุ์ของขมิ้นชัน

พันธุ์ขมิ้นชันที่ดีในตลาดโลกมีมากกว่า 50 สายพันธุ์ ส่วนมากนำเข้ามาจากประเทศอินเดีย และมีการจำแนกสายพันธุ์จากคุณสมบัติต่างๆทางด้านรูปร่าง ลักษณะ สี กลิ่น และอายุของเหง้าที่สมบูรณ์พร้อมเก็บเกี่ยว (maturity of rhizome) ขมิ้นชันที่ปลูกมีทั้งสายพันธุ์ที่มีอายุสั้นพร้อมเก็บเกี่ยวเพียง 7 เดือน และสายพันธุ์อายุยาวพร้อมเก็บเกี่ยวที่อายุ 9 เดือน นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีและมีปริมาณสารสำคัญในเหง้าสูง (Atal and Kapur. 1989) เช่น สายพันธุ์ Savarna PCT-8 ของอินเดีย สำหรับประเทศไทยจากรายงานการรวบรวมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ขมิ้นชันนำมาปลูกยังมีผู้ดำเนินการน้อยมาก ส่วนใหญ่ยังคงใช้พันธุ์ที่มีขายอยู่ในท้องถิ่น โดยในปี พ.ศ. 2543 มีรายงานผลการรวบรวมพันธุ์ปลูกไว้ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจังหวัดตรัง ของกรมวิชาการเกษตร จำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าทั้ง 10 สายพันธุ์ มีผลผลิตใกล้เคียงกัน (กรมวิชาการเกษตร. 2544)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ (2535) กล่าวว่า ขมิ้นชันเป็นพืชที่ชอบอากาศค่อนข้างร้อน และต้องการความชื้นสูงเช่นเดียวกับขิงและข่า อาจปลูกโดยอาศัยน้ำฝน หรือใช้การชลประทานเข้าช่วยก็ได้

ดิน ขมิ้นชันชอบดินร่วนซุย มีการระบายน้ำดี พื้นที่ที่มีน้ำขังหรือมีความชื้นสูงเกินไปหรือมีการระบายน้ำไม่ดี จะทำให้เหง้าขมิ้นชันเน่าเสียหายได้ ดังนั้น ดินเหนียวหรือดินที่เป็นกรดหรือดินที่เป็นลูกรังและพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง จึงไม่เหมาะสมต่อการปลูกขมิ้นชัน ซึ่งขมิ้นชันสามารถปลูกบนพื้นที่ที่สูงตั้งแต่ระดับน้ำทะเล จนกระทั่งความสูงประมาณ 1,350 เมตร (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537)

น้ำ ขมิ้นชันชอบบริเวณพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ต้องการน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต ประมาณ 125-225 เซนติเมตร (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535)

วิธีการปลูก

ขมิ้นชันชอบอากาศค่อนข้างร้อนและมีความชุ่มชื้นในเวลากลางคืน (สำนักงาน คณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541) ชอบดินร่วนซุยที่ระบายน้ำได้ดี (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537) ดินลูกรังไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของหัวขมิ้นชันดังนั้นในการเตรียมดินปลูกขมิ้นชันจำเป็นต้องขุดหรือไถพรวนเพื่อให้ดินร่วนซุยขึ้น ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีวัชพืชมากและหน้าดินแข็ง ควรไถพรวนไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง คือ ไถดะเพื่อกำจัดวัชพืช และเปิดหน้าดินให้ร่วนซุย แล้วตากดินไว้ 1-2 สัปดาห์ เพื่อทำลายไข่แมลง เชื้อโรคในดิน แล้วไถแปรเพื่อกลับหน้าดินทำให้ดินร่วนซุยและละเอียดขึ้น พร้อมทั้งเก็บเศษไม้ และวัชพืชออกจากแปลงให้หมด (กองวิจัยพืชสมุนไพรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2533) ถ้าเป็นดินเหนียวจัดควรใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1 ตันต่อไร่ เพื่อปรับ ปรุงสภาพดิน (กรมวิชาการเกษตร. 2544) การเตรียมดินควรไถพรวนก่อนต้นฤดูฝน ให้มีสภาพพร้อมปลูกในต้นฤดูฝน (ปราณี ธาณาธะระนิต และพีสรี จิระตระกาล. 2544)

การเตรียมแปลงปลูก มี 2 แบบ (Guzman and Siemonse, 1999) คือ

1. แปลงปลูกสภาพพื้นราบเหมาะกับพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี

2. แปลงปลูกสภาพยกสันร่อง หรือยกแปลงให้สูงจากระดับดินเดิม และมีร่องระบายน้ำ เหมาะกับสภาพพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่ราบต่ำ มีการระบายน้ำไม่ดี เมื่อปลูกพืชแล้วอาจมีน้ำท่วมขังทำให้พืชเสียหายได้ การยกสันร่องควรทำสันนูนสูง 20 - 90 เซนติเมตร กว้าง 45 - 50 เซนติเมตร ในกรณียกแปลงปลูก ขนาดที่ง่ายต่อการดูแลรักษาควรกว้าง 100 - 150 เซนติเมตร สูง 15 - 20 เซนติเมตร ความยาวขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและขนาดของพื้นที่ แปลงปลูกย่อยแต่ละแปลงควรเว้นช่องห่าง 30 - 50 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นทางเดินสำหรับการดูแลรักษา (กองวิจัยพืชสมุนไพรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2533)

วิธีการปลูกขมิ้นชัน โดยการยกร่องสูงประมาณ 25 เซนติเมตร แปลงมีขนาดกว้าง 45 - 50 เซนติเมตร ระหว่างร่องเป็นร่องน้ำ วิธีปลูกใช้เหง้าแก่ที่มีอายุ 11 - 12 เดือน ตัดเป็นท่อนๆ ในแต่ละท่อนมีจำนวนตาประมาณ 1 - 2 ตา ฝังท่อนพันธุ์ขมิ้นลึก 5 - 7 เซนติเมตร ระยะปลูกที่ใช้คือ 20 x 20 หรือ 30 x 30 หรือ 35 x 3 5 เซนติเมตร (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535) ในพื้นที่ 1 ไร่ จะใช้ท่อนพันธุ์ประมาณ 250 - 400 กิโลกรัม ท่อนพันธุ์ที่ใช้มี 2 ชนิด คือ แง่งแม่ หรือหัวที่มีลักษณะกลมหนา ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือแง่งนิ้วมือที่มีลักษณะเรียวยาว ท่อนพันธุ์ที่ใช้นี้อาจจะใช้ทั้งท่อนยาวๆ โดยไม่ต้องตัดหรือจะตัดเป็นท่อนๆ ให้มีตาติดอยู่ 1 - 2 ตา ก็ได้ ท่อนพันธุ์ที่ได้จะนำไปปลูกในแปลงทันที หรือเพาะก่อนปลูกก็ได้แต่ถ้าเพาะท่อนพันธุ์ไว้ประมาณ 30 วัน ท่อนพันธุ์จะงอกแล้วแตกหน่อขึ้น

มา ซึ่งสามารถนำไปปลูกในแปลงได้ โดยจากการที่ท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีหลายแบบแต่แบบที่ให้ผลผลิตสูงกว่าชนิดอื่นก็คือ ท่อนพันธุ์ชนิดแง่งแม่หรือหัวซึ่งตัดเป็นท่อนๆ ซึ่งจะให้ผลผลิตสูงกว่าปลูกด้วยวัสดุปลูกอื่นๆ (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535)

ในบางท้องถิ่นซึ่งเป็นป่าเปิดใหม่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีอยู่แล้ว หลังจากถางป่าทำลายพวกวัชพืช ทำการไถพรวนดินสองครั้ง เกษตรกรจะปลูกโดยไม่ต้องยกดินเป็นร่องสูง ใช้ระยะปลูกตามข้างต้น หลังจากปลูกประมาณ 5 - 7 วัน ขมิ้นจะเริ่มงอก หากฝนไม่ตกควรมีการรดน้ำช่วย (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541) หลังจากปลูกทำการดายหญ้าทุกเดือนและหลังจากขมิ้นชันมีอายุได้ 2 - 4 เดือน ก็ทำการใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก ครั้งละ 2-3 ตันต่อไร่ ขมิ้นชันจะเริ่มลงหัวหลังจากปลูกประมาณ 2 เดือน บางครั้งเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ร่วมด้วยโดยเฉพาะพวกโพแทสเซียม หากมีแมลงมากัดกินใบต้องพ่นยาพวกเซฟวิน ส่วนโรคที่สำคัญได้แก่ โรค leaf spot ที่เกิดขึ้นกับขมิ้นชันสามารถป้องกัน ได้โดยฉีดพ่นยาพวกเบนเลท (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535 ; สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541)

ฤดูกาลเพาะปลูกขมิ้น

ส่วนมากจะปลูกอยู่ในช่วงต้นฤดูฝนหรือก่อนฤดูฝนเล็กน้อย คือประมาณ เดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม การเพาะปลูกขมิ้นชันในเขตชลประทานจะใช้เวลางอก ประมาณ 15 วัน แต่ถ้าปลูกในที่ราบอาศัยน้ำฝนจะใช้เวลาประมาณ 1 เดือน จากนั้นอีกประมาณ 5 - 6 เดือน จะเป็นช่วงเวลาของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจะสิ้นสุดลง ในราวเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม ซึ่งจะสังเกตได้จากสองใบสุดท้ายที่แตกขึ้นมา จะมีขนาดเล็กกว่าใบก่อนหน้านี้ ต่อไปจะเป็นการเจริญเติบโตของเหง้า และเริ่มออกดอกในช่วง เดือน พฤศจิกายน แต่ขมิ้นชันบางต้น และบางปีเท่านั้นที่จะมีการออกดอก ซึ่งการออกดอกของขมิ้นชันไม่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรเพราะจะมีผลทำให้เหง้าขมิ้นชันเจริญเติบโตช้า และมีขนาดเล็กลง ดังนั้น เกษตรกรจึงควรตัดช่อดอกทิ้งตั้งแต่ในระยะเริ่มแรก (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

การปฏิบัติดูแลรักษา

ขมิ้นชันเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ตอนบน บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ วิธีการปฏิบัติดูแลรักษากระทำได้ดังนี้

1. การให้น้ำ ขมิ้นชันเป็นพืชต้องการความชื้นสูงแต่ไม่ต้องการสภาพพื้นที่ชื้นแฉะ เพราะจะทำให้เหง้าเน่าเสียหายได้

2. การกลบโคน ต้องคอยกลบโคนต้นอยู่เสมอ เพราะแง่งขมิ้นชันจะเจริญเติบโตได้ดีต้องอยู่ใต้ผิวดิน ที่มีร่มเงาและความชื้นเพียงพอ

3. การใส่ปุ๋ย ควรเร่งใส่ปุ๋ยอินทรีย์เช่นปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก แต่ก็สามารถใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์แทนได้เช่นเดียวกัน แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้ปุ๋ยสัมผัสกับต้นขมิ้นชันทั้งลำต้นใต้ดินและลำต้นเหนือดิน ปกติไม่ควรปลูกขมิ้นชันซ้ำๆ อยู่ที่เดียวกันหลายๆ ครั้ง ทั้งนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งจะมีผลทำให้ผลผลิตลดต่ำลงแล้วยังหลีกเลี่ยงปัญหาโรค และแมลงรบกวนด้วย (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

การเก็บเกี่ยว

หลังจากที่ปลูกขมิ้นชันได้ประมาณ 7 เดือน ใบล่างๆ ของขมิ้นชันจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แสดงว่าขมิ้นชันเริ่มแก่แล้ว ให้ปล่อยขมิ้นชันไว้ในแปลงจนมีอายุประมาณ 9 - 10 เดือน จึงเริ่มขุด (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540 ; สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541) ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม ถ้าดินแห้งเกินไปในขณะที่จะขุดก็ให้รดน้ำก่อนทุกครั้งเพื่อให้สะดวกต่อการขุดและง่ายต่อการเอาดินออกจากหัวขมิ้นชัน การขุดต้องพยายามไม่ให้จอบโดนเหง้า เสร็จแล้วจึงตัดใบรากและล้างน้ำให้สะอาด ขมิ้นชันกอหนึ่งๆ จะมีหัวประมาณ 2 - 8 อัน และมีแง่งนิ้วมือประมาณ 10 - 40 อัน ให้ผลผลิตประมาณไร่ละ 3,200 - 3,500 กิโลกรัม สำหรับบนพื้นที่ที่มีการชลประทาน แต่ถ้าปลูกนอกเขตพื้นที่ชลประทานหรืออาศัยน้ำฝนจะให้ผลผลิตต่ำกว่านี้ นอกจากนี้ผลผลิตของขมิ้นชันยังขึ้นอยู่กับระยะห่างของการปลูก พันธุ์และแหล่งปลูกด้วย ผลผลิตของขมิ้นชันหรือแง่งที่ได้นี้ยังเป็นขมิ้นชันสดหรือเรียกว่าขมิ้นเขียว มีสีเหลืองปนน้ำตาล จะต้องนำไปทำความสะอาด และทำให้แห้งก่อน จึงจะเก็บไว้ได้นานหลังจากทำความสะอาดแล้วควรแยกแง่งที่มีลักษณะเป็นหัว และนิ้วมือออกจากกัน เพราะแง่งทั้งสองใช้เวลาในการทำให้แห้งแตกต่างกัน อีกทั้งความต้องการของตลาด ตลอดจนราคาแตกต่างกันด้วย กล่าวคือแง่งนิ้วมือราคาสูงกว่าชนิดหัว (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

การทำให้แห้ง กระทำได้โดยนำขมิ้นชันไปต้ม ตากให้แห้งและขัดเปลือกให้สะอาดเวลาใช้ต้มประมาณ 1 - 6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณขมิ้นชัน การต้มมี วัตถุประสงค์เพื่อทำให้เซลล์ของขมิ้นชันตายและป้องกันการระเหยของน้ำ เมื่อนำไปตากแห้งแง่งขมิ้นชันจะมีลักษณะตึงสวยและเก็บไว้ได้นาน ขมิ้นชันเมื่อต้มเสร็จแล้วจะมีเนื้ออ่อนนุ่ม สีเหลืองเข้ม บางแห่งนิยมแช่ขมิ้นชันในน้ำปูนใสก่อนที่จะนำไปตากแห้งเพื่อให้มีความแห้งอย่างสม่ำเสมอ จึงต้องใช้เวลาพอสมควร ซึ่งปกติจะใช้เวลาประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของแง่งขมิ้นชันด้วยหัวขมิ้นชันจะแห้งช้ากว่าขมิ้นชันนิ้วมือ เนื่องจาก หัวขมิ้นชันมีขนาดใหญ่และหนากว่า แง่งขมิ้นชันที่แห้งดีแล้วจะมีลักษณะแข็งเปราะ มีกลิ่นหอมเล็กน้อยหลังจากนั้น จึงนำไปขัดเปลือกหรือลอกเปลือกออกเพื่อให้แง่งขมิ้นชัน

ดูสวยขึ้น (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542 ; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545) การขัดเปลือกกระทำได้โดยใส่ในตะแกรงหรือใส่ในถังเหล็กหรือถังโลหะแล้วเขย่า หรือหมุนจนเปลือกลอกหลุดออกหมดเศษหรือผงขมิ้นขัน และเยื่อที่ได้จากการขัดสามารถนำไปใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสด (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

การจำหน่าย

การค้าขมิ้นขันระหว่างประเทศจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ขมิ้นขันชนิดนิ้วมือ ชนิดทั้งเหง้า และ ชนิดแตกหัก ซึ่งขมิ้นขันชนิดนิ้วมือมีคุณภาพดีที่สุด ส่วนขมิ้นขันที่จำหน่ายภายในประเทศนั้นมีทั้งชนิดหัวและชนิดแง่ง นิ้วมือคละกันแต่ในทางการค้ามักแยกส่วนกลางและแง่งออกจากกันส่วนแง่งเป็นที่นิยมของตลาดและมีราคาสูง (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542) การที่ขมิ้นขันจะมีราคาสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับรูปร่างและความมันของเหง้า เหง้าที่เตรียมถูกวิธี จะเปราะและมีสีเหลืองเป็นมัน ในบางท้องถิ่นมีการเตรียมเป็นพิเศษคือนำเหง้ามาแช่ในน้ำสกัดส้มมะขามเปียกเป็นเวลา 10 นาที (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542 ; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545) ราคาที่จำหน่ายขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิต และความต้องการของตลาด ขมิ้นขันที่ส่งออกอาจจะต้มก่อนหรือไม่ต้มก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นิยมต้มก่อน ในการส่งออกจะต้องผ่านการรมยาและขอใบรับรองการตรวจโรคพืชขาออก จากกรมวิชาการเกษตร สำหรับแง่งชนิดหัวที่ผู้ส่งออกคัดออกนั้นจะถูกนำไปแปรรูปเป็นขมิ้นขันผงเพื่อจำหน่ายต่อไป (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

ส่วนที่ใช้เป็นยา

ส่วนมากนิยมใช้เหง้าแห้งและสด (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537 ; สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541)

ส่วนประกอบ

ในขมิ้นขันประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี และ วิตามินบี 12 นอกจากนี้ ยังมีน้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วยสารต่างๆ ได้แก่ เทอร์เมอโรน (turmerone) เคอร์คิวมิน (curcumin) แอทแลนโทน (atlantone) ซินโทรไบริน (sytrobirin) และซินจิเบอโรน (zingiberone) (จำลอง ฝั่งชลจิตร. 2542 ; วีณา เชิดบุญชาติ. 2543)

รสและสรรพคุณยาไทย

ขมิ้นชันจะมีรสฝาด กลิ่นหอม สรรพคุณขมิ้นชัน สามารถแก้โรค ผิวหนัง ผื่นคัน ขับลม ท้องร่วงรักษาแผลในกระเพาะอาหาร (สำนักคณะกรรมการสาธารณะสุขมูลฐาน. 2541) แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้โรคกระเพาะอาหาร (ลลิตา ธีระสิริ. 2543) มีสารเคอร์คูมิน ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งของกรดในกระเพาะอาหารช่วยเพิ่มแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อรา และไวรัส บรรเทาอาการแพ้ ช่วยสมานแผล และบำรุงผิว มีสารต้านอนุมูลอิสระ สาร ซินโทรไบริน ส่งผลให้ถุงน้ำดีบีบตัวสามารถขับน้ำดีได้มาก (ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538 ; นิจศิริ เรืองรังษี. 2542) จึงมีสรรพคุณป้องกันเซลล์ตับจากอันตรายที่เกิดจากยาหรือสิ่งแปลกปลอม รักษาอาการนิ่วในถุงน้ำดี (วีณา เชิดบุญชาติ. 2543) ใช้บำบัดอาการฟกช้ำ บำบัดอาการไขข้ออักเสบ อาจใช้ในการรักษาฝีที่มีหนองซึ่งติดจากเชื้อ *staphyllococcus aureus* (ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538)

สารสำคัญ

สารที่สำคัญในเหง้าขมิ้นชันได้แก่น้ำมันหอมระเหย (essential oil) หรือ สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ประมาณ 2– 6 % เป็นน้ำมันสีเหลืองและมีสารสีเหลืองส้ม (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณะสุขมูลฐาน. 2541; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545)

สารที่ให้สีเหลืองส้ม รวมเรียกว่า สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งเป็นสารพวก diaryl heptanoid ประกอบไปด้วยสารที่สำคัญ คือ สารเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นสารพวก diferruloylmethane และ caffeoylferulo methane (ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538)

สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถสลายอนุมูลอิสระและป้องกันอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระด้วย (วีณา เชิดบุญชาติ. 2543)

ส่วนคุณสมบัติของสารเคอร์คูมิน (curcumin) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า bis - (4-hydroxyl -3-methoxycinnamoyl) -methane สามารถทำให้เชื้อแบคทีเรียในลำไส้ลดการใช้กลูโคส จึงลดการเกิดก๊าซลงได้ นอกจากนี้สารเคอร์คูมิน ยังช่วยในการเพิ่มน้ำย่อยทำให้การย่อยอาหารดีขึ้น อาการจุกเสียดจึงลดลง นอกจากนี้สารเคอร์คูมิน ยังมีสรรพคุณต้านไวรัส ลดอาการอักเสบบรรเทาอาการปวดตามข้อ ลดระดับคอเรสเตอรอล โดยการเร่งการผลิตส่งออกจากตับไปสู่ลำไส้เล็กพร้อมกับน้ำดี และช่วยให้ฮอร์โมนอินซูลินย่อยสลายน้ำตาล จึงช่วยผู้ป่วยเบาหวานควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ (วีณา เชิดบุญชาติ. 2543)

การใช้ประโยชน์จากขมิ้นชัน

จากการที่ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่มีกลิ่นหอมและให้สีเหลืองสวยงาม จึงมีการนำขมิ้นชันมาใช้เป็นเครื่องเทศใช้ในการประกอบอาหาร (พร้อมจิต ศรลัมพ์. 2532) โดยเราจะแบ่งตามลักษณะการใช้งานดังนี้

สี ของขมิ้นชันใช้ในการปรุงแต่งอาหาร เช่น เป็นผงแกงเผ็ด มาสตาด ซอสปรุงรส ปรุงสีอาหาร จำพวก ผัก ไก่ เนื้อ และปลา ผักดอง (ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545)

ใบ ของขมิ้นชันช่วยในการเพิ่มรสชาติของอาหารได้ดีขึ้น ในอินเดียนิยมใช้ใบขมิ้นชันห่อปลาก่อนนำไปปรุงอาหาร

โอลีโอเรซิน ใช้ในการแต่งสีของเนยสด เนยแข็ง เนยเทียม เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และเค้ก (นิจศิริ เรืองรังสี. 2542 ; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545)

นอกจากนี้สี ยังใช้เป็นสีย้อมผ้าฝ้าย ไหม และไหมพรม ใช้แต่งสีเครื่องสำอาง โดยเฉพาะสีเหลืองของขมิ้นชันนี้เมื่อถูกด่างจะให้สีน้ำตาลเข้ม เช่น เมื่อใช้ในปูนขาว จะได้สีปูนแดงตามที่ต้องการ (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542 ; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545)

นอกจากขมิ้นชันจะใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร และ เครื่องสำอางแล้วก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการรักษาโรคได้ทุกส่วนของต้นขมิ้นชัน แต่ที่นิยมใช้จะใช้เหง้าสด และ แห้งใช้เป็นยาบำรุงธาตุ ฟอกโลหิต แก้โรคผิวหนังผื่นคัน ใช้ผสมกับน้ำมะพร้าว ทาเป็นยาสมานแผล แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ขมิ้นชันสดๆ ใช้แก้ท้องร่วงได้ในปัจจุบันยัง พบว่ามีสรรพคุณบำบัด โรคกระเพาะอาหารอักเสบได้ (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542 ; ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545)

เนื่องจากสรรพคุณทางยาของขมิ้นชันเป็นที่รู้จักตั้งแต่โบราณมาจนถึงปัจจุบัน จึงได้มีการศึกษาและวิจัยในการใช้ขมิ้นชันรักษาโรคและอาการต่างๆ ซึ่งผลการทดลองที่เบื้องต้นของการศึกษาเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นจะกล่าวถึงตัวอย่างงานวิจัยที่ได้ทำขึ้นดังนี้

การศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขมิ้นชัน โดยการใช้น้ำคั้นจากหัวขมิ้นชัน ให้ผู้ป่วยที่มีอาการท้องอืดท้องเฟ้อ 100 ราย เทียบกับผู้ป่วยที่ใช้ยา Flatulence 100 รายได้ผล 77% และ 79 % ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า น้ำคั้นจากหัวขมิ้นชันมีฤทธิ์ลดการบีบตัว ของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารที่เกิดจาก actyl- choline, serotonin และ แบเรียมคลอไรด์ได้ สำหรับการรักษาแผลในกระเพาะอาหารนั้น พบว่า เคอร์คูมิน (curcumin) นั้นจะออกฤทธิ์กระตุ้นการหลั่ง secretin และ gastrin ซึ่งป้องกันโรคกระเพาะอาหารทั้งยังทำให้มีการหลั่ง muein มาเคลือบกระเพาะมากขึ้น (พร้อมจิต ศรลัมพ์. 2532) จากที่มีการหลั่ง muein ในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น จึงช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหาร (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541)

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ศึกษาผลของยาแคปซูลขมิ้นชัน ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดท้องเนื่องจากแผลเปื่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ดูโอดินั่ม โดยการดูการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อบุภาย

ในกระเพาะอาหาร และ ลำไส้เล็ก ดูโอดินั่ม ด้วยกล้องส่องตรวจ (endoscope) ในผู้ป่วยชาย 8 ราย หญิง 12 ราย อายุระหว่าง 16 – 60 ปี ผู้ป่วยที่มีแผลเปื่อย 10 รายนี้ เป็นแผลในลำไส้เล็ก 2 ราย มีขนาดแผล 0.5 – 1.5 เซนติเมตร โดยให้รับประทานขมิ้นชันขนาดแคปซูลละ 250 มิลลิกรัม ครั้งละ 2 แคปซูล ก่อนอาหาร 3 มื้อ ครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมงและก่อนนอน ปรากฏว่าแผลของผู้ป่วยหาย เรียบร้อยภายใน 4 สัปดาห์ ผลเป็นที่น่าพอใจจึงสนับสนุนให้ประชาชนได้ใช้ (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541 ; นิจศิริ เรืองรังสี. 2542)

จากการศึกษาพบว่าขมิ้นชันมีฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร มีฤทธิ์ลดการอักเสบ ขับน้ำดี และมีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบได้ โดยที่ฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารเกิดจากสารเคอร์คูมิน (curcumin) ขนาด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้เกิดการกระตุ้นการหลั่ง meuin ออกมาเคลือบกระเพาะอาหารโดยสารเคอร์คูมิน และน้ำมันหอมระเหยจะมีฤทธิ์ลดการอักเสบ บรรเทาอาการปวดท้องเนื่องจากแผลในกระเพาะอาหารได้ (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541)

เคอร์คูมิน (curcumin) มีผลึกสีเหลืองหรือแดง ละลายได้ในแอลกอฮอล์ สารละลายมีสีเหลือง แต่เมื่อถูกกับ boric acid จะได้สีแดง ถ้าเติมด่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอมเขียว กับสารละลายของกรดกำมะถันที่มีแอลกอฮอล์อยู่ด้วยจะให้สีเลือดนก จึงมักใช้กระดาษขมิ้นเพื่อทดสอบ boron ในอาหาร (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542) ใช้ทดสอบว่าเป็นผงชูรสแท้หรือไม่ และใช้ทดสอบน้ำยาเป็นกรดหรือด่าง ถ้าเป็นด่างกระดาษขมิ้นชันจะเปลี่ยนเป็นสีแดง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ไล่และกำจัดแมลงได้หลายชนิด เช่น ด้วงงวง ด้วงถั่วเขียว มอดข้าวเปลือก หนอนใยผัก หนอนหลอดหอม ฯลฯ สามารถทำได้โดยใช้ผงขมิ้นชัน 1.5 กิโลกรัม หมักกับน้ำ 2 ลิตร ทิ้งไว้หนึ่งคืน กรองใช้น้ำยา 1.5 ลิตร เติมน้ำ 2 ลิตรฉีดพ่นแปลงผักสามารถไล่แมลงศัตรูพืชผัก พืชไร่ได้ผลดี (พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537)

นอกจากนี้ได้พบว่าสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ น้ำมันหอมระเหย และ curcumin มีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรีย โดย curcumin สามารถฆ่าเชื้อได้ ขมิ้นชันยังสามารถกระตุ้นการสร้างวิตามินบี 1 โดยแบคทีเรียในลำไส้หนูขาว และไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในการขับถ่ายวิตามินบี 1 ในปัสสาวะและอุจจาระ น้ำมันขมิ้นชัน มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แต่ส่วนสกัดที่มี curcumin ไม่มีผลในการฆ่าเชื้อรา

สิ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์ของเหง้ามีฤทธิ์ฆ่าเชื้ออะมีบาซึ่งเป็นต้นเหตุของโรคบิดมีตัว น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ฆ่าพยาธิไส้เดือนและตัวตืดในขนาดความเข้มข้นเพียงร้อยละ 0.2 นอกจากนี้ยังพบว่าสิ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีฤทธิ์เป็นพิษต่อเซลล์ขนาดย่อมๆ อีกด้วย (นิจศิริ เรืองรังษี. 2542)

ความต้องการน้ำและการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของเซลล์พืช น้ำช่วยละลายแร่ธาตุและอาหารต่างๆ ซึ่งใช้ในการเจริญเติบโต กระบวนการเมตาบอลิซึม ตลอดจนปฏิกิริยาเคมีต่างๆภายในเซลล์จะต้องอาศัยน้ำ โดยน้ำมีส่วนร่วมในปฏิกิริยานั้นๆ ไม่ทางตรงก็ทางอ้อม นอกจากนั้นน้ำยังช่วยรักษาอุณหภูมิของพืชมิให้เกิดความผันแปรมากด้วย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544) ดังนั้น ในสภาวะที่พืชขาดน้ำโดยพืชมีอัตราการคายน้ำมากกว่าการดูดน้ำ เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำในใบพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช ซึ่งการตอบสนองของกระบวนการทางสรีรวิทยาและกระบวนการจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการขาดน้ำ และช่วงเวลาของการขาดน้ำ (สายัณห์ สดุดี. 2537)

Eck (1986) รายงานว่า ข้าวโพดที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะของการขาดน้ำในช่วงระยะที่ข้าวโพดเริ่มงอกจะมีผลทำให้น้ำหนักใบ น้ำหนักลำต้น และผลผลิตฝักลดลง สำหรับข้าวโพดที่ขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นจะมีผลต่อผลผลิตฝักที่ลดลงเช่นกัน โดยเฉพาะถ้าข้าวโพดขาดน้ำในช่วงผสมเกสรถึงช่วงสะสมน้ำหนักเมล็ดจะทำให้ผลผลิตฝักของข้าวโพดลดลงมากที่สุด (Otegui *et al.* 1995) สอดคล้องกับงานทดลองของ Pandey *et al.* (1984) รายงานว่าพืชตระกูลถั่วเมื่อได้รับการขาดน้ำอย่างรุนแรงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของถั่วลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสภาวะขาดน้ำนี้ถ้าเกิดขึ้นในช่วงเจริญพันธุ์จะเป็นระยะวิกฤติของการผลิตพืช (Ashley and Ethridge. 1978 ; Turk and Hall. 1980) ในงานทดลองของ Muchow *et al.* (1986) รายงานว่าถั่วเหลืองถ้าขาดน้ำไม่รุนแรงในช่วงการเจริญทางลำต้นและใบ พบว่าทำให้ลดการขยายตัวของใบมากกว่าที่จะมีผลต่อการเกิดใบใหม่และไม่มีผลทำให้เกิดการร่วงของใบ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสภาวะขาดน้ำรุนแรงจะมีผลทำให้ใบเหี่ยวและร่วงมาก ส่วนการทดลองของ Kramer (1983) พบว่า การขาดน้ำของพืชจะทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ขาดน้ำ โดยเฉพาะในพืชหัว เช่น ในมันฝรั่งเมื่อขาดน้ำอย่างรุนแรงจะมีผลทำให้ ความสูง พื้นที่ใบ การเจริญเติบโตทางทรงพุ่มและคุณภาพหัวมันฝรั่งลดลงอย่างมาก (Adams and Stevenson. 1990 ; Ojala *et al.* 1990 ; Iqbal *et al.* 1999)

ตามปกติขมิ้นชันต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตประมาณ 1,250 – 2,250 มิลลิเมตรต่อปี (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540) หรือปริมาณน้ำฝน 1,200 - 1,400 มิลลิเมตร ในช่วงเวลา 100 - 200 วันหลังปลูก (ปราณี ธาณาธะระนิต และพีสรี จิระตระกาล. 2544) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันต้องการใช้ในปริมาณค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกันกับพืชชนิดอื่น โดยทั่วไปขมิ้นชันจะให้ผลผลิตประมาณ 320 - 350 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการปลูกในเขตชลประทาน แต่ถ้ามีการปลูกนอกเขตชลประทานขมิ้นชันจะให้ผลผลิตลดลงต่ำกว่านี้มาก (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540)

สำหรับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชเมื่อเกิดการขาดน้ำขึ้นนั้น สายัณห์ สดุดี (2537) รายงานว่า การปิดและเปิดของปากใบเป็นการตอบสนองของพืชเพื่อรักษาสมดุลของน้ำไว้ในใบพืชภายใต้สภาวะขาดน้ำ โดยทำให้ปากใบปิด (Sivarkumar and Shaw, 1987) ทำให้การขยายตัวของเซลล์และการแบ่งเซลล์ลดลง (นิมิตร วรสูต และคณะ, 2536) ซึ่งจะมีผลทำให้กระบวนการต่างๆ ของการสังเคราะห์แสงลดลง เนื่องจากการผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบพืชน้อยลง (สายัณห์ สดุดี. 2537) และค่าศักยภาพน้ำในใบมีค่าลดลง แต่ความต้านทานของปากใบจะมีค่าเพิ่มขึ้น (นิภา วีระนันทาเวทย์. 2531 ; Boyer. 1976 ; Kramer. 1983) จากการรายงานของ Lawn (1982) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิใบมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่า total conductance ดังนั้นเมื่อพืชขาดน้ำ อุณหภูมิใบจะมีค่าสูงขึ้นในขณะที่ total conductance จะมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Lawn (1982) ที่พบว่าในถั่วพุ่มเมื่อขาดน้ำจะทำให้ศักยภาพของน้ำในใบของถั่วพุ่มมีค่าลดลง โดยถั่วพุ่มมีการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำจึงทำให้อุณหภูมิของใบมีค่าสูงขึ้นด้วย

สำหรับการศึกษาในขมิ้นชันถึงความต้องการน้ำและการขาดน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของขมิ้นชันนั้น ในปัจจุบันยังมีการศึกษากันไม่มากนัก อีกทั้งขมิ้นชันเป็นพืชที่มีอายุยาวและต้องการน้ำในปริมาณที่ค่อนข้างมาก เมื่อมีการขาดน้ำเกิดขึ้นถึงแม้ว่าจะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆของการเจริญเติบโตก็ตาม ก็อาจจะมีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตของขมิ้นชันลดลงได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ยังมีน้อยดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. พืชที่ใช้ในการทดลอง

   ขมิ้นชัน

2. อุปกรณ์

   2.1 เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

   1) ตู้อบความร้อน (hot air oven)

   2) เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง

   3) เครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter) ยี่ห้อ Li – COR รุ่น LI - 3100

   4) โพโรมิเตอร์ (porometer) ยี่ห้อ Li – COR รุ่น LI – 600

   5) เครื่องมือวัดการระเหยของน้ำ (American class A pan)

   6) เครื่องมือวัดข้อมูลฟ้าอากาศ ยี่ห้อ Delta – T Logger รุ่น DL2e

   7) เครื่องวัด chlorophyll meter ยี่ห้อ minolta

   8) เครื่องวัดความยาวคลื่นแสง spectrophotometer

   2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแปลง

   1) จอบ

   2) ตลับเมตร

   3) ไม้ลวก

   4) เชือก

   2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง

   1) บัวรดน้ำ

   2) ช้อนปลูก

   3) เสียม

   4) ถุงกระดาษสีน้ำตาล

   5) ถุงพลาสติกดำ

   6) กระป๋องเก็บดิน

   7) มีด

   8) กรรไกร

3.2 สถานที่ทำการทดลองและแผนการดำเนินการ

แปลงทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 13 องศา 44 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 34 ลิปดาตะวันออก พื้นที่มีความสูงจากระดับ น้ำทะเล 2 เมตร ดินบริเวณแปลงทดลองเป็นดินชุดบางกอก เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายมีสีเทาเข้ม หรือสีน้ำตาลเทามีจุดประสีน้ำตาลแก่ หรือแดงปนเทา ดินมีการระบายน้ำไม่ดี

การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 เริ่มการทดลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2548

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2548							
	เดือน							
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
การทดลองที่ 1	←							→
การทดลองที่ 2	←							→
การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง		←						→

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 **การทดลองที่ 1** เป็นการศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ โดยแบ่งสิ่งทดลองที่ทำการศึกษาดังนี้

1) งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันในระยะกล้า คือตั้งแต่หลังปลูกจนกระทั่งขมิ้นชันมีอายุได้ 30 วัน
2) เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 30 วัน งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันเป็นเวลา 15 วัน
3) เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 60 วัน งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันเป็นเวลา 15 วัน
4) เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 90 วัน งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันเป็นเวลา 15 วัน
5) เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 120 วัน งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันเป็นเวลา 15 วัน
6) เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 150 วัน งดให้น้ำแก่ขมิ้นชันเป็นเวลา 15 วัน
7) ให้น้ำแก่ขมิ้นชันอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต และขมิ้นชันไม่มีการขาดน้ำ

3.3.2 **การทดลองที่** 2 ศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ โดยแบ่งสิ่งทดลองที่ทำการศึกษาดังนี้

1) ให้ขมิ้นชันขาดน้ำตั้งแต่อายุ 30 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
2) ให้ขมิ้นชันขาดน้ำตั้งแต่อายุ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
3) ให้ขมิ้นชันขาดน้ำตั้งแต่อายุ 90 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
4) ให้ขมิ้นชันขาดน้ำตั้งแต่อายุ 120 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
5) ให้ขมิ้นชันขาดน้ำตั้งแต่อายุ 150 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
6) ให้น้ำแก่ขมิ้นชันอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต และขมิ้นชันไม่มีการขาดน้ำ

3.4 การเตรียมดิน การปลูก และการดูแลรักษา

3.4.1 **การทดลองที่** 1 ปลูกขมิ้นชันลงในแปลงปลูกขนาด 3 x 3 เมตร จำนวน 21 แปลงย่อย โดยใช้ระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร เหง้าหัวที่ใช้ปลูกมีการตัดและมีการคัดเลือกให้มีขนาดสม่ำเสมอโดยให้มีตาบนท่อนพันธุ์ละ 1 - 2 ตา และมีน้ำหนักเหง้าสดประมาณ 12 กรัม ฝังท่อนพันธุ์ขมิ้นชันลงไปในดินลึกประมาณ 5 - 7 เซนติเมตร เหง้าที่นำมาใช้ปลูกต้องเป็นเหง้าของขมิ้นชันที่ได้มาจากแหล่งปลูกเดียวกัน โดยมีอายุ 11 - 12 เดือน หลังจากปลูก 5 - 7 วัน ขมิ้นชันจะเริ่มงอก สำหรับการให้น้ำชลประทานแก่ขมิ้นชันจะมีการให้โดยเฉลี่ยประมาณ 5 มิลลิเมตรต่อวันปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันต้องการใช้มีวิธีการคำนวณปริมาณน้ำโดยใช้วิธีการของ Doorenbos and Pruitt (1977) และจะมีการงดให้น้ำเมื่อมีฝนตกเกินกว่าปริมาณน้ำที่ให้ต่อวัน และมีการงดให้น้ำตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโตจะมีการให้น้ำแก่ขมิ้นชันโดยตลอด ในการดูแลรักษาขมิ้นชันในแปลงปลูกมีดังต่อไปนี้คือ มีการดายหญ้าทุกเดือนจนกระทั่งขมิ้นชันมีอายุได้ 4 เดือน และทรงพุ่มชนกันจึงหยุดทำการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยจะเริ่มเมื่อขมิ้นชันลงหัว โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2 - 3 ตันต่อไร่ เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 3 เดือน มีการป้องกันกำจัดโรคและแมลงบ้างเป็นครั้งคราว โดยใช้ยาฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลง คือ เซฟวิน อัตรา 20 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนโรคที่เกิดกับขมิ้นชัน คือ โรคใบจุด สามารถป้องกันได้โดยฉีดยาป้องกันกำจัดเชื้อรา คือเบนเลท อัตรา 10-20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และหลังจากขมิ้นชันอายุได้ 7 เดือน จึงทำการเก็บเกี่ยว

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.4.2 **การทดลองที่** 2 ปลูกขมิ้นชันลงในแปลงปลูกขนาด 3x3 เมตร จำนวน 18 แปลงย่อย โดยใช้ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร ทำการปลูกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 สำหรับการให้น้ำชลประทานแก่ขมิ้นชันจะมีการให้โดยเฉลี่ยประมาณ 5 มิลลิเมตรต่อวันปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันต้องการใช้มีวิธีการคำนวณปริมาณน้ำโดยใช้วิธีการของ Doorenbos and Pruitt (1977) และจะมีการงดให้น้ำเมื่อมีฝนตกเกินกว่าปริมาณน้ำที่ให้ต่อวัน และมีการงดให้น้ำตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโตจะมีการให้น้ำแก่ขมิ้นชันโดยตลอด ในการดูแลรักษาขมิ้นชันในแปลงปลูกมีดังต่อไปนี้คือ มีการดายหญ้าทุกเดือนจนกระทั่งขมิ้นชันมีอายุได้ 4 เดือน และทรงพุ่มชนกันจึงหยุดทำการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยจะเริ่มเมื่อขมิ้นชันลงหัว โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2-3 ตันต่อไร่ เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 3 เดือน มีการป้องกันกำจัดโรคและแมลงบ้างเป็นครั้งคราว โดยใช้ยาฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลง คือ เซฟวิน อัตรา 20 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนโรคที่เกิดกับขมิ้นชัน คือ โรคใบจุด สามารถป้องกันได้โดยฉีดยาป้องกันกำจัดเชื้อรา คือ เบนเลท อัตรา 10-20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และหลังจากขมิ้นชันอายุได้ 7 เดือน จึงทำการเก็บเกี่ยว

3.5 การบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่1 เป็นการศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน ซึ่งได้มีการเก็บข้อมูลในแปลงทดลองดังนี้ คือ

1. ตรวจวัดความสูงของลำต้นขมิ้นชันทุกเดือน ตั้งแต่หลังจากปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
2. ตรวจวัดหาค่า น้ำหนักต้น ใบ และรากแห้ง น้ำหนักเหง้าสดและแห้ง การหาน้ำหนักแห้งของขมิ้นชันหาได้โดยนำขมิ้นชันมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 วัน แล้วจึงชั่งหาน้ำหนักแห้ง ข้อมูลเหล่านี้ทำการสุ่มเก็บจากทุกๆแปลงย่อย แปลงละ 1 หลุม ตรวจวัดทุกเดือน ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
3. คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน (crop growth rate) ทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ในช่วงอายุ 0-30, 30 - 60, 60 – 90, 90 – 120, 120 – 150, 150 – 180 และ 180 – 210 วัน ตามลำดับ ตามวิธีการของ Hunt (1978) โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{1}{GA} \times \frac{(W_2-W_1)}{(T_2-T_1)}$$

21426

เมื่อ GA = พื้นที่ดิน (ground area)

W_1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_1

W_2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T_2

T_1 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 1

T_2 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด ครั้งที่ 2

4. ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area) ตรวจวัดโดยการนำใบทั้งหมดของขมิ้นชันที่สุ่มเก็บในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตและก่อนนำเข้าตู้อบ มาวัดพื้นที่ใบโดยใช้เครื่องมือ leaf area meter ทำการตรวจวัดและหลังจากนั้นนำมาหาค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยใช้สูตร

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ} = \frac{\text{พื้นที่ใบ (leaf area)}}{\text{พื้นที่ปลูก (ground area)}}$$

5. ตรวจวัดอุณหภูมิใบ (leaf temperature) อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) และค่า total conductance ของขมิ้นชัน เมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 30, 45, 75, 105, 135, 165 และ 195 วันหลังปลูก โดยใช้เครื่องมือ LI-600 steady state porometer โดยการสุ่มวัดใบที่มีการขยายตัวเต็มที่และเลือกวัดจำนวน 3 ใบ แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ย

6. คำนวณหาน้ำในใบ (relative water content) ซึ่งเป็นการตรวจวัดสถานะของน้ำในใบขมิ้นชัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับใบที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เมื่อขมิ้นชันมีอายุ 30, 45, 75, 105, 135, 165 และ 195 วันหลังปลูก ตามลำดับ ตามวิธีของ Schonfeld *et al.* (1988) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{น้ำในใบ (\%)} = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

เมื่อ FW = น้ำหนักสดของใบที่ต้องการวัด

DW = น้ำหนักแห้งของใบ

TW = น้ำหนักของใบเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ

7. คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (water use efficiency) โดยใช้น้ำหนักแห้งของผลผลิตที่เก็บครั้งสุดท้าย (ที่อายุ 210 วัน) เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ให้แก่ขมิ้นชันโดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งทั้งหมด (total dry matter)}}{\text{ปริมาณน้ำที่ใช้ (water use)}}$$

8. ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ minolta และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบโดยวิธีการทดลองนำเนื่อเยื่อพืชมาสกัดคลอโรฟิลล์ในหลอดทดลอง โดยใช้สายละลาย DMSO และนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยวิธี spectrophotometry โดยใช้เครื่อง Spectronic 21 โดยวัดค่าการดูดซับแสงที่ช่วงคลื่นแสง 645 และ 663 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยใช้สูตร

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด = $20.2\ D_{645} + 8.02\ D_{663}$ (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด)

9. ข้อมูลฟ้าอากาศได้จากการตรวจวัดของสถานีตรวจอากาศ คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 20 เมตร เครื่องมือที่วัดได้แก่ American class A pan ซึ่งวัดการระเหยของน้ำและใช้เครื่องมือวัดข้อมูลฟ้าอากาศชื่อ Delta-T Logger DL2e ผลิตที่ประเทศอังกฤษ ซึ่งสามารถวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝน และการกระจายของฝน, อุณหภูมิสูงสุด, อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เป็นต้น

10. เก็บตัวอย่างดิน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ตั้งแต่ก่อนปลูกขมิ้นชันและเมื่อขมิ้นชันมีอายุได้ 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 วันตามลำดับ โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน} = \frac{(\text{น้ำหนักดินเปียก-น้ำหนักดินแห้ง})}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

การทดลองที่ 2 ศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน

ทำการตรวจวัดหาข้อมูลต่างๆโดยใช้เครื่องมือและวิธีทดสอบเช่นเดียวกับการทดลองที่1 ซึ่งมีข้อมูลที่ตรวจวัดดังนี้

1. ความสูงของลำต้นขมิ้นชันจำนวน 1 หลุมต่อแปลง หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยทำการสุ่มตรวจวัดในแต่ละแปลงย่อย

2. ตรวจวัด น้ำหนักต้นแห้ง ใบแห้ง และรากแห้ง รวมไปถึงตรวจวัด น้ำหนักเหง้าสดและแห้ง

3. อัตราการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน (crop growth rate)

4. ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area)

5. อุณหภูมิใบ (leaf temperature), อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) และ ค่า total conductance

6. คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (water use efficiency)

7. คำนวณหาปริมาณน้ำในใบ (relative water content)

8. ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ

9. เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

10. ตรวจวัดข้อมูลฟ้าอากาศได้จากการตวจวัดของสถานีตรวจอากาศ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดนำเอามาวิเคราะห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ค่า Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หลังจากนั้นทำตาราง และรายงานผลการทดลอง

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 สภาพภูมิอากาศและความชื้นดิน

4.1.1 สภาพภูมิอากาศ

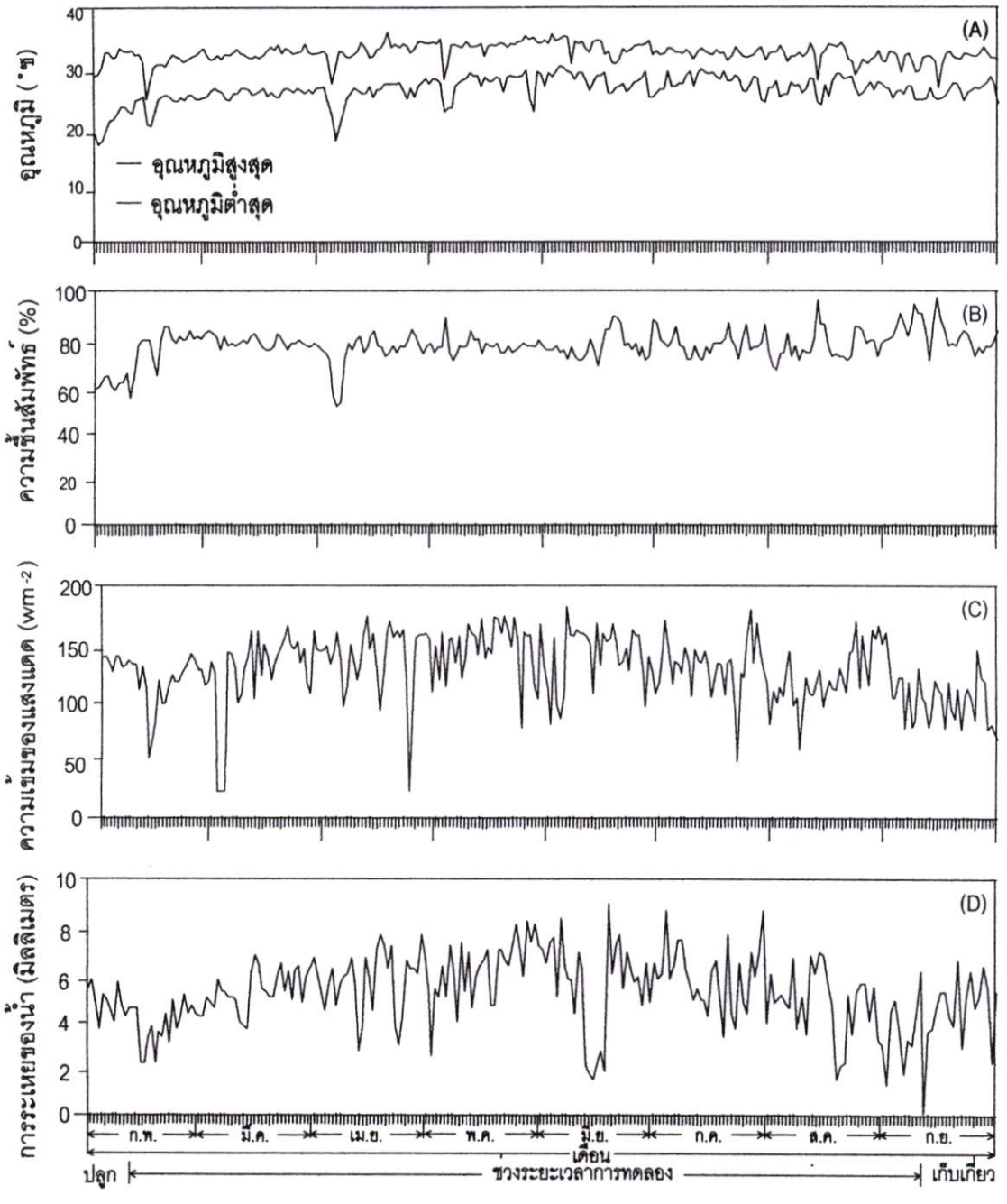
สภาพอากาศในช่วงที่ทำการทดลองระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2548 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศ (ภาพที่ 4.1A) มีค่าต่ำสุดในเดือน กันยายน โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ย เท่ากับ 32.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในเดือน เมษายน เท่ากับ 35.3 องศาเซลเซียส แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะมีค่าลดลงเล็กน้อย

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย (ภาพที่ 4.1B) ในเดือน กุมภาพันธ์ ถึงเดือน กันยายน พ.ศ.2548 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยประมาณ 70-78 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าต่ำที่สุดในวันที่ 6 เมษายน โดยมีค่าเท่ากับ 46 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงที่สุดในวันที่ 14 กันยายน โดยมีค่าเท่ากับ 94 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มของแสงแดด (ภาพที่ 4.1C) ในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกัน ความเข้มของแสงแดดในเดือนกันยายนจะมีความเข้มของแสงแดดเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 111.52 วัตต์ต่อตารางเมตร และเดือนเมษายนจะมีความเข้มของแสงแดดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 150.46 วัตต์ต่อตารางเมตร

การระเหยของน้ำ (ภาพที่ 4.1D) ตลอดการทดลองมีการระเหยของน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 3.5-5.2 มิลลิเมตรต่อวัน ในเดือนกันยายนมีการระเหยของน้ำต่ำสุด เท่ากับ 3.5 มิลลิเมตรต่อวัน และ เดือน เมษายน มีการระเหยของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 5.2 มิลลิเมตรต่อวัน

ปริมาณน้ำฝน (ภาพที่ 4.2) ที่ตกลงมาขณะทำการทดลอง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงที่มีความถี่ในการตกของฝนน้อย โดยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกในเดือนนี้ประมาณ 1.4 มิลลิเมตร สำหรับในเดือนสิงหาคม เป็นช่วงที่มีความถี่ในการตกของฝนบ่อยครั้ง โดยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดประมาณ 358.5 มิลลิเมตร

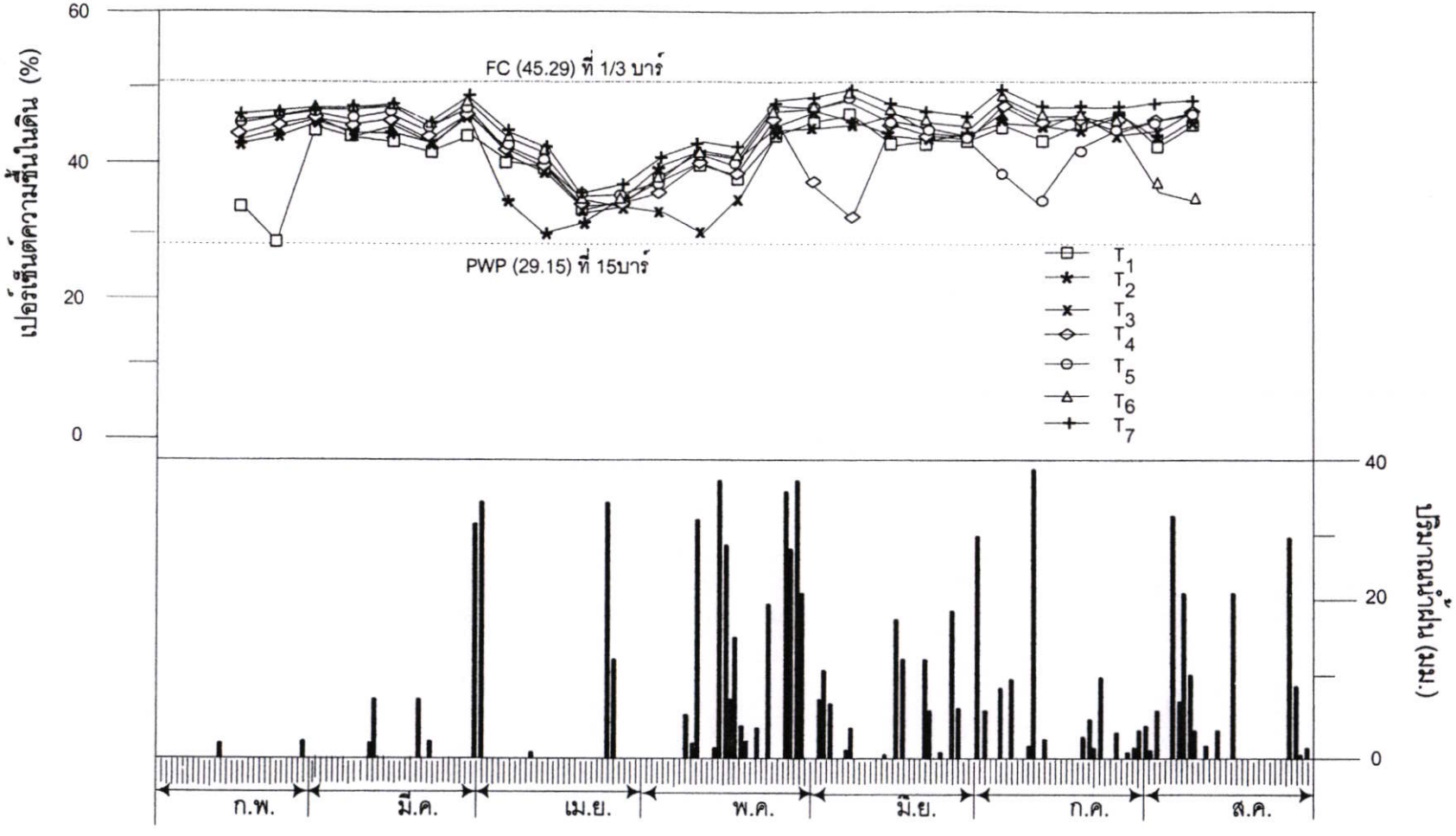


ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (A), ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (B), ความยาวนานของช่วงแสง (C) และการระเหยของน้ำ (D) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2548

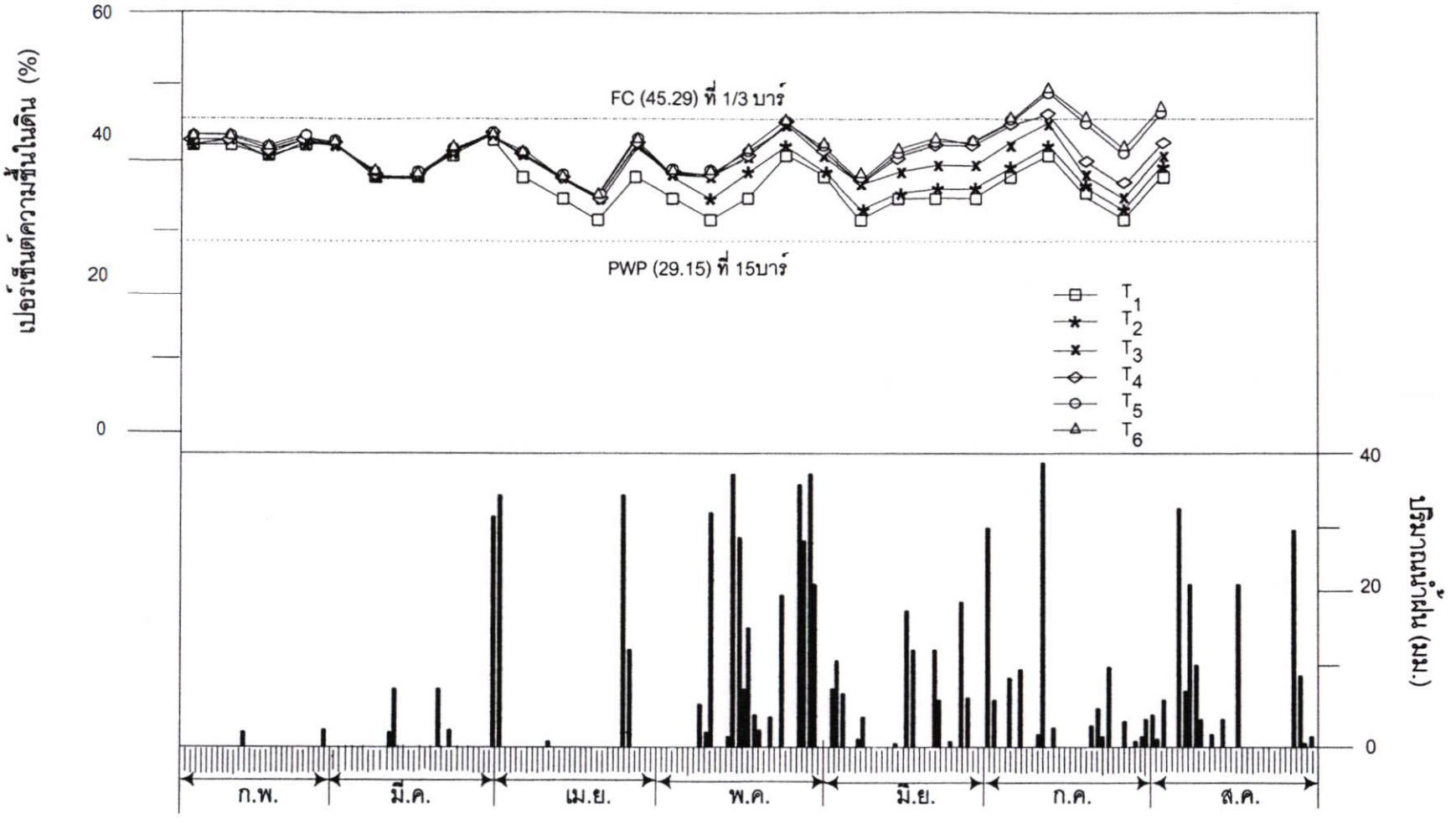
4.1.2 ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินในการทดลองที่ 1 ภายในแปลงปลูกขมิ้นชัน (ภาพที่ 4.2) พบว่า แปลงปลูกขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุ จะมีความชื้นของดินในแปลงมากที่สุด และเมื่อการขาดน้ำเกิดขึ้นใน ช่วงอายุใดก็จะมีผลทำให้ความชื้นในดินมีค่าลดลง และความชื้นในดินจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอีกครั้งเมื่อขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทาน หรือได้รับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแปลงปลูก

ความชื้นในดินในการทดลองที่ 2 (ภาพที่ 4.3) ภายในแปลงปลูกขมิ้นชัน พบว่า ความชื้นในดินในช่วงแรกของการทดลองมีความชื้นในดินค่อนข้างสูง แต่หลังจากนั้นเมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ขมิ้นชันที่ขาดน้ำเป็นเวลานาน ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว จะมีความชื้นในดินต่ำที่สุด ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต คือ 60, 90, 120 และ 150 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ก็จะมีความชื้นลดลงเป็นลำดับ พบว่า แปลงปลูกขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต จะมีความชื้นของดินในแปลงมากที่สุด และความชื้นในดินส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มมากขึ้นอีกครั้ง เมื่อแปลงปลูกขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทานและน้ำฝนที่ตกลงมาในแปลงปลูก



ภาพที่ 4.2 ความชื้นในดินรายสัปดาห์ในแปลงปลูกขมิ้นชัน เมื่อได้รับการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตโดยเริ่มเก็บความชื้นในดินตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ ถึง 9 สิงหาคม พ.ศ. 2548



ภาพที่ 4.3 ความชื้นในดินรายสัปดาห์ในแปลงปลูกขมิ้นชัน เมื่อได้รับการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนาน ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตโดยเริ่มเก็บความชื้นในดินตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ ถึง 2 สิงหาคม พ.ศ. 2548

4.2. การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน

4.2.1 ปริมาณน้ำในใบพืช (relative water content)

ปริมาณน้ำในใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.1) ที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุที่ต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่า ปริมาณน้ำในใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ช่วงอายุ 195 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วันในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำในใบของขมิ้นชันมีค่าลดลง แต่เมื่อระยะเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไป และขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทานอีกครั้งปริมาณน้ำภายในใบของขมิ้นชันก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	45	75	105	135	165	195
T_1	53.46	65.41	69.57	83.84	87.57	89.89	84.66
T_2	81.11	61.44	71.02	84.41	84.61	89.82	88.90
T_3	82.42	82.45	66.01	78.40	86.27	87.46	90.96
T_4	86.29	83.59	85.78	75.69	80.07	82.27	86.01
T_5	86.37	84.76	86.06	89.60	77.84	86.31	85.89
T_6	82.39	84.11	84.49	90.84	93.02	80.21	82.95
T_7	85.43	86.95	89.78	94.44	96.37	97.99	91.97
ค่าเฉลี่ย	79.64	78.39	78.96	85.32	86.54	87.71	87.33
LSD(0.05)	19.44	17.13	15.28	11.18	10.92	9.27	ns
C.V.(%)	9.98	8.93	7.91	5.36	5.16	4.32	8.79

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.2.2 คลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.2) ที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ช่วงอายุ 195 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต จะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อขมิ้นชันมีการขาดน้ำ แต่เมื่อช่วงเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไปค่าของคลอโรฟิลล์ก็จะมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.2 คลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	45	75	105	135	165	195
T_1	23.98	19.23	18.99	20.96	26.97	26.57	27.35
T_2	19.47	24.30	18.87	20.10	27.86	27.80	27.69
T_3	17.54	18.15	24.49	19.66	27.54	28.50	26.56
T_4	15.88	17.74	17.49	26.94	28.18	30.74	25.94
T_5	15.50	16.14	17.30	19.23	33.84	28.76	30.17
T_6	18.21	16.51	17.77	18.67	25.53	36.07	31.44
T_7	16.73	15.53	17.09	18.11	25.14	25.04	27.58
ค่าเฉลี่ย	18.19	18.23	18.86	20.52	27.87	29.07	28.11
LSD(0.05)	4.36	5.21	3.63	5.02	4.98	6.16	ns
C.V.(%)	13.46	16.07	10.62	13.74	10.06	11.91	10.76

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.2.3 อุณหภูมิใบ (leaf temperature)

อุณหภูมิใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.3) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ 195 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ที่อายุต่างๆ กันนั้น พบว่าอุณหภูมิใบของขมิ้นชันมีค่าเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงที่ขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำ และเมื่อการขาดน้ำผ่านพ้นไป ขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทานอีกครั้ง ก็พบว่า อุณหภูมิใบของขมิ้นชันมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการขาดน้ำ (T_7) มีค่าอุณหภูมิใบต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิใบ (องศาเซลเซียส) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	45	75	105	135	165	195
T_1	34.58	32.04	30.43	30.68	27.62	31.08	30.74
T_2	31.38	34.87	31.70	30.63	28.48	29.94	28.27
T_3	30.74	30.73	34.78	31.00	31.44	28.78	29.11
T_4	30.14	30.93	29.92	33.99	31.47	30.24	30.57
T_5	30.59	28.67	30.63	29.18	33.23	30.86	31.20
T_6	29.70	30.27	28.10	29.58	28.73	33.79	31.12
T_7	29.24	28.39	27.85	28.91	26.91	28.54	27.21
ค่าเฉลี่ย	30.91	30.84	30.49	30.57	29.69	30.46	29.75
LSD(0.05)	2.87	3.06	3.88	2.69	2.98	2.76	ns
C.V.(%)	5.23	5.57	7.16	4.96	5.64	5.09	9.62

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.2.4 อัตราการคายน้ำจากใบ (transpiration rate)

อัตราการคายน้ำจากใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.4) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ช่วงอายุ 195 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่ามีอัตราการคายน้ำจากใบลดลง และเมื่อช่วงเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไป ขมิ้นชันได้รับน้ำอีกครั้งอัตราการคายน้ำจากใบก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราการคายน้ำจากใบของขมิ้นชันเมื่อได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการขาดน้ำ (T_7) มีอัตราการคายน้ำจากใบสูงที่สุดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน

ตารางที่ 4.4 อัตราการคายน้ำจากใบ (μg cm^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	45	75	105	135	165	195
T_1	0.18	0.30	0.34	0.37	0.40	0.42	0.47
T_2	0.27	0.22	0.35	0.38	0.41	0.43	0.48
T_3	0.28	0.31	0.30	0.40	0.44	0.45	0.47
T_4	0.32	0.33	0.37	0.28	0.45	0.46	0.45
T_5	0.31	0.33	0.36	0.41	0.32	0.48	0.49
T_6	0.35	0.37	0.40	0.42	0.46	0.36	0.46
T_7	0.36	0.39	0.42	0.45	0.47	0.52	0.52
ค่าเฉลี่ย	0.30	0.32	0.36	0.39	0.42	0.45	0.48
LSD(0.05)	0.10	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	ns
C.V.(%)	18.19	14.29	10.34	13.16	12.11	11.18	12.42

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.2.5 Total conductance

ค่า total conductance ของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.5) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ยกเว้นที่ช่วงอายุ 195 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานาน 15 วันในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต ค่า total conductance ของขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำจะมีค่า total conductance ลดลง และเมื่อช่วงเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไป ขมิ้นชันได้รับน้ำอีกครั้ง ค่าของ total conductance ก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่า total conductance ของขมิ้นชันเมื่อได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการขาดน้ำ (T_7) มีค่าสูงสุดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.5 Total conductance (mmol m^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	45	75	105	135	165	195
T_1	1.99	3.14	3.43	3.82	4.18	4.44	4.88
T_2	3.13	2.42	3.65	3.91	4.22	4.65	5.13
T_3	3.32	3.64	2.75	3.93	4.38	4.77	5.23
T_4	3.23	3.46	3.83	2.99	4.39	4.96	5.16
T_5	3.04	3.32	3.76	4.24	3.38	5.05	4.83
T_6	3.00	3.30	3.71	4.13	4.52	3.87	4.63
T_7	3.28	3.58	4.03	4.45	5.06	5.69	5.21
ค่าเฉลี่ย	3.00	3.27	3.59	3.92	4.30	4.78	5.01
LSD(0.05)	0.72	0.69	0.64	0.74	0.58	0.95	ns
C.V.(%)	13.41	11.81	10.01	10.55	11.12	11.13	16.64

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.2.6 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย

ความสูงของลำต้นเฉลี่ยของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.6) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตั้งแต่ขมิ้นชันมีอายุ 30 วัน จนขมิ้นชันมีอายุ 210 วันหลังปลูก ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ความสูงขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 81.66 เซนติเมตร รองลงมาคือขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 76.75, 71.61, 68.74, 66.02 และ 64.04 เซนติเมตร ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) ขมิ้นชันมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 61.92 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.6 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	7.97	15.34	26.86	37.75	46.78	57.94	61.92
T_2	12.10	19.16	29.51	39.42	49.77	59.88	64.04
T_3	11.93	27.63	32.38	41.08	50.76	61.96	66.02
T_4	12.13	28.30	39.17	43.40	53.40	64.70	68.74
T_5	12.25	29.32	41.74	50.02	55.70	67.62	71.61
T_6	11.75	31.74	43.30	52.59	65.32	71.93	76.75
T_7	12.01	33.47	44.33	55.99	69.09	78.91	81.66
ค่าเฉลี่ย	11.45	26.42	36.76	45.75	55.83	66.13	70.10
LSD(0.05)	2.67	7.05	9.25	10.67	10.07	12.83	12.57
C.V.(%)	13.09	14.99	14.15	13.09	10.14	10.90	10.08

4.2.7 พื้นที่ใบ

พื้นที่ใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.7) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า พื้นที่ใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 736.49 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีพื้นที่ใบเท่ากับ 655.67, 637.93, 627.74, 614.89 และ 583.49 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) ขมิ้นชันมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด เท่ากับ 521.56 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม

ตารางที่ 4.7 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	79.19	128.35	206.49	302.11	408.55	488.24	521.56
T_2	106.31	137.69	214.28	311.33	422.97	528.54	583.49
T_3	107.85	190.24	223.31	317.54	437.31	546.61	614.89
T_4	109.22	195.23	296.53	329.80	451.09	573.20	627.74
T_5	111.82	211.91	309.66	404.88	463.36	585.91	637.93
T_6	115.29	203.99	302.43	390.76	528.60	608.68	655.67
T_7	117.76	220.88	316.00	415.71	539.72	671.96	736.49
ค่าเฉลี่ย	106.78	184.04	266.96	353.16	464.51	571.88	625.40
LSD(0.05)	22.64	48.06	71.49	83.32	88.38	102.66	116.70
C.V.(%)	11.92	14.68	15.05	13.26	10.69	10.09	10.49

4.2.8 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.8) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.82 รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.73, 0.71, 0.70, 0.68 และ 0.65 ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด เท่ากับ 0.58

ตารางที่ 4.8 ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.09	0.15	0.23	0.33	0.46	0.54	0.58
T_2	0.12	0.15	0.24	0.35	0.47	0.59	0.65
T_3	0.12	0.21	0.25	0.35	0.49	0.60	0.68
T_4	0.12	0.22	0.32	0.36	0.50	0.64	0.70
T_5	0.12	0.24	0.34	0.45	0.51	0.65	0.71
T_6	0.13	0.23	0.34	0.44	0.59	0.67	0.73
T_7	0.13	0.25	0.35	0.46	0.60	0.75	0.82
ค่าเฉลี่ย	0.12	0.21	0.30	0.39	0.52	0.63	0.70
LSD(0.05)	0.02	0.05	0.08	0.09	0.10	0.10	0.13
C.V.(%)	11.24	14.43	15.62	13.18	10.71	9.91	10.43

4.2.9 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.9) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักใบแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 4.87 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วันหลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 4.51, 4.29, 4.18, 3.73 และ 3.16 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 2.92 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.28	0.37	0.66	1.29	1.94	2.61	2.92
T_2	0.45	0.46	0.76	1.38	2.22	2.87	3.16
T_3	0.45	0.53	0.80	1.61	2.45	3.15	3.73
T_4	0.48	0.60	1.20	1.98	2.96	3.66	4.18
T_5	0.49	0.63	1.41	2.30	3.07	3.96	4.29
T_6	0.50	0.61	1.32	2.12	3.15	4.02	4.51
T_7	0.51	0.64	1.54	2.42	3.23	4.35	4.87
ค่าเฉลี่ย	0.45	0.55	1.10	1.87	2.72	3.52	3.95
LSD(0.05)	0.09	0.14	0.32	0.57	0.84	1.07	1.06
C.V.(%)	11.74	13.70	16.15	17.13	17.44	17.12	15.09

4.2.10 น้ำหนักต้นแห้ง

น้ำหนักต้นแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.10) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักต้นแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีน้ำหนักต้นแห้งมากที่สุด เท่ากับ 4.52 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักต้นแห้งเท่ากับ 4.17, 3.97, 3.81, 3.46 และ 3.18 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีน้ำหนักต้นแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 2.78 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักต้นแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.17	0.38	0.80	1.53	1.93	2.68	2.78
T_2	0.35	0.46	0.88	1.73	2.11	2.89	3.18
T_3	0.35	0.57	0.94	1.94	2.59	3.25	3.46
T_4	0.36	0.58	1.39	2.11	2.92	3.56	3.81
T_5	0.38	0.60	1.47	2.27	3.20	3.68	3.97
T_6	0.39	0.62	1.56	2.38	3.26	3.76	4.17
T_7	0.40	0.63	1.61	2.43	3.30	3.91	4.52
ค่าเฉลี่ย	0.34	0.55	1.24	2.06	2.76	3.39	3.70
LSD(0.05)	0.10	0.15	0.35	0.47	0.68	0.78	0.90
C.V.(%)	16.73	14.83	16.02	12.82	13.77	13.00	13.71

4.2.11 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.11) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักรากแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก เมื่อมีการให้น้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) พบว่า ขมิ้นชันมีน้ำหนักรากแห้งมากที่สุด เท่ากับ 4.14 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วันหลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 3.98, 3.79, 3.60, 3.23 และ 3.01 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 2.80 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.13	0.36	0.75	1.32	1.69	2.42	2.80
T_2	0.26	0.38	0.84	1.54	1.83	2.62	3.01
T_3	0.29	0.53	0.89	1.68	2.26	2.95	3.23
T_4	0.27	0.50	1.26	1.76	2.79	3.21	3.60
T_5	0.26	0.52	1.17	1.97	2.90	3.40	3.79
T_6	0.26	0.55	1.30	2.07	2.97	3.47	3.98
T_7	0.28	0.61	1.36	2.17	3.03	3.77	4.14
ค่าเฉลี่ย	0.25	0.49	1.08	1.79	2.50	3.12	3.50
LSD(0.05)	0.07	0.16	0.30	0.52	0.82	0.68	0.84
C.V.(%)	14.93	18.54	15.37	16.42	18.04	12.27	13.45

4.2.12 น้ำหนักเหง้าสดและน้ำหนักเหง้าแห้ง

น้ำหนักเหง้าสดของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.12) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเหง้าสดของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าสดมากที่สุด เท่ากับ 72.95 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วันหลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักเหง้าสดเท่ากับ 65.40, 63.43, 61.68, 58.45 และ 51.82 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าสดน้อยที่สุด เท่ากับ 49.04 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของน้ำหนักเหง้าสดลดลงมากถึง 32.78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_7)

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักเหง้าสด (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.88	2.34	8.69	15.87	24.91	40.91	49.04
T_2	1.70	2.56	9.87	16.78	25.41	42.78	51.82
T_3	1.72	4.10	10.12	19.10	28.52	46.87	58.45
T_4	1.75	4.06	14.20	19.32	29.24	50.35	61.68
T_5	1.94	4.33	14.76	22.07	30.58	52.35	63.43
T_6	1.76	4.08	14.37	21.13	34.44	55.38	65.40
T_7	1.83	4.49	15.29	23.35	37.89	61.03	72.95
ค่าเฉลี่ย	1.65	3.71	12.47	19.66	30.14	49.95	60.39
LSD(0.05)	0.42	0.90	3.60	4.67	7.24	10.69	10.92
C.V.(%)	11.12	13.64	16.25	13.34	13.51	12.03	12.03

น้ำหนักเหง้าแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.13) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเหง้าแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าแห้งมากที่สุด เท่ากับ 5.49 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วันหลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักเหง้าแห้งเท่ากับ 5.04, 4.76, 4.37, 4.14 และ 3.95 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 3.39 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของน้ำหนักเหง้าแห้งลดลงมากถึง 38.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_7)

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักเหง้าแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.13	0.18	0.41	1.17	1.81	3.47	3.39
T_2	0.22	0.25	0.49	1.22	2.01	3.48	3.95
T_3	0.23	0.30	0.51	1.51	2.32	3.59	4.14
T_4	0.24	0.30	1.00	1.81	2.87	3.86	4.37
T_5	0.25	0.33	1.11	1.96	2.91	3.97	4.76
T_6	0.22	0.30	1.03	1.82	3.02	4.16	5.04
T_7	0.24	0.32	1.17	2.09	3.09	4.39	5.49
ค่าเฉลี่ย	0.22	0.28	0.82	1.65	2.58	3.79	4.45
LSD(0.05)	0.05	0.07	0.25	0.37	0.62	0.77	0.89
C.V.(%)	13.35	13.29	17.25	12.56	13.62	11.47	11.30

4.2.13 อัตราการเจริญเติบโต

อัตราการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.14) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (T_7) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดและมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำที่ช่วงอายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วันตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) ขมิ้นชันมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดเมื่อได้รับการขาดน้ำในระยะต้นกล้า (T_1) โดยที่ช่วงอายุ 180-210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (T_7) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 0.96 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในขณะที่ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะต้นกล้า (T_1) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด เท่ากับ 0.40 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ตารางที่ 4.14 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210
T_1	0.26	0.21	0.49	1.00	0.76	1.27	0.40
T_2	0.48	0.10	0.53	1.07	0.86	1.37	0.54
T_3	0.49	0.25	0.42	1.34	1.06	1.23	0.60
T_4	0.51	0.23	1.09	1.01	1.43	1.32	0.62
T_5	0.51	0.26	1.14	1.23	1.33	1.08	0.67
T_6	0.51	0.26	1.15	1.18	1.49	1.12	0.84
T_7	0.53	0.29	1.29	1.27	1.31	1.39	0.96
ค่าเฉลี่ย	0.47	0.23	0.87	1.03	1.18	1.25	0.66
LSD(0.05)	0.09	0.08	0.27	0.28	0.41	0.23	0.26
C.V.(%)	10.22	19.44	17.67	13.38	19.79	10.49	21.64

4.2.14 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม

ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.15) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_7) ขมิ้นชันมีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 19.02 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90, 60 และ 30 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_6, T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 17.69,16.80, 15.96, 14.55 และ 13.30 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักแห้งรวมต่ำที่สุด เท่ากับ 11.88 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากถึง 37.54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_7)

ตารางที่ 4.15 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.71	1.29	2.62	5.31	7.37	10.81	11.88
T_2	1.30	1.54	2.98	5.87	8.18	11.85	13.30
T_3	1.33	1.99	3.13	6.75	9.62	12.93	14.55
T_4	1.36	2.00	4.93	7.66	11.53	14.29	15.96
T_5	1.37	2.07	5.16	8.49	12.09	15.00	16.80
T_6	1.38	2.09	5.21	8.39	12.40	15.41	17.69
T_7	1.43	2.21	5.68	9.11	12.64	16.41	19.02
ค่าเฉลี่ย	1.27	1.88	4.24	7.37	10.55	13.81	15.60
LSD(0.05)	0.16	0.24	0.80	1.18	1.71	2.53	1.93
C.V.(%)	6.91	7.23	10.66	8.99	9.10	10.69	6.95

4.2.15 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

การขาดน้ำในระยะเวลาสั้นมีผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชันในช่วงเก็บเกี่ยวที่อายุ 210 วัน (ตารางที่ 4.16) พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 0.20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร และค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชันมีค่าเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 0.21, 0.23, 0.26, 0.26 และ 0.27 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร เมื่อขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 30, 60, 90, ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต และที่อายุ 120 วันหลังปลูก ตามลำดับ (T_2, T_3, T_4, T_7 และT_5) ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_6) มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุดเท่ากับ 0.28 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.16 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาสั้นๆในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำที่ได้รับ (มิลลิเมตร)	น้ำหนักแห้งรวม (กิโลกรัมต่อไร่)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร)
T_1	1034.57	211.14	0.20
T_2	1109.57	236.44	0.21
T_3	1109.57	258.73	0.23
T_4	1109.57	283.79	0.26
T_5	1109.57	298.67	0.27
T_6	1109.57	314.55	0.28
T_7	1284.57	338.07	0.26
ค่าเฉลี่ย		277.34	0.25
LSD(0.05)		34.23	0.03
CV(%)		6.94	6.83

*ปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันใช้ = ปริมาณน้ำชลประทาน (มิลลิเมตร) + ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

4.3. การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาถึงผลของการขาดน้ำช่วงระยะเวลาที่ยาวนานที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน

4.3.1 ปริมาณน้ำในใบพืช (relative water content)

ปริมาณน้ำในใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.17) ที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุที่ต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่า ปริมาณน้ำในใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีปริมาณน้ำภายในใบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.18 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูก (T_5, T_4, T_3 และ T_2) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำภายในใบเท่ากับ 79.59, 77.42, 69.97 และ 67.34 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำเป็นเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) จะมีค่าปริมาณน้ำภายในใบเท่ากับ 64.58 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.17 ปริมาณน้ำในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	71.41	70.25	69.52	68.65	67.37	66.37	64.58
T_2	72.98	74.07	72.10	70.07	69.91	68.41	67.34
T_3	73.07	76.35	79.35	77.92	75.96	74.46	69.97
T_4	73.85	80.35	82.98	83.02	81.34	79.84	77.42
T_5	74.05	82.55	83.85	84.62	85.90	83.90	79.59
T_6	74.81	83.85	84.05	85.17	89.41	91.41	92.18
ค่าเฉลี่ย	73.36	77.90	78.64	78.24	78.31	77.39	75.18
LSD(0.05)	ns	8.06	9.60	11.25	9.60	10.50	16.75
C.V.(%)	6.44	4.03	4.75	5.59	4.77	5.28	12.25

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 คลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.18) ที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 60 หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 26.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 30, 120, 90 และ 150 วันหลังปลูก (T_1, T_4, T_3 และ T_5) ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 25.60, 23.33, 23.07 และ 21.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบต่ำที่สุดเท่ากับ 19.43 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.18 คลอโรฟิลล์ภายในใบของขมิ้นชัน (เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	20.50	21.65	22.07	23.16	24.15	25.11	25.60
T_2	19.20	20.03	21.04	22.14	23.06	23.94	26.37
T_3	18.31	19.16	20.04	21.28	21.64	22.34	23.07
T_4	17.59	18.15	19.28	19.91	20.48	21.15	23.33
T_5	16.74	17.97	18.85	19.32	19.62	20.20	21.93
T_6	15.80	16.66	17.40	17.98	18.26	18.74	19.43
ค่าเฉลี่ย	18.02	18.94	19.78	20.63	21.20	21.91	23.29
LSD(0.05)	ns	2.91	2.45	2.90	2.54	2.56	4.57
C.V.(%)	22.84	8.45	6.82	7.73	6.59	6.41	9.57

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 อุณหภูมิใบ (leaf temperature)

อุณหภูมิใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.19) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานาน (T_1) มีอุณหภูมิใบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 36.40 องศาเซลเซียส รองลงมา คือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 60, 90, 120 และ 150 วันหลังปลูก (T_2, T_3, T_4 และ T_5) ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิใบเท่ากับ 35.43, 32.17, 31.80 และ 30.73 องศาเซลเซียส ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) จะมีอุณหภูมิใบต่ำที่สุดเท่ากับ 27.37 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.19 อุณหภูมิใบ (องศาเซลเซียส) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	24.10	33.55	34.41	35.08	35.90	36.58	36.40
T_2	25.12	31.99	32.73	33.53	34.19	34.79	35.43
T_3	26.42	30.28	31.18	31.91	32.66	33.37	32.17
T_4	26.93	28.77	29.42	30.13	30.49	31.24	31.80
T_5	27.93	27.50	28.24	29.37	30.03	30.72	30.73
T_6	28.55	26.17	26.71	27.54	28.23	28.88	27.37
ค่าเฉลี่ย	26.51	29.71	30.45	31.26	31.92	32.60	32.31
LSD(0.05)	ns	4.62	4.59	4.71	4.55	4.61	4.95
C.V.(%)	14.58	8.54	8.29	8.27	7.83	7.78	8.42

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.4 อัตราการคายน้ำจากใบ (transpiration rate)

อัตราการคายน้ำจากใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.20) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีอัตราการคายน้ำจากใบสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.83 $\mu g\ cm^{-2} s^{-1}$ รองลงมาคือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูก (T_5, T_4, T_3 และ T_2) ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการคายน้ำจากใบเท่ากับ 0.60, 0.41, 0.29 และ 0.25 $\mu g cm^{-2} s^{-1}$ ส่วนขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำเป็นเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) จะมีอัตราการคายน้ำจากใบต่ำที่สุดเท่ากับ 0.23 $\mu g\ cm^{-2} s^{-1}$

ตารางที่ 4.20 อัตราการคายน้ำจากใบ ($\mu g\ cm^{-2} s^{-1}$) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.14	0.17	0.20	0.21	0.19	0.18	0.23
T_2	0.14	0.21	0.23	0.24	0.20	0.19	0.25
T_3	0.12	0.22	0.33	0.29	0.24	0.26	0.29
T_4	0.13	0.21	0.35	0.47	0.34	0.36	0.41
T_5	0.14	0.23	0.36	0.51	0.56	0.57	0.60
T_6	0.12	0.22	0.37	0.55	0.60	0.79	0.83
ค่าเฉลี่ย	0.13	0.21	0.31	0.38	0.35	0.39	0.43
LSD(0.05)	ns	0.04	0.04	0.08	0.09	0.07	0.14
C.V.(%)	24.84	10.31	7.51	12.09	13.74	10.39	17.59

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.5 Total conductance

ค่า total conductance ของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.21) พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งอายุ 210 วันหลังปลูก โดยค่า total conductance ของขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำจะมีค่า total conductance ลดลง ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีค่า total conductance สูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.90 mmol m^{-2} s^{-1} รองลงมาคือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูก (T_5, T_4, T_3 และ T_2) ตามลำดับ ซึ่งมีค่า total conductance เท่ากับ 5.40, 5.07, 4.33 และ 4.13 mmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วนขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำเป็นเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) จะมีอัตราการคายน้ำจากใบต่ำที่สุดเท่ากับ 3.97 mmol $m^{-2}s^{-1}$

ตารางที่ 4.21 Total conductance (mmol m^{-2} s^{-1}) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	2.46	2.63	2.99	3.18	3.33	3.60	3.97
T_2	2.52	2.80	3.04	3.31	3.54	3.74	4.13
T_3	2.72	2.90	3.29	3.65	3.76	3.87	4.33
T_4	2.86	3.12	3.89	4.31	3.58	4.76	5.07
T_5	3.19	3.38	3.97	4.57	4.80	5.08	5.40
T_6	3.39	3.89	4.27	4.74	4.94	5.23	5.90
ค่าเฉลี่ย	2.85	3.12	3.58	3.96	4.16	4.38	4.80
LSD(0.05)	ns	0.58	0.68	0.64	0.67	1.03	1.04
C.V.(%)	12.79	10.22	10.49	8.91	8.85	12.96	11.86

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.6 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย

ความสูงของลำต้นเฉลี่ยของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.22) ที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ความสูงของลำต้นเฉลี่ยขมิ้นชันมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 80.67 เซนติเมตร รองลงมา คือขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูก (T_5, T_4, T_3 และ T_2) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 77.33, 72.33, 64.67 และ 56.33 เซนติเมตร ส่วนขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำเป็นเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) จะมีความสูงน้อยที่สุด โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 49.67 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.22 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	10.50	19.17	25.30	36.00	41.33	46.67	49.67
T_2	10.67	28.67	33.67	43.17	46.67	53.83	56.33
T_3	11.17	31.00	41.33	45.27	51.33	59.00	64.67
T_4	12.50	30.00	43.67	51.33	55.17	64.33	72.33
T_5	12.83	32.00	43.33	54.00	61.67	69.00	77.33
T_6	12.33	31.50	43.67	53.00	63.67	72.33	80.67
ค่าเฉลี่ย	11.67	28.72	38.50	47.13	53.31	60.86	66.83
LSD(0.05)	ns	7.46	5.82	6.45	6.59	7.58	10.16
C.V.(%)	18.20	14.28	8.31	7.52	6.79	6.84	8.35

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.7 พื้นที่ใบ

พื้นที่ใบของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.23) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า พื้นที่ใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 723.12 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีพื้นที่ใบเท่ากับ 629.89, 531.68, 443.64 และ 377.79 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) ขมิ้นชันมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด เท่ากับ 315.29 ตารางเซนติเมตรต่อหลุม

ตารางที่ 4.23 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	91.31	117.88	157.93	195.08	229.91	281.17	315.29
T_2	95.31	182.94	223.70	259.40	293.14	334.44	377.79
T_3	97.69	198.58	285.65	315.20	343.67	400.84	443.64
T_4	102.95	206.06	327.50	383.77	447.30	497.16	531.68
T_5	104.05	219.97	339.99	391.64	514.36	574.15	629.89
T_6	113.10	199.99	341.73	407.64	529.49	603.82	723.12
ค่าเฉลี่ย	100.74	187.57	279.42	325.45	392.98	448.60	503.57
LSD(0.05)	ns	62.35	117.10	102.52	114.16	133.78	133.11
C.V.(%)	8.87	18.27	23.04	17.32	15.97	16.39	14.53

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.8 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.24) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งขมิ้นชันมีอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.80 รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.70, 0.59, 0.49 และ 0.42 ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด เท่ากับ 0.35

ตารางที่ 4.24 ดัชนีพื้นที่ใบของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.10	0.13	0.18	0.22	0.26	0.31	0.35
T_2	0.11	0.20	0.25	0.29	0.33	0.37	0.42
T_3	0.11	0.22	0.32	0.35	0.38	0.45	0.49
T_4	0.11	0.23	0.36	0.43	0.50	0.55	0.59
T_5	0.12	0.24	0.38	0.44	0.57	0.64	0.70
T_6	0.13	0.22	0.38	0.45	0.59	0.67	0.80
ค่าเฉลี่ย	0.11	0.21	0.31	0.36	0.44	0.50	0.56
LSD(0.05)	ns	ns	0.13	0.11	0.13	0.15	0.15
C.V.(%)	8.69	18.72	22.93	17.28	16.03	16.54	14.73

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.9 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.25) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักใบแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งขมิ้นชันมีอายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 4.15 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 3.33, 2.94, 2.48 และ 2.04 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) มีน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 1.57 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.25 น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.41	0.50	0.68	0.94	1.12	1.34	1.57
T_2	0.43	0.78	1.05	1.17	1.57	1.91	2.04
T_3	0.44	0.66	1.21	1.56	2.04	2.27	2.48
T_4	0.46	0.69	1.33	1.96	2.40	2.68	2.94
T_5	0.45	0.68	1.29	2.12	2.50	2.93	3.33
T_6	0.48	0.67	1.38	2.23	2.75	3.65	4.15
ค่าเฉลี่ย	0.44	0.66	1.15	1.67	2.06	2.46	2.75
LSD(0.05)	ns	0.14	0.42	0.41	0.65	0.54	0.91
C.V.(%)	23.31	11.30	20.21	13.62	17.27	11.94	18.24

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.10 น้ำหนักต้นแห้ง

น้ำหนักต้นแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.26) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักต้นแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันตั้งแต่อายุ 60 หลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีน้ำหนักต้นแห้งมากที่สุด เท่ากับ 4.13 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักต้นแห้งเท่ากับ 4.06, 3.40, 2.57 และ 2.25 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) มีน้ำหนักต้นแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 1.83 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.26 น้ำหนักต้นแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.29	0.30	0.40	0.83	1.31	1.61	1.83
T_2	0.32	0.76	1.10	1.36	1.83	2.00	2.25
T_3	0.31	0.56	1.22	1.71	2.10	2.32	2.57
T_4	0.33	0.47	1.37	2.28	2.85	3.20	3.40
T_5	0.35	0.54	1.47	2.35	3.03	3.31	4.06
T_6	0.34	0.60	1.50	2.52	3.15	3.57	4.13
ค่าเฉลี่ย	0.32	0.54	1.17	1.84	2.38	2.67	3.04
LSD(0.05)	ns	0.23	0.26	0.42	0.77	0.69	1.07
C.V.(%)	18.31	23.62	12.16	12.48	17.72	14.26	19.34

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.11 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.27) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักรากแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก ขมิ้นชันเมื่อมีการให้น้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) พบว่า ขมิ้นชันมีน้ำหนักรากแห้งมากที่สุด เท่ากับ 3.73 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 3.23, 2.67, 2.52 และ 1.83 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 1.28 กรัมต่อหลุม

ตารางที่ 4.27 น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.21	0.34	0.62	0.80	0.97	1.16	1.28
T_2	0.22	0.61	0.88	1.20	1.47	1.64	1.83
T_3	0.23	0.57	1.09	1.56	1.84	2.37	2.52
T_4	0.24	0.58	1.19	1.67	1.98	2.49	2.67
T_5	0.25	0.52	1.26	1.73	2.32	2.83	3.23
T_6	0.26	0.54	1.37	1.85	2.50	3.27	3.73
ค่าเฉลี่ย	0.23	0.53	1.07	1.47	1.85	2.29	2.55
LSD(0.05)	ns	0.16	0.43	0.68	0.90	0.85	1.04
C.V.(%)	16.88	16.55	22.19	25.36	26.80	20.32	22.37

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.12 น้ำหนักเหง้าสดและน้ำหนักเหง้าแห้ง

น้ำหนักเหง้าสดของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.28) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเหง้าสดของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าสดมากที่สุด เท่ากับ 67.88 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักเหง้าสดเท่ากับ 52.40, 42.96, 34.52 และ 27.41 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าสดน้อยที่สุด เท่ากับ 18.06 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของน้ำหนักเหง้าสดลดลงมากถึง 73.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_6)

ตารางที่ 4.28 น้ำหนักเหง้าสด (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	1.34	1.72	3.62	6.15	10.12	14.40	18.06
T_2	1.52	2.43	5.21	10.03	15.42	21.80	27.41
T_3	1.78	2.66	10.18	15.66	19.28	26.11	34.52
T_4	1.83	3.11	12.30	23.13	26.18	32.22	42.96
T_5	1.88	3.23	13.06	22.46	33.76	43.52	52.40
T_6	1.96	3.25	13.31	23.67	32.12	46.13	67.88
ค่าเฉลี่ย	1.72	2.73	9.61	16.84	22.81	30.69	40.54
LSD(0.05)	ns	0.99	3.85	4.58	7.37	10.97	14.94
C.V.(%)	18.72	19.98	22.01	14.95	17.73	19.64	20.26

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักเหง้าแห้งของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.29) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเหง้าแห้งของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในทางสถิติตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าแห้งมากที่สุด เท่ากับ 4.84 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักเหง้าแห้งเท่ากับ 3.57, 3.53, 3.05 และ 2.61 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ขมิ้นชันมีอายุได้ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักเหง้าแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 2.16 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของน้ำหนักเหง้าแห้งลดลงมากถึง 55.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_6)

ตารางที่ 4.29 น้ำหนักเหง้าแห้ง (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	0.19	0.31	0.30	0.72	1.34	1.72	2.16
T_2	0.26	0.46	0.51	1.18	1.57	2.14	2.61
T_3	0.16	0.34	1.19	1.50	2.01	2.52	3.05
T_4	0.23	0.39	1.22	1.92	2.47	2.96	3.53
T_5	0.20	0.35	1.27	2.05	2.66	3.28	3.57
T_6	0.19	0.45	1.29	2.23	3.14	4.13	4.84
ค่าเฉลี่ย	0.22	0.36	0.96	1.60	2.20	2.79	3.29
LSD(0.05)	ns	0.11	0.29	0.50	0.56	0.77	1.04
C.V.(%)	19.53	16.53	16.62	17.14	14.03	15.13	17.33

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.13 อัตราการเจริญเติบโต

อัตราการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.30) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่อายุ 60-210 วันหลังปลูก โดยที่ช่วงอายุ 180-210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 0.82 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในขณะที่ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดเท่ากับ 0.37 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ตารางที่ 4.30 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210
T_1	0.41	0.10	0.23	0.48	0.53	0.41	0.37
T_2	0.44	0.30	0.56	0.51	0.57	0.46	0.39
T_3	0.44	0.33	0.98	0.60	0.61	0.55	0.42
T_4	0.47	0.30	1.13	1.01	0.70	0.60	0.45
T_5	0.47	0.31	1.17	1.10	0.84	0.68	0.68
T_6	0.48	0.35	1.23	1.22	1.00	1.14	0.82
ค่าเฉลี่ย	0.45	0.28	0.88	0.82	0.71	0.64	0.52
LSD(0.05)	ns	ns	0.27	0.41	0.20	0.39	0.30
C.V.(%)	9.04	31.16	16.90	27.59	15.38	33.93	31.29

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.14 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม

ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.31) มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อขมิ้นชันมีอายุมากขึ้น ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันตั้งแต่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งที่อายุ 210 วันหลังปลูก ที่อายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต (T_6) ขมิ้นชันมีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 16.85 กรัมต่อหลุม รองลงมาคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 150, 120, 90 และ 60 วัน หลังปลูกตามลำดับ (T_5, T_4, T_3 และ T_2) โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 14.19, 12.54, 10.61 และ 8.73 กรัมต่อหลุม ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) ขมิ้นชันมีน้ำหนักแห้งรวมต่ำที่สุด เท่ากับ 6.84 กรัมต่อหลุม ซึ่งมีค่าของผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากถึง 59.41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ (T_6)

ตารางที่ 4.31 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อหลุม) ของขมิ้นชันเมื่อมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	อายุพืชหลังการปลูก(วัน)						
	30	60	90	120	150	180	210
T_1	1.11	1.38	2.00	3.30	4.74	5.84	6.84
T_2	1.19	2.51	3.53	4.91	6.45	7.68	8.73
T_3	1.19	2.14	4.71	6.34	7.99	9.48	10.61
T_4	1.26	2.13	5.11	7.82	9.70	11.33	12.54
T_5	1.28	2.12	5.29	8.25	10.52	12.35	14.19
T_6	1.28	2.23	5.54	8.84	11.54	14.63	16.85
ค่าเฉลี่ย	1.22	2.08	4.36	6.58	8.49	10.22	11.63
LSD(0.05)	ns	0.53	1.03	1.88	1.62	1.94	1.88
C.V.(%)	8.89	14.07	13.03	15.73	10.46	10.43	8.89

ns = ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์

4.3.15 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

การขาดน้ำในระยะเวลายาวนานมีผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชัน (ตารางที่ 4.32) ในช่วงเก็บเกี่ยวที่อายุ 210 วัน พบว่าขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในระยะกล้า (T_1) มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุดเท่ากับ 0.28 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร และค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชันมีค่าลดลงเป็นลำดับเท่ากับ 0.27, 0.26, 0.25 และ 0.24 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร เมื่อขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำที่อายุ 60, 90, 120 และ 150 วันตามลำดับ (T_2, T_3, T_4 และ T_5) ส่วนขมิ้นชันที่ได้รับน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (T_6) มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 0.23 กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.32 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร) ของขมิ้นชันมีการขาดน้ำระยะเวลาที่ยาวนานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำที่ได้รับ (มิลลิเมตร)	น้ำหนักแห้งรวม (กิโลกรัมต่อไร่)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อมิลลิเมตร)
T_1	434.57	121.66	0.28
T_2	584.57	155.26	0.27
T_3	734.57	188.68	0.26
T_4	884.57	222.87	0.25
T_5	1034.57	252.27	0.24
T_6	1284.57	299.61	0.23
ค่าเฉลี่ย		206.73	0.26
LSD(0.05)		25.03	0.03
CV(%)		6.66	6.05

*ปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันใช้ = ปริมาณน้ำชลประทาน (มิลลิเมตร) + ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการ

การทดลองที่ 1 ผลจากการที่ขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆเป็นเวลา 15 วัน ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต จะมีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของขมิ้นชันอย่างเห็นได้ชัด แต่หลังจากช่วงเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไป ขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทานอีกครั้ง ขมิ้นชันจะมีการฟื้นตัวเป็นไปอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ เมื่อขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตจะพบว่า ปริมาณน้ำภายในใบ อัตราการคายน้ำจากใบ และค่า total conductance มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 4.1 , 4.4 และ 4.5) ในขณะที่อุณหภูมิใบและปริมาณของคลอโรฟิลภายในใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 4.3 และ 4.2) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อพืชได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยลง พืชจะแสดงอาการขาดน้ำ โดยจะมีผลกระทบต่อค่าศักยภาพของน้ำ (water potential) ภายในใบมีค่าลดลง (สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2544) เมื่อปริมาณน้ำภายในใบของพืชลดลง พืชจะมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำออกจากใบ จึงมีผลทำให้ปากใบปิด นอกจากนี้ การขยายตัวของใบและการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบจะถูกยับยั้ง (Turk and Hall. 1980) อัตราการคายน้ำจากใบลดลง และ total conductance ก็มีค่าลดลง ซึ่งผลกระทบดังกล่าว มีผลทำให้อุณหภูมิของใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น แตกต่างกับพืชที่ไม่ขาดน้ำ (Jackson. 1987) สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2537) รายงานว่า การคายน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิของพืชได้เป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อพืชมีการคายน้ำลดลง มีผลทำให้อุณหภูมิใบมีค่าเพิ่มขึ้น Lawn (1982) พบว่าค่าของ leaf conductance มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าของอุณหภูมิของใบ กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิของใบมีค่าสูงขึ้น จะมีผลทำให้ค่า total conductance มีค่าลดลง ซึ่งผลจากการทดลองนี้ก็พบว่าขมิ้นชันเมื่องดการให้น้ำจะมีผลทำให้ขมิ้นชันเกิดการขาดน้ำขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ และเมื่อช่วงเวลาของการขาดน้ำช่วงเวลาสั้นๆ เพียง 15 วันผ่านพ้นไป ขมิ้นชันได้รับน้ำชลประทานอีกครั้ง ก็จะทำให้ลักษณะต่างๆ ทางสรีรวิทยาของขมิ้นชันมีการฟื้นตัว และมีค่าไม่แตกต่างกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าขมิ้นชันมีการปรับตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของขมิ้นชันมากนัก

การทดลองที่ 2 การขาดน้ำเป็นระยะเวลาที่ยาวนานจะมีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของขมิ้นชันเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานานตั้งแต่อายุ 30 วันหลัง

ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (T_1) ซึ่งเป็นการขาดน้ำที่ใช้ระยะเวลาที่ยาวนานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ขาดน้ำที่อายุ 60, 90, 120 และ 150 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ซึ่งการขาดน้ำนี้จะมีผลทำให้ขมิ้นชันมีปริมาณน้ำภายในใบ อัตราการคายน้ำจากใบ และค่า total conductance มีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.17, 4.20 และ 4.21) ในขณะที่ค่าอุณหภูมิใบ และคลอโรฟิลภายในใบมีค่าสูงที่สุด (ตารางที่ 4.19 และ 4.18) จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ส่วนขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ และได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (T_6) จะมีปริมาณน้ำภายในใบ อัตราการคายน้ำภายจากใบ และค่า total conductance มีค่าสูงที่สุด แต่มีค่าอุณหภูมิใบและคลอโรฟิลภายในใบมีค่าน้อยที่สุดแตกต่างกัน การขาดน้ำของขมิ้นชันตั้งแต่ขมิ้นชันมีอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เป็นช่วงเวลาของการขาดน้ำที่ยาวนานมาก ขมิ้นชันจะได้รับน้ำก็ต่อเมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแปลงทดลองเท่านั้น ซึ่งทำให้การตอบสนองของการขาดน้ำของขมิ้นชันค่อนข้างจะรุนแรงมากกว่าการขาดน้ำในช่วงอื่นๆ ซึ่งณัฐวุฒิ จุลสงค์ (2547) กล่าวว่า พืชเมื่อได้รับน้ำในปริมาณที่น้อย และนานๆ ครั้งจะมีผลทำให้พืชมีอัตราการคายน้ำของใบลดลง ปากใบปิด และ total conductance มีค่าลดลง ในขณะที่อุณหภูมิใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกันกับงานทดลองนี้

5.2 การขาดน้ำที่มีผลต่อลักษณะทางการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิต

ในการทดลองที่ 1 นี้พบว่าการขาดน้ำนอกจากจะมีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยาแล้วยังมีผลต่อเนื่องไปถึงการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตขมิ้นชัน กล่าวคือ ความสูงของลำต้น (ตารางที่ 4.6) การสะสมน้ำหนักใบ ต้น และรากแห้ง (ตารางที่ 4.9, 4.10 และ 4.11) และผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม (ตารางที่ 4.15) มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ โดยเฉพาะการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วันที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโต จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตลดลงมาก Muchow (1985) ได้ศึกษาถึงการขาดน้ำในพืชหลายชนิด พบว่า เมื่อพืชเกิดการขาดน้ำขึ้นจะมีผลทำให้ความสูงของลำต้น และน้ำหนักต้นแห้งมีค่าลดลงอย่างชัดเจน การขาดน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันเป็นอย่างมากนี้ สมยศ เดชภิรัตนมงคล (2544) พบว่าพืชเมื่อได้รับการขาดน้ำจะมีผลทำให้การแตกใบใหม่ และการสร้างพื้นที่ใบมีค่าลดลง ศักยภาพของน้ำในใบลดลง ปริมาณน้ำในใบมีค่าน้อยลง ปากใบปิดเพื่อลดการคายน้ำ ซึ่งมีผลทำให้ใบมีการสังเคราะห์แสงได้ลดลง การสะสมน้ำหนักแห้งรวมจึงมีค่าลดลง ซึ่งมีผลต่อเนื่องไปถึงการสร้างผลผลิตเหง้าแห้งมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างเด่นชัด Schulze *et al.* (1987) พบว่า เมื่อพืชขาดน้ำ จะทำให้ปากใบปิด เพื่อลดการคายน้ำของพืช ทำให้อุณหภูมิใบของพืชสูงขึ้น และมีผลต่อใบพืชเกิดอาการใบไหม้มากขึ้น จึง

ทำให้ใบของพืชมีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงลดลงได้ ในพืชบางชนิดพบว่าการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ก็สามารถทำให้มีผลต่อพื้นที่ใบทั้งหมดลดลงได้ และเมื่อสภาวะขาดน้ำมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นก็จะมีผลทำให้เกิดการร่วงของใบในที่สุด Sdoodee (1990) รายงานว่า พืชที่มีการขาดน้ำเมื่อเปรียบเทียบกันกับพืชที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างสม่ำเสมอ พบว่า พืชที่ได้รับการขาดน้ำจะมีพื้นที่ใบลดลงอย่างเด่นชัด ถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำอย่างเพียงพอในภายหลังก็ไม่สามารถทำให้พื้นที่ใบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเท่ากันกับต้นพืชที่ได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอได้ เฉลิมพล แซมเพชร (2535) รายงานว่าการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของพืชจะเป็นช่วงวิกฤตที่สุด เพราะการขาดน้ำในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นเป็นอย่างมาก ทำให้พืชมีการแตกหน่อน้อย การแตกใบใหม่ และจำนวนใบย่อยเกิดขึ้นน้อย ทำให้มีพื้นที่การสังเคราะห์แสงลดลง การสร้างอาหารจึงมีน้อย ซึ่งทำให้กระบวนการเจริญเติบโตลดลง การเจริญเติบโตทางลำต้น และการสะสมน้ำหนักแห้งทางลำต้น ใบ และรากแห้งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโต และขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ ถึงแม้ว่าต่อมาภายหลังขมิ้นชันจะได้รับน้ำชลประทานอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตก็ตาม ก็ไม่สามารถชดเชยผลผลิตที่ลดลงได้ Wien *et al.* (1979) พบว่า ในพืชบางชนิด เช่น ถั่วพุ่ม เมื่อมีการขาดน้ำเกิดขึ้นจะมีผลทำให้พื้นที่ใบมีค่าลดลง แต่เมื่อได้รับน้ำอีกครั้ง พืชจะมีการฟื้นตัว ทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น และมีค่าของพื้นที่ใบเท่ากับพืชที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต แต่ ณัฐวุฒิ จุลสงค์ (2547) ได้ทดลองปลูกพืชโดยให้มีการขาดน้ำในช่วงเวลาสั้นๆของการเจริญเติบโต พบว่าการขาดน้ำในช่วงแรกเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย มีการสะสมน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งน้อยกว่าพืชที่ได้รับการขาดน้ำในช่วงหลังๆของการเจริญเติบโต ซึ่งต่อมาเมื่อพืชมีการฟื้นตัวหลังจากได้รับน้ำเพิ่มขึ้น ก็ไม่ได้ทำให้พืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นได้เท่ากันกับพืชที่ไม่มีการขาดน้ำ สายัณห์ สดุดี (2537) กล่าวว่า ความสามารถในการฟื้นตัวของพืชมีความสำคัญอย่างมากในสภาวะของการขาดน้ำที่เกิดขึ้นเป็นช่วงๆ คือ ช่วยให้พืชสามารถกลับมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อได้รับน้ำฝนหลังจากผ่านช่วงสภาวะแห้งแล้ง จึงทำให้พืชสามารถดำเนินการสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารอย่างเพียงพอสำหรับการให้ผลผลิต การฟื้นตัวหลังจากพืชได้รับน้ำนี้จะดี เพราะว่าจะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง และสามารถรักษาระดับความสามารถในการให้ผลผลิตไว้ได้ กล่าวคือ พืชจะหยุดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อพืชขาดน้ำและพร้อมที่จะฟื้นตัวอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับน้ำในภายหลัง อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้จะไม่พบการฟื้นตัวเมื่อมีการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน Boonjung and Fukai (1996) ก็พบเช่นเดียวกันว่าการขาดน้ำในช่วงแรกเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด พืชเมื่อได้รับการขาดน้ำในช่วงนี้จะชงักการเจริญเติบโตและมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตค่อนข้างมาก ซึ่งจะแตกต่างไปกับการขาดน้ำใน

ช่วงหลังๆของการเจริญเติบโต ซึ่งจะมีผล กระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเช่นกัน แต่ความรุนแรงไม่มากนัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มาก และมีความทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าซึ่งทำให้มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีต่อสภาวะการขาดน้ำที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และเมื่อระยะเวลาของการขาดน้ำผ่านพ้นไป พืชได้รับน้ำอีกครั้งจึงทำให้พืชมีการฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว และสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้เป็นไปตามปกติ (สายัณห์ สดุดี. 2537) ธวัชชัย อุบลเกิด และสมยศ เดชภิรัตนมงคล (2539) ได้ทดลองถึงการขาดน้ำในมันเทศ ก็พบเช่นเดียวกันว่าการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด โดยมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตลดลงมาก ถึงแม้ว่ามันเทศจะได้รับน้ำอย่างเพียงพออีกครั้งหลังจากที่มีการขาดน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ก็ตาม ก็ไม่สามารถทำให้มันเทศมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตมีค่าเพิ่มมากขึ้นเท่ากับมันเทศที่ไม่มีการขาดน้ำได้ Cruz and O'Toole (1984) รายงานว่าผลผลิตของพืชจะลดลงมากถึง 15-27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเกิดการขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต สอดคล้องกันกับ De Datta (1981) ก็รายงานเช่น เดียวกันว่าผลผลิตของพืชมีการลดลงมากถึง 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเกิดการขาดน้ำในช่วง 10 วันแรกก่อนที่พืชจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างเต็มที่ ซึ่งนอกจากนี้ยังมีการศึกษาในพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น กก (สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ. 2541) และตะไคร้ (สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2544) เป็นต้น ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับขมิ้นชันที่ว่าการขาดน้ำในช่วงแรกเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด

สำหรับการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาถึงขมิ้นชันที่ขาดน้ำเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต โดยหลังจากขมิ้นชันได้รับการขาดน้ำ ก็จะไม่มีการให้น้ำเพิ่มเติมอีกในภายหลังจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เว้นแต่จะได้รับน้ำฝนที่ตกลงมาในสภาพธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งผลจากการขาดน้ำนี้จะมีผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของขมิ้นชันอย่างชัดเจน ได้แก่ ปริมาณน้ำภายในใบ อัตราการคายน้ำจากใบ และค่า total conductance เป็นต้น มีค่าลดลงอย่างชัดเจน มีค่าลดลงตลอดช่วงของการขาดน้ำจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ส่วนค่าอุณหภูมิใบ และคลอโรฟิลภายในใบก็มีค่าเพิ่มขึ้นโดยตลอดเช่นกัน สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตขมิ้นชันเป็นอย่างมาก การขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตคือ ที่อายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่ช่วงนี้จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความสูง (ตารางที่ 4.22) พื้นที่ใบและดัชนีพื้นที่ใบ (ตารางที่ 4.23 และ 4.24) การสะสมน้ำหนักต้น ใบ และรากแห้ง (ตารางที่ 4.26, 4.25 และ 4.27) มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ขาดน้ำในช่วงอื่นๆและขมิ้นชันที่ไม่มีการขาดน้ำ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะในช่วงแรกของขมิ้นชันเป็นช่วงที่ค่อนข้างอ่อนแอมาก ประกอบกับเมื่อได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานานมาก คือ ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวจึงทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นหยุดชงัก ลำต้นแคระแกรน การแตกหน่อ และการสร้างพื้นที่ใบจึงน้อย ซึ่งมีผลกระทบไปยังผลผลิตเหง้าแห้งมีค่าลดลง (ตารางที่

4.29) และเมื่อเปรียบเทียบกันกับการขาดน้ำของขมิ้นชันในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโต ก็พบว่าขมิ้นชันในช่วงหลังๆ มีการตั้งตัวได้ดีแล้ว เมื่อมีการขาดน้ำ ผลกระทบจึงไม่ค่อยจะรุนแรงเท่ากับการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต อีกทั้งช่วงระยะเวลาของการขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโตจะมีช่วงระยะเวลาของการขาดน้ำที่สั้น และปริมาณน้ำที่ได้รับทั้งหมดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตก็มากกว่าจึงทำให้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตไม่มากนัก โดยเฉพาะขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำที่อายุ 150 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว พบว่ามีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อย เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ไม่ได้รับการขาดน้ำและได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่า การขาดน้ำในช่วงแรกเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุด Wright *et al.* (1983) พบว่าพืชเมื่อมีการขาดน้ำในขณะที่ใบมีการสูญเสียน้ำนั้นศักยภาพของน้ำในใบลดลง การตอบสนองของใบ เริ่มจากอัตราการยืดตัวของใบลดลง ตามด้วยการชักนำของปากใบลดลง หรือปากใบปิด ซึ่งพืชจะพยายามลดอันตรายจากอุณหภูมิใบที่สูงขึ้นโดยการม้วนใบ ซึ่งในขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำอย่างรุนแรง ก็พบว่ามีการม้วนใบมาก Tuner and McCauley (1983) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิใบของพืชมีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต คือ 48 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้เนื้อเยื่อของใบถูกทำลาย ใบบิดงอ หรือใบไหม้ จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ซึ่งมีผลทำให้มีพื้นที่ใบที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงลดลง เนื่องมาจากปากใบปิดและศักยภาพของน้ำในใบลดลง การสร้างอาหารได้น้อย จึงทำให้ขมิ้นชันมีการสะสมน้ำหนักต้นแห้ง และใบแห้งลดลง มีผลต่อเนื่องไปถึงผลผลิตมีค่าลดลงได้ Ashley (1983) รายงานว่า พืชเมื่อได้รับสภาวะของการขาดน้ำอย่างรุนแรง จะมีผลทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชหยุดลง ซึ่งจะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง อันเนื่องมาจากพืชไม่สามารถสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้ Pandey *et al.* (1984) ยังพบอีกว่าการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะมีความรุนแรงต่อการเจริญ เติบโตของพืชมากกว่าการขาดน้ำในช่วงหลังๆ เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตพืชจะชงักการเจริญเติบโต มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากน้อย แต่ถ้าเป็นการขาดน้ำในช่วงที่พืชมีอายุมากขึ้น พืชจะสามารถดูดน้ำจากดินในชั้นที่ลึกกว่ามาใช้ในการเจริญเติบโตได้ อีกทั้งพืชยังมีความแข็งแรงที่มากกว่า จึงทำให้ผลกระทบของการขาดน้ำ แสดงออกมาได้ไม่ชัดเจนมากนัก แต่ถ้ามีการขาดน้ำอย่างรุนแรง และเป็นเวลานานมากจะมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชมีค่าลดลงอย่างเด่นชัด

5.3 การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชัน

จากการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันได้รับอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการขาดน้ำซึ่งจะมีผลทำให้ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตสูงสุด คือขมิ้นชันควรได้รับเท่ากับ 1284.57 มิลลิเมตร และเมื่อขมิ้นชันได้รับน้ำในปริมาณที่ลดลง

ก็จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงแตกต่างกัน สำหรับการทดลองที่1 การขาดน้ำในช่วงต่าง ๆ กันของอายุการเจริญเติบโตนั้น ปริมาณน้ำที่ขมิ้นชันได้รับมีความแตกต่างกันไม่มากนักแต่การขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (T_1) ขมิ้นชันมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโตและที่ไม่มีการขาดน้ำ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำก็พบว่าการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะมีค่าประสิทธิภาพของการใช้น้ำต่ำกว่าการขาดน้ำในช่วงอื่นๆ และในสิ่งทดลองที่ไม่ขาดน้ำ (ตารางที่ 4.16) ซึ่งผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกันกับงานทดลองของ ณัฐวุฒิ จุลสงค์ (2547) ที่พบว่า เมื่อมีการให้พืชขาดน้ำในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต การขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต พืชจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุด ในขณะที่พืชได้รับการขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโตและไม่มีการขาดน้ำจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำในช่วงเวลาสั้นๆ เป็นเวลา 15 วันจะมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้งเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาแรกของการเจริญเติบโต แต่หลังจากขมิ้นชันมีอายุมากขึ้นความสามารถในการทนทานต่อการขาดน้ำจึงจะมีมากขึ้น ซึ่งทำให้การขาดน้ำในช่วงหลังๆ จึงมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของขมิ้นชันที่มีการขาดน้ำในช่วงหลังๆ จึงมีค่ามากกว่าการขาดน้ำในช่วงแรกๆ แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองที่ 1 นี้จะแตกต่างไปจากการทดลองที่ 2 กล่าวคือ เมื่อขมิ้นชันมีการขาดน้ำเป็นระยะเวลานานโดยเฉพาะการขาดน้ำตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว และขมิ้นชันจะได้รับน้ำน้อยคือ 435.57 มิลลิเมตรเท่านั้น จึงทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกันกับขมิ้นชันที่ขาดน้ำในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโต และที่ไม่มีการขาดน้ำ (ตารางที่ 4.32) ซึ่งขมิ้นชันจะได้รับน้ำชลประทานที่มากกว่าจึงทำให้ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้งมากนัก การขาดน้ำเป็นเวลาที่ยาวนานมากนี้ ขมิ้นชันจะได้รับน้ำในปริมาณน้อยเป็นเวลานานขมิ้นชันซึ่งมีการปรับตัวต่อสภาวะการที่ได้รับน้ำน้อยจึงมีผลทำให้มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการขาดน้ำในช่วงอื่นๆ ที่ขมิ้นชันได้รับน้ำในปริมาณที่มากกว่าแตกต่างกัน ณัฐวุฒิ จุลสงค์ (2547) ได้ทดลองในหญ้าปักกิ่ง พบว่า หญ้าปักกิ่งที่ได้รับน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการขาดน้ำจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุด ในขณะที่หญ้าปักกิ่งได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานาน โดยได้รับน้ำนานๆ ครั้ง หญ้าปักกิ่งจะมีประสิทธิภาพของการใช้น้ำที่สูงกว่า แตกต่างกันในทางสถิติอย่างชัดเจน ซึ่งจะพบว่าพืชที่ได้รับน้ำในปริมาณน้อยจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุดเพื่อให้ทนต่อสภาวะของการขาดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกันกับพืชที่ได้รับน้ำในปริมาณที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ต่ำกว่า สายัณห์ สดุดี (2537) กล่าวว่า พืชที่อยู่ในสภาวะของการขาดน้ำจะทำให้ปากใบของพืชปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ซึ่งเป็นขบวนการชะลอการเหี่ยวของพืชส่งผลให้พืชมีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น ภายใต้สภาวะที่มีการขาดน้ำอย่างรุนแรง สมยศ เดชภิรัตนมงคล

(2542) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชที่ได้รับการขาดน้ำจะมีค่าสูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำตามปกติซึ่งผลดังกล่าวนี้จะพบได้ในตะไคร้ (สัจจา ธรรมาวิสุทธิผล. 2548)

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาถึงการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของขมิ้นชัน ซึ่งได้ทำการทดลองจำนวน 2 การทดลองพอที่จะสรุปได้ดังนี้

การทดลองที่ 1

ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ นั้นพบว่าช่วงเวลาของการขาดน้ำขมิ้นชันจะมีค่าปริมาณน้ำในใบ อัตราการคายน้ำ และค่า total conductance มีค่าน้อยลงและเมื่อการขาดน้ำผ่านพ้นไปขมิ้นชันได้รับน้ำอีกครั้งค่าต่าง ๆ ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ขมิ้นชันที่ขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเป็นเวลา 15 วันจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิตน้ำหนักเหง้าแห้งของขมิ้นชันเป็นอย่างมาก แต่การขาดน้ำในช่วงหลังๆของการเจริญเติบโตพบว่าไม่มีผลกระทบต่อลักษณะอื่นๆมากนัก ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโต จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิตสูงที่สุด

การทดลองที่ 2

ขมิ้นชันที่ได้รับการขาดน้ำเป็นเวลานานในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่าขมิ้นชันที่ขาดน้ำในช่วงแรกคือตั้งแต่ขมิ้นชันมีอายุ 30 วันหลังปลูกจน กระทั่งเก็บเกี่ยวขมิ้นชันมีปริมาณน้ำในใบ อัตราการคายน้ำและค่า total conductance น้อยกว่าขมิ้นชันที่ขาดน้ำในช่วงหลังๆของการเจริญเติบโต นอกจากจะส่งผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยายังส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิตเหง้าแห้ง ของขมิ้นชันมีค่าลดลงมากที่สุด ขมิ้นชันที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโตและไม่มีการขาดน้ำ จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี มีการสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิตมีค่ามากที่สุด แต่จะมีค่าของประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยที่สุด

จากทั้ง 2 การทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ช่วงวิกฤตที่สุดของการขาดน้ำก็คือ การขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ไม่ว่าจะเป็นการขาดน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆเพียง 15 วันหรือเป็นช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน (คือขาดน้ำตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว) ก็ตามจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเหง้าแห้งของขมิ้นชันมากที่สุด การปลูกขมิ้นชันที่ดีจึงไม่ให้ขมิ้นชันควรได้รับการขาดน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตขมิ้นชันลดลงได้ ดังนั้น ในการปลูกขมิ้นชันควรมีการให้น้ำชลประทานตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต ประมาณ 1,285 มิลลิเมตร ตลอดฤดูปลูก

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [online]. เข้าถึงได้จาก : http ://www. doae. go.th//html/veget-all. 2544.

กองวิจัยพืชสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2533. **คู่มือสมุนไพรเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน**. กรุงเทพฯ : Text and Journal Corporation Co., Ltd.

จำลอง ฝั่งชลจิตร. 2542. **ไม้ไกล้ครัว**. กรุงเทพฯ : เอส.ที.พี.เวิลด์ มีเดีย .

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. 2545. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 2 เครื่องยาพฤกษวัตถุ**. กรุงเทพฯ : อมรินทร์.

ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิตย์. 2538. **เอกลักษณ์สมุนไพร**. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธวัชชัย อุบลเกิด และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2539. ผลของการขาดน้ำช่วงต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 14(3) : 24-29.

ณัฐวุฒิ จุลสงค์. 2547. "ผลของการขาดน้ำและการให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าปักกิ่ง." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. **เครื่องเทศ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภา วีระนันทาเวทย์. 2531. "การศึกษาความต้องการน้ำ การใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่มีต่อสรีรวิทยาบางลักษณะของงาพันธุ์ต่างๆ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิมิตร วรสูต, ประสิทธิ์ ใจศิล และพัชนี เค้ายา. 2536. "การใช้น้ำของงาบางพันธุ์ที่ได้รับน้ำปริมาณต่างกัน." หน้า 83-93. ใน **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง งานวิจัยงา ครั้งที่ 7**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปราณี ธาณาธะระนิต และพีสรี จิระตระกาล. 2544. **การตั้งตำรับสมุนไพรทากันยุง**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

พร้อมจิต ศรลัมพ์. 2532. **สมุนไพรและยาที่ควรรู้**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้า 118.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2537. **สมุนไพรก้าวใหม่**. กรุงเทพฯ : แก้ไขปรับปรุงใหม่จากตำราวิทยาศาสตร์สมุนไพร. ที.พี.พริ้นท์.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535. **พืชเครื่องเทศและสมุนไพร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. **พืชเครื่องเทศและสมุนไพร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ลลิตา ธีระสิริ. 2543. **ผักพื้นบ้านต้านโรค**. กรุงเทพฯ : รวมทรรศน์.

วีณา เชิดบุญชาติ. 2543. **ปลูกผักไทยได้ทั้งอาหารและยา**. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สถาบันการแพทย์ไทย. 2540. **การแพทย์ไทยกับการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยและผู้ติดเชื้อเอดส์**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2537. **พฤกษศาสตร์**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล, อารมย์ ศรีพิจิจต์ และทรงยศ ตันพิพัฒน์. 2541. ผลการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและรากกกพื้นเมือง 2 พันธุ์. **วิทยาสารวัชพืช**. 2 : 59-68.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2542. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของงา 6 พันธุ์ ภายใต้สภาวะการขาดน้ำ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 17(2) : 69-77.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2544. การตอบสนองของตะไคร้พันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์ต่อการขาดน้ำ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 19(2) : 12-20.

สายัณห์ สดุดี. 2537. **สภาวะการขาดน้ำในการผลิตพืช**. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สัจจา ธรรมาวิสุทธิผล. 2548. "ผลของการขาดน้ำและปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตตะไคร้ 2 พันธุ์." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541. **สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน**. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้า.

Adams, S.S. and Stevenson, W.R. 1990. "Water management, disease development and potato production." **Am. Potato. J.** 67 : 3-11.

Ashley, D.A. and Ethridge, W.J. 1978. "Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars." **Agron. J.** 70 : 467-471.

Ashley, D.A. 1983. **Crop–water relation**. New York : John wiley and Sons.

Atal, C.K. and Kapur, B.M. 1989. **Cultivation and utilization of aromatic plants**. New Delhi : Council of Scientific and Industrial Research.

Boonjung, H. and Fukai, S. 1996. "Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions : 1.Growth during drought." **Field Research**. 48(1) : 37-45.

Boyer, J.S. 1976. "Photosynthesis at low water potential." **Phill. Trans. R. Soc. Lond. B.** 273(4) : 501-512.

Burtt, B.L. and Smith, R.M. 1983. **Zingiberaceae a revised handbook to the flora and ceylon vol.4**. Rotterdam : Balkema.

Cruz, R.T. and O'Toole, J.C. 1984. "Dryland rice response to an irrigation at flowering stage." **Agron. J.** 76(1) : 178-183.

De Datta, S.K. 1981. "Water management system : characteristics and limition" In **Principle and practices of rice production**. New York : John Wiley and Sons.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. **Crop water requirements**. Rome : Food and agriculture organization.

Eck, H.A. 1986. "Effects of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn." **Agron. J.** 78(3) : 1035-1040.

Guzman, C.C. and Siemonse, J.S. (eds.) 1999. **Spice : plant resources of south-east asia no.13**. Leiden : Beckhuys.

Hunt, R. 1978. **Plant growth analysis**. London : Edward Arnold.

Jackson, M.S. 1987. "Injure to rice plants caused by complete submergence : A contribution by ethylene." **J. Exp. Bot.** 38 : 1826-1838.

Iqbal, M.M., Shah, S.M., Mohammad, W. and Nawaz, H. 1999. **Crop yield response to deficit irrigation**. Netherlands : Kluwer Acadimic.

Kramer, P.K. 1983. **Water relations of plant**. New York : Academic Press.

Lawn, R.J. 1982. "Response of four grain legumes to water stress in south-eastern Queensland. 1. Physiological response mechanisms." **Aust. J. Agric. Res.** 33 : 481-496.

Muchow, R.C. 1985. "Canopy development in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi–arid tropical environment." **Field Crop Res.** 11 : 99-109.

Muchow, R.C., Sinclair, T.R., Bennett, J.M. and Hammond, L.C. 1986. "Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal conductance to water deficits during vegeta - tive growth of field grown soybean." **Crop Sci.** 26 : 1190-1195.

Ojala, J.C., Stark, J.C. and Kleinkopf, G.E. 1990. "Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality." **Am. Potato. J.** 67 : 29-43.

Otegui, M.E., Andrade, F.H. and Suero, E.E. 1995. "Growth water use and kernel abortion of maize kernel growth and development." **Field Crops Res.** 24(2) : 726 -730.

Pandey, R.K., Herrea, W.A.T. and Villegas, A.N. 1984. "Drought response of grain legumes under irrigation gradient : 3. Plant Growth." **Agron. J.** 76 : 557-560.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. and Mornhiweg, D.W. 1988. "Water relations in winter wheat as drought resistance indicator." **Crop Sci.** 28(3) : 526-531.

Schulze, E.D., Robinchau, R.H., Grace, J., Rundel, P.W. and Ehleringer, J.R. 1987. "Plant water balance." **BioScience.** 37 (1) : 30 -37.

Sdoodee, S. 1990. "Adaptative mechanisms of blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper] and pigeonpea [*Cajanus Cajan* (L.) Millsp.] to water stress at different growth stages." Ph.D. thesis, University of Queensland, Brisbane.

Sivarkumar, M.V.K. and Shaw, R.H. 1987. "Relative evalution of water stress indicators for soybeans." **Agron. J.** 79 : 1019–1026.

Turk, K.J. and Hall, A.E. 1980. "Drought adaptation of cowpea : 4. Influence of drought on water use and relations with growth and seed yield." **Agron. J.** 72 : 434-439.

Turner, F. T. and McCauley, G.N. 1983. **Crop–water relation in rice.** New York : John Willey and Sons.

Wien, H.C., Littleton, E.J. and Ayanaba, A. 1979. **Drought stress of cowpea and soybean under tropical conditions.** In : H. Mussell and R.C. Staples (eds.), Stress Physiology in Crop Plants. New York : John Wiley and Sons.

Wright, G.C., Smith, R.C.G. and McWilliam, J.R. 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress : 1. Crop growth and yield responses. **Aust. J. Agric. Res.** 34 : 615–626.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนพวรรณ ประสาทเงิน เกิดเมื่อวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดตาก สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์) จากคณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ปี 2546 ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง