ผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

สุภาพรรณ เพ็งเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

EFFECT OF WATERLOGGING ON GROWTH AND SEED YIELD OF SIX FORAGE GRASSES

SUPHAPHAN PHENGPHET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

เรื่อง ผลของน้ำท่วมขังที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

ผู้วิจัย นางสาวสุภาพรรณ เพ็งเพชร

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานัส ลอศิริกุล	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ วงส์พิเชษฐ	กรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.ไมเคิล แฮร์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติพงศ์ อรรคแสง	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ วงส์พิเชษฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.ไมเคิล แฮร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร)

.....	.....
(รองศาสตราจารย์ธีระพล บันสิทธิ์)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
คณบดีคณะเกษตรศาสตร์	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “ผลของน้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์” สำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์และความเมตตากรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ วงส์พิเชษฐ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ทางวิชาการ ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำชี้แนะในการแก้ไขปัญหาตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ศาสตราจารย์ (พิเศษ) ดร.ไมเคิล แฮร์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติพงศ์ อรรคแสง คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และช่วยตรวจแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ สุริยภัทร ที่สนับสนุนในการเรียนครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณบริษัท Grupo Papalotla และ Ubon forage Seeds ที่สนับสนุนทุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนักวิชาการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคนที่ช่วยเหลือการทำงานวิจัยนี้ ทั้งการให้คำแนะนำและการให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนอย่างเต็มที่ทั้งด้านทุนทรัพย์และการให้กำลังใจในการทำงานวิจัย รวมถึงญาติพี่น้องทุกๆ ท่านที่ให้กำลังใจเช่นกันจนทำให้ประสบผลสำเร็จ

สุภาพรรณ

สุภาพรรณ เพ็งเพชร

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : ผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

ผู้วิจัย : สุภาพรรณ เพ็งเพชร

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : เกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ วงส์พิเชษฐ

คำสำคัญ : น้ำท่วมขัง, การเจริญเติบโต, ผลผลิตเมล็ดพันธุ์, หญ้าอาหารสัตว์

น้ำท่วมขังยังเป็นปัญหาหนึ่งในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ลุ่มของภาคอีสาน การศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การฟื้นตัว องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์จำนวนหกสายพันธุ์

การศึกษานี้แบ่งออกเป็นสามงานทดลองคือ (1) การศึกษาผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ (2) การศึกษาผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ และ (3) การศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ งานทดลองทั้งหมดทำในโรงเรือนทดลอง ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 การทดลองเป็นแบบ Factorial experiment in Completely Randomized Design ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ (1) สภาพน้ำท่วมขังสองระดับ (หญ้าที่ได้รับน้ำปกติ และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขัง) และ (2) หญ้าอาหารสัตว์จำนวนหกสายพันธุ์ (หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า)

ผลงานทดลองที่ 1 น้ำท่วมขังส่งผลให้หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์แสดงอาการใบเหลืองและใบชราภาพ การเจริญเติบโตในแง่ความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ และผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมลดลงเมื่อถูกน้ำท่วมขังนานขึ้น โดยหญ้ามูลาโท 2 เจริญเติบโตน้อยที่สุดในสภาพน้ำท่วมขัง เมื่อจัดลำดับความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง หญ้าพาสพาลัมอุบลทนทานที่สุด รองลงมาคือ หญ้าฮิวมิดิโคล่า หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ามูลาโท 2

ผลงานทดลองที่ 2 สภาพการฟื้นตัวหลังถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก การเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังในแง่ความสูงต้นมีค่ามากกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำปกติ ขณะที่จำนวนหน่อต่อกอและพื้นที่ใบมีค่าลดลง เช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของหญ้าทุกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังมีค่าต่ำกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ โดยที่หญ้าฮิวมิดิโคล่าฟื้นตัวได้เร็วกว่าหญ้าอุบลพาสพาลัม หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ามูลาโท 2

ผลงานทดลองที่ 3 น้ำท่วมขังไม่มีผลต่อจำนวนช่อดอกต่อกอ จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ แต่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ความบริสุทธิ์เมล็ดพันธุ์ของหญ้าทุกสายพันธุ์สูงมากกว่าร้อยละ 95 ส่วนความมีชีวิตและความงอกของเมล็ดพันธุ์ของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังไม่แตกต่างกับของหญ้าที่ได้รับน้ำปกติ

ABSTRACT

TITLE : EFFECT OF WATERLOGGING ON GROWTH AND SEED YIELD OF SIX FORAGE GRASSES

AUTHOR : SUPHAPHAN PHENGPHET

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : AGRICULTURE

ADVISOR : ASSOC. PROF. KITTI WONGPICHET, Ph.D.

KEYWORDS : WATERLOGGING, GROWTH, SEED YIELD, FORAGE GRASSES

Waterlogging has been a problem in forage grass seed production in the lowland areas of northeast Thailand. The objectives of this study were to determine the morphological changes, growth, stem and leaf dry weight, waterlogging recovery, seed yield components and seed yield, and seed quality of six forage grasses affected by waterlogging.

This study consisted of three trials. Trial (1) A study on the effect of waterlogging at late vegetative phase on growth of six forage grasses. Trial (2) A study on the effect of repeated waterlogging at late vegetative phase on recovery after waterlogging of six forage grasses. Trial (3) A study on the effect of waterlogging at early reproductive phase on seed yield components, seed yield, and seed quality of six forage grasses. All trials were conducted in a greenhouse at the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University from May 2012 to August 2014. Experimental design used was a factorial experiment in a completely randomized design with two main factors: (1) Two waterloggings (control and waterlogged) and (2) Six forage grasses (*Paspalum atratum* cv. Ubon, *Panicum maximum* cv. Mombasa, *Panicum maximum* cv. Purple, *Brachiaria ruziziensis* x *B. decumbens* x *B. brizantha* cv. Mulato II, *Brachiaria ruziziensis* x *B. decumbens* x *B. brizantha* cv. Cayman, and *Brachiaria humidicola*)

Trial 1. Waterlogging caused the leaves of forage grasses turning yellow and senesced. Plant growth in terms of height, number of tillers/hill, leaf area, and total dry matter yield decreased as the periods of waterlogging increased.

Waterlogging restricted growth of Mulato II more compared to other grasses. Waterlogging tolerance was ranked among these six grass species as follows: Ubon paspalum > Humidicola > Cayman > Purple Guinea > Mombasa Guinea > Mulato II.

Trial 2. Repeated waterlogging and then followed by plant recovery resulted in taller forage grasses compared to control; whereas the number of tillers/hill, leaf area, and total dry matter yield were lower compared to control grasses. Waterlogging recovery was ranked among these six grass species as follows: Humidicola > Ubon paspalum > Cayman > Purple Guinea > Mombasa Guinea > Mulato II.

Trial 3. Waterlogging at early reproductive phase had no effect on the number of inflorescences/plant, racèmes or spikelets/ inflorescence, and seed yield; but increased 1,000 seed weight of forage grasses. Seed quality of all grasses in terms of purity was higher than 95 %. Seed viability and seed germination of all waterlogged grasses were not different from control.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 หญ้าอาหารสัตว์	6
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าอาหารสัตว์	7
2.3 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์	11
2.4 ลักษณะสำคัญของหญ้าอาหารสัตว์ที่นำมาศึกษา	17
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา และการให้ผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์	22
2.6 สภาพน้ำท่วมขัง	26
2.7 คุณภาพและความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์	32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์	35
3.2 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์	39
3.3 ผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 สภาพภูมิอากาศ 44

4.2 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าหกสายพันธุ์ 47

4.3 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ 65

4.4 ผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ 82

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ 92

5.2 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ 93

5.3 ผลของน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ 93

บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ **95**

เอกสารอ้างอิง **96**

ภาคผนวก

ก สภาพภูมิอากาศ 112

ข ผลข้อมูลของค่าความมีอายุยืนยาวของใบ ค่าพื้นที่ใบจำเพาะ และค่าปฏิสัมพันธ์ 115

ประวัติผู้วิจัย **127**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระยะการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์	15
4.1	Morphological changes of six forage grasses at different durations of waterlogging at late vegetative phase	48
4.2	Effect of waterlogging at late vegetative phase on plant height of six forage grasses	51
4.3	Effect of waterlogging at late vegetative phase on number of tillers of six forage grasses	53
4.4	Effect of waterlogging at late vegetative phase on leaf area of six forage grasses	55
4.5	Effect of waterlogging at late vegetative phase on senesced leaf dry weight of six forage grasses	57
4.6	Effect of waterlogging at late vegetative phase on green leaf dry weight of six forage grasses	59
4.7	Effect of waterlogging at late vegetative phase on stem dry weight of six forage grasses	60
4.8	Effect of waterlogging at late vegetative phase on total dry weight of six forage grasses	62
4.9	Scores and ranks for 40 days waterlogging tolerance of six forage grasses	64
4.10	Morphological changes of six forage grasses after repeated waterlogging with 30 days recovery period	66
4.11	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on plant height of six forage grasses	69
4.12	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on number of tillers of six forage grasses	72
4.13	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on leaf area of six forage grasses	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.14	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on senesced leaf dry weight of six forage grasses	74
4.15	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on green leaf dry weight of six forage grasses	76
4.16	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on stem dry weight of six forage grasses	79
4.17	Effect of repeated waterlogging after 30 days recovery period on total dry weight of six forage grasses	80
4.18	Scores and ranks for recovery after repeated waterlogging of six forage grasses	81
4.19	Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed yield components and seed yields of six forage grasses	84
4.20	Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed purity and seed viability (tetrazolium test) of six forage grasses	88
4.21	Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed germination after 0, 2, 3, 4, 5, and 6 months in ambient temperature storage of six forage grasses	89
ก.1	Rainfall (mm), maximum and minimum temperatures (degree Celsius), and day length (hr/d) at Ubon Ratchathani University in 2012 (BE 2555)	113
ก.2	Rainfall (mm), maximum and minimum temperatures (degree Celsius), and day length (hr/d) at Ubon Ratchathani University in 2013 (BE 2556)	114
ข.1	Effect of waterlogging during elongation stage on specific leaf area of six forage grasses	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.2	Interaction between waterlogging and number of tillers of six forage grasses at 40 days of waterlogging	118
ข.3	Interaction between waterlogging and leaf area of six forage grasses at 20 and 40 days of waterlogging	118
ข.4	Interaction between waterlogging and senesced leaf dry weight of six forage grasses at 30 and 40 days of waterlogging	119
ข.5	Interaction between waterlogging and green leaf dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging	119
ข.6	Interaction between waterlogging and stem dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging	120
ข.7	Interaction between waterlogging and total dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging	120
ข.8	Interaction between waterlogging and plant height of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging	121
ข.9	Interaction between waterlogging and number of tillers of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging	122
ข.10	Interaction between waterlogging and leaf area of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging	123
ข.11	Interaction between waterlogging and green leaf dry weight of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging	124
ข.12	Interaction between waterlogging and stem leaf dry weight of six forage grasses at 10, 20 and 30 days of waterlogging	125
ข.13	Interaction between waterlogging and green total dry weight of six forage grasses at 10, 20 and 30 days of waterlogging	126

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของหญ้าอาหารสัตว์	9
2.2	รูปแบบของช่อดอกของหญ้าอาหารสัตว์	10
2.3	การงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์	12
2.4	การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการแตกหน่อของหญ้า	12
2.5	เฟสการยืดลำต้นของหญ้าอาหารสัตว์	13
2.6	การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางการสืบพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์	14
3.1	Pail and grass arrangements for waterlogging trials of six forage grasses	37
4.1	Rainfall (mm), maximum and minimum temperatures (°Celsius), and day length (hr/d) at Ubon Ratchathani University in 2012 (BE 2555) and 2013 (BE 2556)	45
ข.1	Effect of waterlogging during elongation stage on leaf area duration of six forage grasses	117

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการวิจัย

การเลี้ยงโคเนื้อในอดีตมักเป็นการเลี้ยงเพื่อใช้แรงงานในการเพาะปลูกพืชผลต่างๆ แต่ปัจจุบันเกษตรกรได้ปรับเปลี่ยนการเลี้ยงโคเนื้อมาเป็นการเลี้ยงเพื่อการค้าและการบริโภคมากขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มของประชากรที่ทำให้ความต้องการบริโภคเนื้อเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง ถึงแม้แนวโน้มในปี พ.ศ. 2551-2555 ความต้องการบริโภคเนื้อโคของไทยมีแนวโน้มลดลงในอัตราร้อยละ 0.08 ต่อปี โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.25 ล้านตัว หรือคิดเป็นเนื้อโค 180,500 ตัน เนื่องจากราคาโคเนื้อและเนื้อโคปรับตัวสูงขึ้นร้อยละ 10-20 จากปีที่ผ่านมา ทว่า ปริมาณการส่งออกเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ยังคงเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.89 เท่าต่อปี เป็นผลเนื่องมาจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว ญี่ปุ่น และมาเลเซีย มีความต้องการเนื้อโคจากประเทศไทยมากขึ้น โดยปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยส่งออกเนื้อโคและผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากถึง 6,430 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556: 133-138) ขณะที่คนไทยบริโภคเนื้อโคเฉลี่ยเพียง 2.28 กิโลกรัม/ คน/ ปี (สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2555: 10) ซึ่งถือว่ามีปริมาณการบริโภคน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศดังกล่าว สาเหตุอาจเนื่องมาจากประเทศไทยมีเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ทดแทนและมีราคาไม่แพง เช่น ปลา ไก่ และสุกร

ส่วนการเลี้ยงโคนมก็เป็นนโยบายและได้รับการสนับสนุนจากทางราชการที่พยายามช่วยเหลือและส่งเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมให้สามารถดำรงอาชีพได้อย่างยั่งยืน ในปัจจุบันชาวไทยหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพของตนเองมากขึ้น ภาครัฐและเอกชนจึงรณรงค์ให้มีการดื่มนมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ประชาชนมีสุขภาพและอนามัยที่สมบูรณ์แข็งแรง อันจะเป็นทรัพยากรที่มีคุณภาพของประเทศต่อไป นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมสูงขึ้นเป็นลำดับ ทำให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริโภคมากขึ้น อัตราการบริโภคนมจึงสูงขึ้นด้วย ในปี พ.ศ. 2551-2555 ความต้องการบริโภคนมพร้อมดื่มมีอัตราเพิ่มร้อยละ 2.91 ต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการบริโภคมากถึง 940,000 ตัน นอกจากนี้ การเลี้ยงโคนมยังเป็นการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556: 139-145)

ส่วนสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ เช่น แพะ และแกะ จำนวนการเลี้ยงมีอัตราเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละปี และความต้องการเพื่อการบริโภคยังไม่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในหมู่ประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคเฉพาะภายในแต่ละพื้นที่ พื้นที่เลี้ยงแพะและแกะส่วนใหญ่

อยู่ในภาคใต้ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนแพะและแกะทั้งหมด 480,000 ตัว คิดเป็นสัดส่วนปริมาณการเลี้ยงเพียงร้อยละ 0.15 ของจำนวนสัตว์เลี้ยงทั้งประเทศ (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2555: 1-2)

จากนโยบายการสนับสนุนและการส่งเสริมของทางราชการ เกษตรกรจึงได้ให้ความสนใจในการเลี้ยงโคเนื้อ โคนม และสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้น ทว่า เกษตรกรเหล่านี้ยังคงต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนพื้นที่เลี้ยงสัตว์และผลผลิตพืชอาหารสัตว์ที่ไม่เพียงพอตลอดทั้งปีเมื่อเทียบกับจำนวนสัตว์เลี้ยงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงอาศัยพื้นที่แปลงหญ้าธรรมชาติ สวนไม้ยืนต้น ริมถนน คันนา และวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรเป็นแหล่งอาหารหลักของสัตว์เลี้ยงเหล่านี้

ในพื้นที่แปลงหญ้าธรรมชาติ หญ้าส่วนใหญ่เป็นหญ้าพื้นเมืองที่เกิดขึ้นเองจึงสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพพื้นที่ แต่หญ้าธรรมชาติก็มีข้อจำกัดในแง่การให้ผลผลิตที่ต่ำมาก และมีระยะเวลาการใช้เป็นอาหารสัตว์ค่อนข้างสั้น เนื่องจากหญ้าเหล่านี้มีช่วงระยะการออกดอกและสะสมเยื่อใยเกิดขึ้นเร็ว จึงส่งผลให้คุณค่าทางอาหารลดลงอย่างรวดเร็วด้วยเมื่อเทียบกับพืชอาหารสัตว์พันธุ์ดีที่นำเข้าจากต่างประเทศ (สายัณห์ ทัดศรี, 2548: 247-248) ด้วยเหตุนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะกรมปศุสัตว์ จึงพยายามแก้ปัญหานี้โดยการส่งเสริมให้เกษตรกรทำแปลงหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งก็ได้รับความสนใจและการตอบสนองจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จำนวนมาก

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตปศุสัตว์และหญ้าอาหารสัตว์ที่สำคัญของประเทศ ซึ่งสามารถผลิตปศุสัตว์ได้ประมาณร้อยละ 50 ของประเทศ (สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2555: 7) เช่นเดียวกับการผลิตเสบียงสัตว์และเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ แต่ที่ผ่านมา การปลูกสร้างทำแปลงหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคเนื้อและโคนม มักประสบความล้มเหลว เนื่องจากแปลงหญ้าที่ปลูกให้ผลผลิตต่ำ และมีอายุการใช้งานค่อนข้างสั้น เพียงสองถึงสามปีเท่านั้น โดยมีสาเหตุมาจากการที่ไม่สามารถเลือกพื้นที่ปลูกและการเลือกใช้สายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่เหมาะสมได้ ตลอดจนยังมีปัญหาเรื่องความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมอีกด้วย

การทำแปลงหญ้าอาหารสัตว์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือที่มักเรียกกันว่า ภาคอีสาน เกษตรกรมักปลูกสร้างแปลงหญ้าในพื้นที่นาเก่าหรือพื้นที่รกร้าง (กองอาหารสัตว์, 2549: 82-90) ปัญหาหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่เหล่านี้ คือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและการระบายน้ำไม่ดี พื้นที่ประเภทนี้มีมากถึงกว่าร้อยละ 31 ของพื้นที่ภาคอีสาน (เมตตา แสงคำ, 2543: 1-2) โดยมักมีปัญหาน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะช่วงเดือนสิงหาคม-เดือนตุลาคม เนื่องจากอิทธิพลของพายุดีเปรสชั่นที่พัดผ่านในช่วงนี้ จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวอาจถูกน้ำท่วมขังนานถึงประมาณ 1-2 สัปดาห์ (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2527: 42-43) ซึ่งตรงกับช่วงที่หญ้ากำลังเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และหญ้ากำลังเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์จึงจำเป็นต้องได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอก

เพราะฉะนั้น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องปลูกหญ้าไม่ช้ากว่าเดือนพฤษภาคมเพื่อให้หญ้ามีเวลาพอได้รับน้ำเพียงพอ และได้รับช่วงแสงที่เหมาะสม สำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างตาดอก นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์หญ้ายังเจริญเต็มวัยในระยะที่หมดฝนพอดี เพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงและมีคุณภาพดี

หญ้าอาหารสัตว์ที่กรมปศุสัตว์แนะนำและส่งเสริมเกษตรกรใช้ในการปลูกสร้างแปลงหญ้าส่วนใหญ่เป็นพันธุ์หญ้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (สายัณห์ ทัดศรี, 2540: 56) เช่น หญ้ารูซี่ หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าซิกแนลนอน และหญ้าเนเปียร์ ในทำนองเดียวกัน โครงการวิจัยพืชอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ก็เป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่พยายามศึกษาและวิจัยหญ้าอาหารสัตว์ในด้านคุณภาพ การปรับตัว และการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่ปลูกในภาคอีสาน นอกจากนี้ หน่วยงานหลังนี้ยังส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าเพื่อจำหน่าย โดยเฉพาะหญ้าลูกผสมบราเคียเรีย ได้แก่ หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน เนื่องจากหญ้าเหล่านี้ให้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสูง อีกทั้งยังเป็นสายพันธุ์หญ้าที่ตลาดแถบอเมริกา แอฟริกา และเอเชียมีความต้องการเมล็ดพันธุ์มาก ในแต่ละปี ประเทศเหล่านี้มีความต้องการเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ไม่น้อยกว่า 100 ตัน (Hare et al., 2554: 1-24) แต่ทว่า เกษตรกรไทยก็ไม่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าเหล่านี้ได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ เช่นเดียวกันการผลิตเสบียงสัตว์ที่เกษตรกรผลิตในรูปของหญ้าสดก็มีปริมาณลดลง ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะปัญหาสภาพพื้นที่ปลูกที่ไม่เหมาะสม และสภาพแวดล้อมที่มักแปรปรวน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มักประสบปัญหาน้ำท่วมขังในช่วงที่หญ้าเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและระยะสืบพันธุ์ นอกจากนี้ข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยด้านการปรับตัวและการตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังของสายพันธุ์หญ้าที่มีความสำคัญเหล่านี้ก็ยังมีไม่เพียงพอ อีกทั้งหญ้าอาหารสัตว์แต่ละกลุ่มหรือแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพน้ำท่วมขังแตกต่างกันด้วย การเลือกชนิดหรือสายพันธุ์หญ้าที่เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ที่จะปลูกจึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การปลูกสร้างแปลงหญ้าอาหารสัตว์ประสบความสำเร็จดีขึ้น

จากที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การฟื้นตัว การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์จำนวนหกสายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าพาสพาลัมอุบล (*Paspalum atratum* cv. Ubon), หญ้ากินนีมอมบาซ่า (*Panicum maximum* cv. Mombasa), หญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* cv. Purple), หญ้ามูลาโท 2 (*Brachiaria ruziziensis* x *B. decumbens* x *B. brizantha* cv. Mulato II), หญ้าเคย์แมน (*Brachiaria ruziziensis* x *B. decumbens* x *B. brizantha* cv. Cayman), และหญ้าฮิวมิดิโคล่า (*Brachiaria humidicola*)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวในแง่การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 การเจริญเติบโตของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ในสภาพน้ำท่วมขังมีความแตกต่างกับในสภาพที่ได้รับน้ำตามปกติ

1.3.2 การฟื้นตัวของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า หลังถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากมีความแตกต่างกับในสภาพที่ได้รับน้ำตามปกติ

1.3.3 การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ในสภาพน้ำท่วมขังมีความแตกต่างกับในสภาพที่ได้รับน้ำตามปกติ

1.3.4 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวมาของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ในสภาพถูกน้ำท่วมขังมีความแตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวมาของหญ้าในสภาพปกติ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การฟื้นตัว การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2

หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า โดยทดลองที่โรงเรือนปลูกพืชทดลอง สำนักงานไร่ฝึกทดลอง และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ในสภาพถูกน้ำท่วมขัง

1.5.2 ทราบความสามารถในการทนทานและการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์ในสภาพถูกน้ำท่วมขัง

1.5.3 ทราบความสามารถในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ ตลอดจนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์

1.5.4 สามารถนำข้อมูลและสารสนเทศไปใช้ในการปรับปรุงการเขตกรรม เพื่อลดผลกระทบจากการถูกน้ำท่วมขัง และนำไปใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นที่ปลูกที่มักเกิดน้ำท่วมขัง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ประเทศไทยเริ่มปลูกพืชอาหารสัตว์เมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมามีทั้งหญ้าอาหารสัตว์พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ หญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นหญ้าเขตร้อนที่อยู่ในวงศ์ย่อยแพนิคอยดีอี (subfamily Panicoideae) เนื่องจากหญ้าในวงศ์ย่อยนี้ส่วนใหญ่ให้ผลผลิตสูง ปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย (สายัณห์ ทัดศรี, 2540: 56-58) แต่หญ้าเหล่านี้ก็อาจมีข้อด้อยบางประการที่จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่ดีสำหรับเกษตรกร

2.1 การจำแนกหญ้าอาหารสัตว์

การจำแนกทางอนุกรมวิธานของหญ้า รวมถึงหญ้าอาหารสัตว์ (วัลลภ สันติประชา และประวิตร โสภโณดร, 2524: 1-2) เป็นดังนี้

ชั้น (Class) : Angiospermae
ชั้นย่อย (Subclass) : Monocotyledoneae
อันดับ (Order) : Graminales
วงศ์ (Family) : Poaceae (Gramineae)

ในโลกนี้มีหญ้าอาหารสัตว์ประมาณ 650-780 สกุล (genus) หรือประมาณ 10,000 ชนิด (species) แต่ทั้งนี้ ก็ขึ้นอยู่กับวิธีการจำแนกด้วย หญ้าอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ถูกรวบรวมจากประเทศในแถบแอฟริกาตะวันออกและเขตกึ่งร้อนของอเมริกาใต้ ภายใต้การทำงานของหน่วยงานต่างๆ เช่น International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), และ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) เนื่องจากหญ้าเหล่านี้แพร่กระจายอยู่ตามแหล่งต่างๆ ตามภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งหญ้าอาหารสัตว์ตามสภาพภูมิอากาศออกเป็นสองประเภท (วัลลภ สันติประชา และประวิตร โสภโณดร, 2524: 1) ได้แก่ (1) หญ้าอาหารสัตว์เขตอบอุ่น (temperate forage grass) หญ้าประเภทนี้เจริญเติบโตและใช้เพาะปลูกทำแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็น มักอยู่ในสกุลอะโกรไพรอน (Agropyron), เฟสทูกา (Festuca), โลเลียม (Lolium), โบรมัส (Bromus), และอะโกรสติส (Agrostis) เป็นต้น (2) หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน (tropical forage grass) หญ้าประเภทนี้เจริญเติบโตและใช้เพาะปลูกทำแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่

ที่มีอากาศร้อน ส่วนใหญ่อยู่ในสกุลบราเคียเรีย (Brachiaria), ดิจิทาเรีย (Digitaria), แพนิคัม (Panicum), พาสพาลัม (Paspalum), เพนนิซีตัม (Pennisetum), และซีตาเรีย (Setaria) หญ้าที่นิยมใช้เพาะปลูกทำแปลงหญ้า ได้แก่ หญ้าซิกแนล (*B. brizantha* และ *B. decumbens*) หญ้ารูซี่ (*B. ruziziensis*) หญ้าบัฟเฟล (*Cenchrus ciliaris*) หญ้าโรดส์ (*Chloris gayana*) หญ้าแพงโกลา (*Digitaria decumbens*) หญ้ากินนี (*Panicum maximum*) หญ้าพลิแคทูลัม (*Paspalum plicatulum*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) และหญ้าซีตาเรีย (*Setaria anceps*) เป็นต้น

ในประเทศไทยมีหญ้าอาหารสัตว์ที่นำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องประมาณ 133 สกุล หรือประมาณ 501 ชนิด (วีระชัย ณ นคร และมณฑล นอแสงศร, 2539: 1-82)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าอาหารสัตว์

การที่หญ้า รวมถึงหญ้าอาหารสัตว์ จัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จึงมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ร่วมกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป ดังนี้

2.2.1 ราก (root) หญ้าอาหารสัตว์มีรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยรากขนาดเล็กมากมายเกิดที่บริเวณข้อของลำต้นที่อยู่ใต้ดินหรือใกล้ผิวดิน และประสานกันเป็นร่างแห ระบบรากของหญ้าอาหารสัตว์แบ่งออกเป็นสองระบบ คือ (1) ระบบรากแรกเกิด (primary root) และ (2) ระบบรากพิเศษ (adventitious root) (David, 2002: web-site; Briske, 2014: web-site)

ระบบรากแรกเกิดหรือรากปฐมภูมิ (primary root) เจริญเติบโตจากข้อระหว่างส่วนเนื้อเยื่อหุ้มรากแรกเกิด (coleorhiza) และส่วนเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิด (coleoptile) หลังจากนั้นจะมีรากเกิดเพิ่มมากขึ้นเรียกว่า ระบบรากพิเศษแรกเกิด (seminal root) ซึ่งเกิดบริเวณข้อที่มีใบเลี้ยงติดอยู่ (scutellar node) ประมาณหกถึงเจ็ดราก รากชุดนี้เป็นรากชั่วคราวใช้สำหรับการตั้งตัวของกล้าหญ้าในระยะแรก (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 22-23) ภายหลังการเกิดรากชุดแรก หญ้าอาหารสัตว์จะสร้างระบบรากถาวรหรือรากค้ำจุนชุดแรกที่ข้อถัดขึ้นไปที่มีเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิดติดอยู่ (coleoptilar node) ส่วนรากถาวรชุดอื่นๆ จะเกิดที่ข้อใกล้ผิวดิน รวมทั้งบริเวณข้อของลำต้นที่เลื้อยไปตามผิวดินและใต้ดิน (วัลลภ สันติประชา และประวิตร โสภโณดร, 2524: 1-2) ดังภาพที่ 2.1

2.2.2 ลำต้น (shoot) ลำต้นหญ้าอาหารสัตว์อาจเจริญมาจากส่วนของเอ็มบริโอโดยตรงเรียกว่าลำต้นปฐมภูมิ (primary shoot) หรืออาจเกิดจากตาบริเวณมุมใบ (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 24-25) ลำต้นปฐมภูมิอาจมีลำต้นแตกออกมาอีกที่เรียกว่า หน่อข้าง ลักษณะการแตกของหน่อข้างใหม่เรียกว่าการแตกกอหรือการแตกหน่อ หญ้าสามารถแตกหน่อได้มากมายและอย่างรวดเร็วจากข้อล่างๆ ของลำต้นจึงทำให้หญ้ามีลักษณะเป็นกอ

ลำต้นหญ้าอาหารสัตว์อาจมีลักษณะกลมหรือค่อนข้างแบนก็ได้ และแบ่งเป็นข้อและปล้อง (node และ internode) อย่างชัดเจน ส่วนของปล้องมักมีรูกลวงภายใน ขณะที่ส่วนของข้อตันที่ส่วนโคนต้น ข้อปล้องมักสั้น แต่ที่ส่วนยอด ข้อปล้องจะยืดยาวออก โดยเฉพาะเมื่อหญ้าเข้าสู่ระยะออกดอก ที่ข้อทุกข้อมีตาราก ตายอด และใบ ซึ่งทั้งตารากและตายอดนี้พร้อมที่จะเจริญได้ทันทีเมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (วัลลภ สันติประชา และประวิตร โสภโณดร, 2524: 1-2)

ลำต้นของหญ้าอาหารสัตว์แบ่งตามการเจริญเติบโตได้สามรูปแบบ (ภาพที่ 2.1) ได้แก่

2.2.2.1 ลำต้นหลัก (culm) ลำต้นหลักเป็นลำต้นที่ตั้งตรงขึ้นไป จะผลิตใบ ช่อดอก และเมล็ด ลำต้นหลักของหญ้าอาจเจริญเติบโตตั้งตรงขึ้นไปเป็นลำต้นเดี่ยว หรืออาจแตกกิ่งจากตาที่ข้อก็ได้ ลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นหลักมีหลายแบบ คือ แบบตั้ง (erect) แบบเป็นข้องอและขึ้นบน (geniculate and ascending) เช่น หญ้ากินนี หญ้าเนเปียร์ และหญ้าบัฟเฟล แบบทอดชูยอด (decumbent) และแบบทอดนอน (procumbent หรือ prostrate) เช่น หญ้าซิกแนลนอน และหญ้ารูซี่

2.2.2.2 ไหล (stolon) ไหลเป็นลำต้นที่เจริญขนานไปกับผิวดินและมีข้อและปล้อง เมื่อข้อสัมผัสกับผิวดินก็จะเกิดราก และข้ออาจแตกเป็นลำต้นหรือหน่อใหม่ได้ เช่น หญ้าขน และหญ้าซิกแนลนอน

2.2.2.3 เหง้า (rhizomes) เหง้าเป็นลำต้นที่เจริญอยู่ใต้ผิวดินและมีข้อและปล้องเช่นกัน ที่ข้อมีส่วนของใบที่ไม่มีตัวใบเรียกว่า เกล็ด (scale) เช่น หญ้าแพรก

2.2.3 ใบ (leaf) ใบหญ้าในขณะที่ยังอ่อนจะม้วนห่อหุ้มยอดอ่อนไว้อย่างเหนียวแน่น (Jack, 2006: web-site) ใบหญ้าอาหารสัตว์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.2.3.1 กาบใบ (leaf sheath) กาบใบเป็นส่วนที่ห่อหุ้มลำต้น และอยู่ติดกับลำต้นที่ส่วนของข้อ

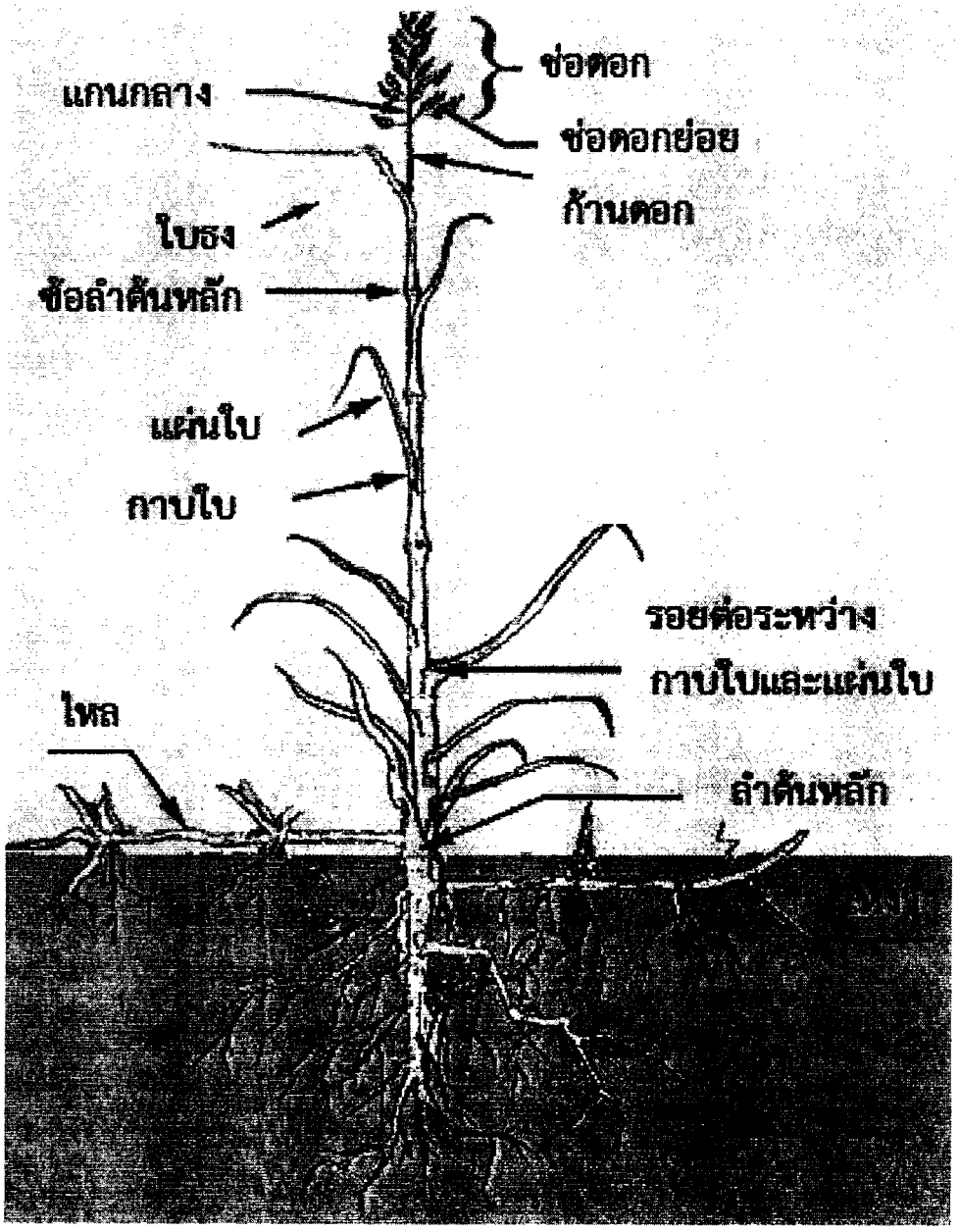
2.2.3.2 แผ่นใบ (leaf blade หรือ laminar) แผ่นใบมีรูปร่างคล้ายหอกยาว เรียวปลายแหลม มีเส้นกลางใบ (midrib) อยู่ตรงกลาง และเส้นใบ (vein) ขนานกับความยาวของตัวใบ

2.2.3.3 ลิ้นใบ (ligule) ลิ้นใบเป็นเยื่อบางหรือขนด้านในตรงส่วนต่อของกาบใบและแผ่นใบ (เนื้อเยื่อรอยต่อที่อยู่ด้านนอกเรียกว่า คอใบ; collar) มีสีขาวหรือสีน้ำตาล ลิ้นใบของหญ้าแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว จึงใช้ในการจำแนกชนิดและพันธุ์หญ้าได้ (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 26-28)

2.2.3.4 ติ่งใบหรือเขี้ยวใบ (auricle) ติ่งใบเป็นเยื่อหรือขนที่ยื่นออกมาด้านข้างตรงส่วนรอยต่อของกาบใบและแผ่นใบ พบได้ในหญ้าบางชนิด

2.2.4 ช่อดอก (inflorescence) ดอกหญ้าอาหารสัตว์เกิดเป็นช่อ ประกอบด้วยกลุ่มดอกย่อยที่เรียกว่า ช่อดอกย่อย (spikelet) ช่อดอกย่อยมีลักษณะโครงสร้างแตกต่างกัน ทั้งขนาดและรูปร่าง

จึงสามารถใช้จำแนกชนิดของหญ้าได้ ช่อดอกย่อยประกอบด้วยก้านดอกย่อย (pedicel) แกนกลางที่กลุ่มช่อดอกย่อยติดอยู่เรียกว่า แกนกลาง (rachis) และแกนกลางที่ดอกย่อยติดอยู่เรียกว่า แกนกลางย่อย (rachilla) แต่ละช่อดอกย่อยมีดอกย่อย (floret) ที่อาจเป็นดอกย่อยเดี่ยวหรือดอกย่อยหลายดอก



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของหญ้าอาหารสัตว์

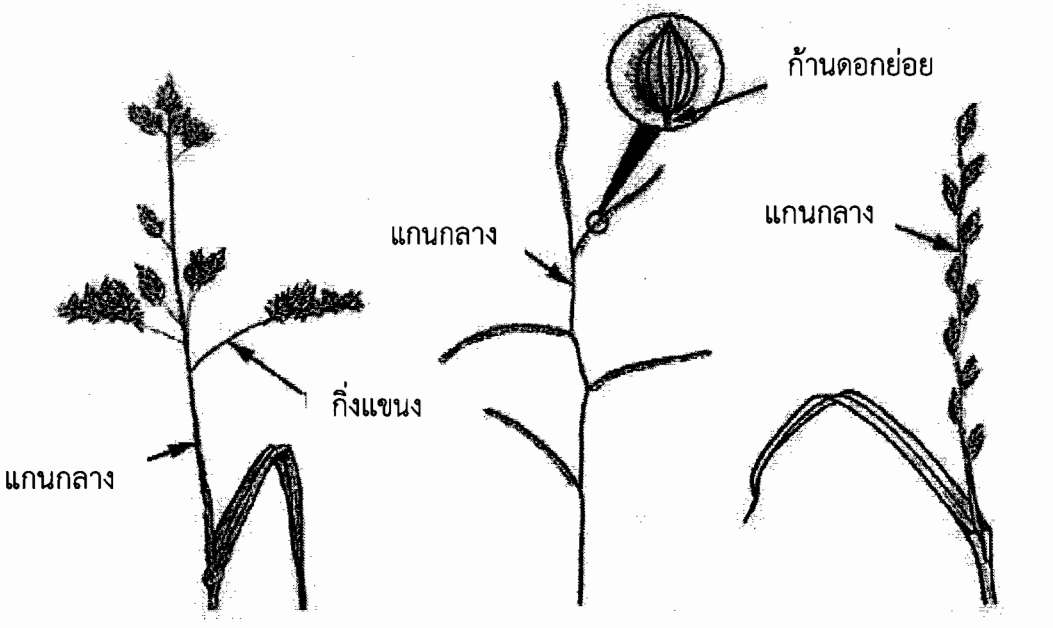
ที่มา: David (2002: web-site)

ช่อดอกหญ้าอาหารสัตว์แบ่งออกเป็นสามประเภท (ภาพที่ 2.2) ดังนี้

2.2.4.1 ช่อแยกแขนง (panicle) ช่อแยกแขนงเป็นช่อดอกที่ประกอบด้วยแกนกลางและแขนงของช่อดอกย่อยหลายช่อรวมกัน จึงทำให้ช่อดอกมีกิ่งก้านสาขามากมาย และมีลักษณะแตกต่างกันด้วย เช่น หญ้ากินนี

2.2.4.2 ช่อกระจะ (raceme) ช่อกระจะเป็นช่อดอกที่มีช่อดอกย่อยอยู่บนแกนก้านดอกย่อย โดยมีก้านของช่อดอกย่อยยาวเท่าๆ กันเชื่อมติดอยู่ ช่อดอกย่อยอาจเกิดเดี่ยวหรือเกิดเป็นคู่ เช่น หญ้ารูซี่ และหญ้าขน

2.2.4.3 ช่อเชิงลด (spike) ช่อเชิงลดมีลักษณะคล้ายกับช่อกระจะเพียงแต่ช่อดอกย่อยไม่มีก้านดอกย่อย (sessile spikelet)



ภาพที่ 2.2 รูปแบบของช่อดอกของหญ้าอาหารสัตว์
ที่มา: David (2002: web-site)

2.2.5 ผลและเมล็ด (fruit และ seed) เมล็ดหญ้าหนึ่งเมล็ดจัดว่าเป็นผลหนึ่งผล และเป็นประเภทผลแห้ง เมื่อแก่จะไม่แตก (สายัณห์ ทัดศรี, 2547) ประกอบด้วยผนังผล (pericarp) ที่เจริญมาจากผนังรังไข่ซึ่งเชื่อมติดแนบกับเปลือกเมล็ดชั้นนอก (testa หรือ seed coat) จึงเรียกผลชนิดนี้ว่าผลธัญพืช (caryopsis หรือ grain) เนื้อเยื่อชั้นถัดเข้าไปเป็นชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) ที่มีการสะสมโปรตีนและไขมัน ถัดจากชั้นแอลิวโรนเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ที่สะสมแป้งเพื่อใช้เป็น

อาหารสำรองสำหรับกล้าที่จะงอกออกมา ส่วนสุดท้ายคือ เอ็มบริโอ (embryo) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนที่จะพัฒนาและเจริญเติบโตเป็นราก ลำต้น และใบ ของหญ้าต่อไป

เมล็ดหญ้าที่มักมีกาบล่าง (lemma) กับกาบบน (palea) หุ้ม เนื้อเยื่อนี้เจริญมาจากออวุล (ovule) ทั้งที่ได้รับการผสมหรืออาจไม่ได้รับการผสมจากละอองเรณูก็ได้ กรณีที่เมล็ดหญ้าเจริญขึ้นมาโดยไม่มีการผสมเกสร เรียกว่า แอโพมิกซิส (apomixis) หญ้าหลายชนิดที่มีเมล็ดเกิดขึ้นในลักษณะนี้ ได้แก่ หญ้าโรดส์ หญ้าซิกแนล หญ้ากินนี และหญ้าเนเปียร์

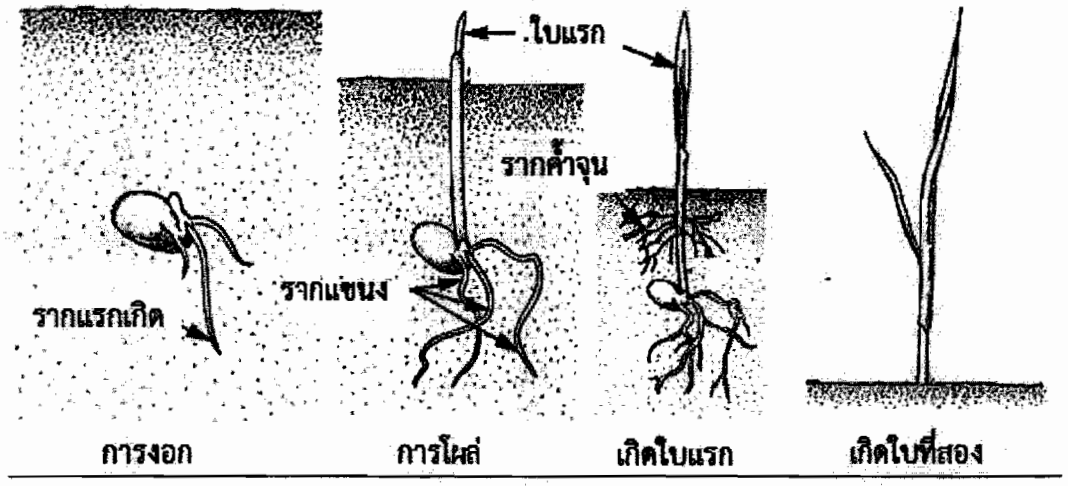
2.3 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์

2.3.1 กระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์ Loch and Ferguson (1999: 41-56); David (2002: web-site) ได้แบ่งกระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าออกเป็นสามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนแรก เฟสการเจริญเติบโตและการพัฒนาทางลำต้นและใบ (vegetative phase) ระยะนี้หญ้ามีการเจริญเติบโตและพัฒนาการในส่วนของราก ลำต้น และใบ กระบวนการที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือ การแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวน และการขยายขนาดของเซลล์ การเจริญเติบโตและการพัฒนาในขั้นตอนแรกนี้นับตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดพันธุ์จนถึงระยะแตกหน่อ

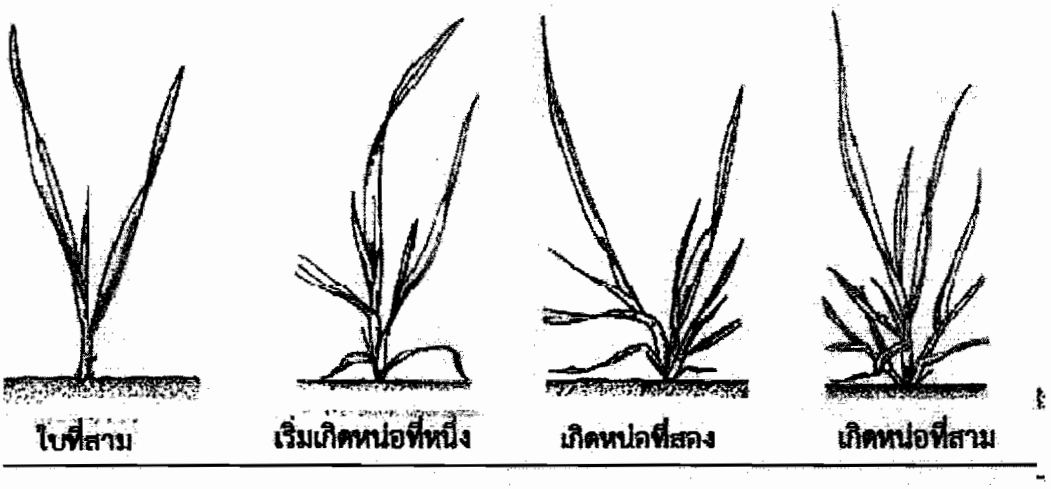
เมล็ดพันธุ์หญ้าเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม กล่าวคือ ได้รับความชื้น อุณหภูมิ อากาศ และในบางกรณี แสง ในระดับที่เหมาะสม จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า การงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อหุ้มรากแรกเกิดและเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิดขยายตัว เพื่อให้รากแรกเกิด (รากปฐมภูมิ) เจริญเติบโต และส่วนยอดแรกเกิด (plumule) ยืดตัวออกมา ตามลำดับ แล้วเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า หลังจากนั้น หญ้าจะสร้างใบและส่วนของข้อและปล้อง (ภาพที่ 2.3 และ 2.4) โดยปล้องที่ประกอบเป็นส่วนของลำต้นยังสั้น ไม่ยืดตัว จนกว่าจะถึงระยะเริ่มออกดอก เมื่อหญ้าเจริญเติบโตสมบูรณ์จะพัฒนาหน่อใหม่ขึ้นมาจากตาข้างลำต้นซึ่งอยู่บริเวณซอกใบของลำต้นหลัก (สายัณห์ ทัดศรี, 2548: 41-42)

ขั้นตอนที่สอง เฟสการยืดลำต้นหรือเฟสช่วงต่อ (elongation หรือ transition phase) ระยะนี้เซลล์ส่วนปล้องยืดตัวเพื่อเพิ่มความยาวขึ้น และพบเพียงปล้องด้านบนเท่านั้นที่ยืดตัว ส่วนปล้องด้านล่างไม่มีการยืดตัว (ภาพที่ 2.5) ขณะที่หน่อบางหน่อของหญ้าก็ขยายขนาดตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมและฮอร์โมนเพื่อเข้าสู่เฟสการสืบพันธุ์ต่อไป ระยะนี้ขึ้นอยู่กับการที่หญ้าได้รับช่วงแสงและอุณหภูมิที่เหมาะสม (Loch and Ferguson, 1999: 48-50; David, 2002: web-site)



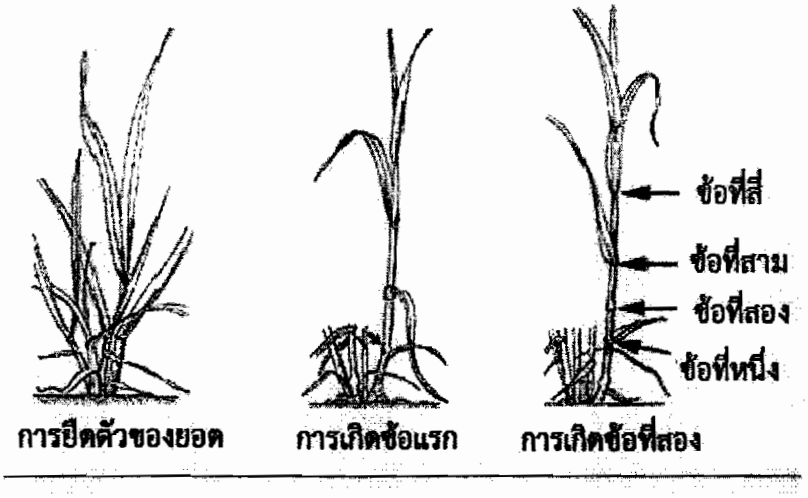
ภาพที่ 2.3 การงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์

ที่มา: David (2002: web-site)



ภาพที่ 2.4 การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการแตกหน่อของหญ้า

ที่มา: David (2002: web-site)

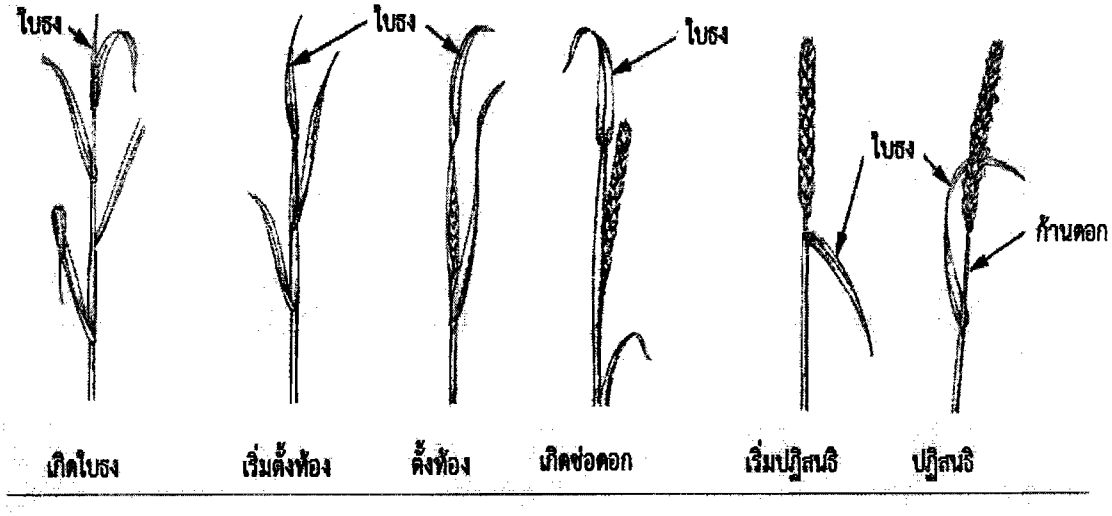


ภาพที่ 2.5 เฟสการยืดลำต้นของหญ้าอาหารสัตว์

ที่มา: David (2002: web-site)

ขั้นตอนที่สาม เฟสการพัฒนาทางการสืบพันธุ์ (reproductive phase) เริ่มตั้งแต่ระยะกำเนิดช่อดอก ระยะออกดอก จนมีการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตเมล็ด ในเฟสนี้ หญ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาหลายอย่าง เริ่มจากกระบวนการสร้างดอกและการออกดอกซึ่งเป็นการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญของช่อดอกและพัฒนาให้เป็นส่วนประกอบต่างๆ ของดอกและช่อดอกอย่างเสร็จสมบูรณ์ โดยประกอบด้วยสามกระบวนการคือ ระยะชักนำ (floral induction) ระยะเกิดตาดอก (floral initiation) และระยะการพัฒนาตาดอก (floral development) หลังจากนั้น หญ้าก็จะแทงช่อดอกและเข้าสู่ระยะดอกบานเพื่อเข้าสู่ขบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การผสมเกสร และการปฏิสนธิ แล้วนำไปสู่การติดผลและเมล็ดพันธุ์ต่อไป ช่วงที่ช่อดอกหญ้ายังคงเจริญและพัฒนาภายในกาบใบธงที่หุ้มไว้ระยะนี้ปล้องหญ้าจะยืดอย่างเห็นได้ชัด และบริเวณกาบใบธงอ้วนพองขึ้น (ภาพที่ 2.6) เมื่อเข้าสู่ ระยะดอกบานซึ่งเป็นระยะเวลาการปิดและเปิดของดอกหญ้า เมื่อดอกหญ้าบานเต็มที่พร้อมที่จะรับการผสมเกสร อับเรณูจะแตกออกเพื่อปลดปล่อยเรณู ทำให้เกิดการถ่ายเรณูไปสัมผัสกับยอดเกสรเพศเมีย แล้วงอกเข้าไปในออวุล โดยที่สเปิร์มชิ้นหนึ่งเข้าไปผสมกับไข่ กลายเป็นไซโกต (zygote) ส่วนสเปิร์มอีกชิ้นหนึ่งผสมกับโพลาร์นิวเคลียส กลายเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ซึ่งจะเป็นแหล่งสะสมอาหารของต้นอ่อนที่จะเจริญต่อไป การผสมกันระหว่างสเปิร์มกับไข่ เรียกว่า การปฏิสนธิ เกิดขึ้นภายในรังไข่ สำหรับการพัฒนาของเมล็ดหญ้าอาหารสัตว์สามารถเกิดได้ทั้งจากการปฏิสนธิของเซลล์เพศตามปกติ โดยอาจมีการถ่ายเรณูแบบข้ามดอกที่มีลมและแมลงเป็นพาหะ และ/หรือการปฏิสนธิโดยเซลล์ไข่แบ่งตัวโดยไม่ผ่านการปฏิสนธิและพัฒนาเป็นเอ็มบริโอ เรียกว่าเมล็ดแอโพมิกซิส (apomictic seed)

(Llewellyn, 1998: web-site) หลังจากนี้ เมล็ดหญ้าจะมีการพัฒนาและการเจริญเติบโตจนมีองค์ประกอบต่างๆ ครบถ้วนสมบูรณ์



ภาพที่ 2.6 การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางการสืบพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์
ที่มา: David (2002: web-site)

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์จะมีการสะสมอาหาร การใช้อาหาร และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาเหมือนกับในเมล็ดพันธุ์ทั่วไป คือ มีการแบ่งเซลล์และการเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว มีการสะสมอาหารมากขึ้น จนกระทั่งน้ำหนักแห้งถึงจุดสูงสุดและถือว่าเป็นระยะเจริญเต็มวัยทางสรีรวิทยาของเมล็ด เมื่อเมล็ดมีน้ำหนักแห้งค่อนข้างคงที่ ความชื้นเมล็ดก็จะลดลงตามลำดับจนสมดุลกับความชื้นในบรรยากาศ

การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันตามชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม เมล็ดที่เจริญเต็มวัยทางสรีรวิทยาจะมีน้ำหนักแห้งสูงสุด (บุญมี ศิริ, 2552: 23-25) นอกจากนี้ ยังเป็นเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุดอีกด้วย

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์แบ่งออกเป็นห้าระยะ คือ ระยะงอก ระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ระยะยืดของลำต้น ระยะเจริญเติบโตทางสืบพันธุ์ และระยะพัฒนาและสุกแก่ของเมล็ดพันธ (Moore et al., 1991: 1073–1077) รายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์

ระยะ	รายละเอียด
<u>การงอก</u>	
G0	เมล็ดพันธุ์แห้ง
G1	เมล็ดพันธุ์ดูดซับน้ำ
G2	การโผล่ของรากแรกเกิด (radical)
G3	การโผล่ของเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิด (plumule)
G4	การยืดของปล้องเหนือใบเลี้ยงและเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิด
G5	การโผล่ของเนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิดเหนือดิน
<u>การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ</u>	
V0	เริ่มการโผล่ของใบแรก
V1	การโผล่ของใบแรก
V2	การโผล่ของใบที่สอง
Vn	การโผล่ของใบลำดับต่อไป
<u>การยืดของลำต้น</u>	
E0	ลำต้นเริ่มขยายขนาด
E1	ลำต้นขยายขนาด และเกิดข้อแรกอย่างชัดเจน
E2	ลำต้นขยายขนาด และเกิดข้อที่สองอย่างชัดเจน
En	ลำต้นขยายขนาด และเกิดข้อลำดับต่อไป
<u>การเจริญเติบโตทางสืบพันธุ์</u>	
R0	ระยะตั้งท้อง
R1	ระยะช่อดอกกำลังโผล่/ เกิดช่อดอกย่อยลำดับแรก
R2	ระยะช่อดอกเกิดอย่างสมบูรณ์/ ไม่พบการเกิดของก้านดอก
R3	ระยะช่อดอกโผล่เต็มที่/ ก้านดอกยืดออกอย่างสมบูรณ์
R4	ระยะดอกบานอย่างเต็มที่ พบเกสรเพศผู้
R5	ระยะหลังดอกบาน เกิดการปฏิสนธิ
<u>การพัฒนาและสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์</u>	
S0	ระยะเกิดผลธัญพืชอย่างชัดเจน
S1	ระยะน้ำนม
S2	ระยะผลสะสมแป้งอ่อน
S3	ระยะผลสะสมแป้งแข็ง
S4	ระยะเมล็ดเจริญเต็มวัยทางสรีรวิทยา
S5	ระยะเมล็ดสุกแก่

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบล

ที่มา: ดัดแปลงจาก Moore et al. (1991: 1074)

กระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าที่กล่าวข้างต้นเป็นของหญ้าแต่ละต้น สำหรับหญ้าที่ปลูกเป็นแปลง การเจริญเติบโตในแต่ละช่วงจะเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมและการจัดการที่เหมาะสมต่อการทำแปลงหญ้าในแต่ละขั้นตอน เพื่อกระตุ้นให้หญ้ามีการเจริญเติบโตและการพัฒนาทั้งส่วนของลำต้นและใบ และเมล็ดพันธุ์อย่างสมบูรณ์ (Hare, 2005: 3-5) กล่าวคือ ขั้นตอนแรกเป็นการเจริญเติบโตและการพัฒนาที่นับตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดพันธุ์จนถึงระยะแตกหน่อ การจัดการในขั้นตอนนี้เริ่มเมื่อหญ้าเข้าสู่ระยะแตกหน่อโดยการตัดปิดแปลงและใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับความสม่ำเสมอของแปลงหญ้า กระตุ้นการแตกหน่อให้เพิ่มขึ้น และทำให้หญ้ามีการเจริญเติบโตพร้อมกัน ขณะที่ขั้นตอนที่สองเป็นระยะที่เซลล์ส่วนของปล้องยืดตัวเพื่อเพิ่มความยาวขึ้น การจัดการในช่วงนี้ควรกำจัดวัชพืชเพื่อลดการแข่งขัน การแย่งอาหาร และการที่หญ้าได้รับช่วงแสงที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นการสร้างช่อดอก สำหรับการจัดการขั้นตอนที่สามซึ่งเป็นระยะกำเนิดช่อดอก ระยะออกดอก จนกระทั่งการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต ควรมีการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติม เพื่อให้หญ้าเก็บสะสมเป็นอาหารไว้ใช้ในกระบวนการสร้างช่อดอกและเมล็ดพันธุ์ต่อไป

2.3.2 องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ ผลผลิตของพืชโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือผลผลิตทางชีวภาพ (biological yield) หรือมวลชีวะ (biomass) เป็นผลผลิตที่นับรวมทั้งใบ กิ่ง ลำต้น ราก ผล และเมล็ด และผลผลิตทางเศรษฐกิจ (economic yield) ที่เป็นส่วนหนึ่งของผลผลิตทางชีวภาพ โดยมุ่งเน้นเฉพาะผลผลิตของพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงเศรษฐกิจ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2542: 299-350)

สำหรับวงการพืชอาหารสัตว์แล้วสามารถใช้ได้ทั้งส่วนของลำต้นและใบเพื่อใช้เลี้ยงปศุสัตว์ และส่วนของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการขยายพันธุ์ ทว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มักให้ความสนใจในส่วนของลำต้นและใบมากกว่าเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากต้องการผลผลิตที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามก่อนที่จะได้ส่วนของลำต้นและใบนั้นก็จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเมล็ดพันธุ์ที่ดี

ผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์เป็นผลจากการเจริญเติบโตและพัฒนาจากส่วนของพืชที่ให้ผลผลิต เช่น ช่อดอก ช่อดอกย่อย และเมล็ด หรือเรียกว่า องค์ประกอบผลผลิต (เฉลิมพล แชมเพชร, 2535: 84) โดยที่องค์ประกอบผลผลิตสามารถใช้เป็นตัวพิจารณาประมาณว่าผลผลิตของหญ้าลดลงหรือเพิ่มมากขึ้นได้เพียงใด องค์ประกอบผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์ประกอบด้วยดังนี้

2.3.2.1 จำนวนช่อดอกต่อกอ จำนวนของช่อดอกต่อกอของหญ้าแต่ละกอจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของหน่อ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพแวดล้อม และการจัดการที่ดีในหลักการจำนวนช่อดอกมากย่อมส่งให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้น

2.3.2.2 จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก พืชวงศ์หญ้ามีรูปแบบช่อดอกที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 2.2) หากช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะและช่อเชิงลดก็นับเป็นจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก แต่หากเป็นช่อดอกแบบแยกแขนงก็นับเป็นเมล็ดต่อช่อดอก ดังนั้น จำนวนและรูปแบบของช่อกระจะจึงแตกต่างเช่นกัน ทำให้จำนวนช่อกระจะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของเมล็ดพันธุ์เช่นกัน

2.3.2.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (หรือบางครั้ง 100 เมล็ด) การวัดน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทำโดยนับจำนวน 100 เมล็ดแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จำนวนสี่ซ้ำ แล้วคำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีหน่วยวัดเป็นกรัม (ISTA, 1993: 47-48)

อย่างไรก็ตาม หญ้าอาหารสัตว์ของแต่ละสายพันธุ์อาจให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อหน่วยพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน เนื่องจากหญ้ามีองค์ประกอบของผลผลิตแตกต่างกัน คือ รูปแบบของช่อดอกและการจัดระเบียบของกลุ่มดอกย่อย ขนาดของเมล็ด และเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด

2.3.3 การวัดการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของพืชเป็นการเพิ่มขนาดหรือปริมาตร การเพิ่มขนาดหรือปริมาตรของพืชนั้นสามารถวัดการขยายได้หนึ่งถึงสองทิศทาง เช่น ความยาว ความสูง ความกว้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง และพื้นที่ ดังนั้น การวัดการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขนาด เช่น การวัดความยาว และ/หรือความสูง จึงทำได้ไม่ยาก สามารถใช้บรรทัดหรือเครื่องมือบางชนิดวัดได้ ส่วนการวัดปริมาตรของส่วนต่างๆ ของพืชอาจต้องคำนวณตามลักษณะทางเรขาคณิตของรูปทรงนั้นๆ แต่หากรูปทรงไม่เป็นทรงเรขาคณิต อาจต้องใช้วิธีแทนที่น้ำ ส่วนการวัดพื้นที่ เช่น พื้นที่ใบ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วัดจากการใช้กระดาษกราฟ แล้ววัดพื้นที่โดยใช้ตารางในกระดาษกราฟ หรือเขียนลงบนกระดาษ แล้วตัดไปชั่งน้ำหนัก หรือใช้เครื่องมืออัตโนมัติวัดโดยตรง สำหรับการวัดพื้นที่ใบของพืชประเภทธัญพืช พืชใบเลี้ยงเดี่ยว และหญ้าอาหารสัตว์ นิยมวัดตามวิธีของ Yoshida โดยคำนวณได้จากสูตร กว้าง X ยาว X ค่าคงที่ (K); ค่าคงที่นี้เท่ากับ 0.75 (Yoshida, 1981: 23-24) นอกจากนี้ ยังมีวิธีอื่นๆ อีก เช่น การนับจำนวนใบ การวัดเส้นรอบวง การวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง และการเพิ่มน้ำหนัก วิธีการใดจะดีที่สุดย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดการเจริญเติบโตของพืชนั้น

2.4 ลักษณะสำคัญของหญ้าอาหารสัตว์ที่นำมาศึกษา

2.4.1 หญ้าพาสพาลัมอุบล (Ubon paspalum; *Paspalum atratum* cv. Ubon) หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นหญ้าพื้นเมืองของประเทศบราซิล มีรหัสประจำต้นว่า BRA 009610 หญ้าสายพันธุ์นี้ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2537 โดย Dr. Michael D. Hare โดยได้รับเมล็ดพันธุ์จาก Dr. Werner Stur ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์การเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) หลังจากการประเมินพันธุ์และการวิจัยในด้านต่างๆ เกี่ยวกับหญ้าสายพันธุ์นี้ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้มีการเปลี่ยนชื่อหญ้าสายพันธุ์นี้เป็นภาษาท้องถิ่นว่า

พาสพาลัมอุบล เพื่อให้เกษตรกรจำได้ง่ายตามนโยบายของศูนย์การเกษตรฯ (ไมเคิล แฮร์ และคณะ, 2546: 1-4) ขณะที่ทางกรมปศุสัตว์ที่มีการวิจัยหญ้าสายพันธุ์เดียวกันนี้ เรียกว่าหญ้าอะตราตั้ม

หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นหญ้าอายุหลายปี มีโครโมโซมจำนวนสี่ชุด เจริญเติบโตแบบกอตั้งตรง สามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งการใช้เมล็ดพันธุ์และการแยกกอปลูก หญ้าสายพันธุ์นี้สูงประมาณ 1-2 เมตร เมื่อออกช่อดอกอาจสูงมากกว่า 2 เมตร ใบมีขนาดใหญ่ ขอบใบคม กาบใบมีขนค่อนข้างมาก (ไมเคิล แฮร์ และคณะ, 2546: 1-4) หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นพืชวันสั้นออกช่อดอกในช่วงปลายเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะ (raceme) แต่ละช่อมีช่อกระจะประมาณ 9-12 ช่อ โดยมีดอกย่อยระหว่าง 90-150 ดอกย่อยต่อช่อกระจะ เมล็ดพันธุ์หนึ่งกิโลกรัมมีเมล็ดประมาณ 250,000-450,000 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลแดงและผิวเป็นมัน (Cook et al., 2005: web-site)

หญ้าพาสพาลัมอุบลสามารถปรับตัวได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีความเป็นกรดและพื้นที่ลุ่มมีน้ำขัง สามารถทนทานน้ำท่วมในช่วงสั้นๆ ได้นานหนึ่งถึงสองเดือน และในฤดูแล้งในพื้นที่ลุ่ม หญ้าพาสพาลัมอุบลยังคงเขียวสดและน่ากิน (Hare et al., 2540: 11-12) หญ้าสายพันธุ์นี้มีอัตราส่วนใบต่อต้นสูง มีความน่ากินสูงเมื่ออายุยังน้อย เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูง ต้นกล้าแข็งแรงและตั้งตัวได้เร็ว หญ้าสายพันธุ์นี้ยังทนทานต่อการแทะเล็มอย่างหนักและการตัดขิดผิวดิน ถ้ามีการจัดการที่ดีก็สามารถอยู่ได้นานหลายปี (ไมเคิล แฮร์ และคณะ, 2546: 14-19)

2.4.2 หญ้ากินนีมอมบาซ่า (Mombasa guinea; *Panicum maximum* cv. Mombasa) หญ้ากินนีมอมบาซ่าเป็นหญ้าอาหารสัตว์สกุลเดียวกันกับหญ้ากินนีและหญ้ากินนีสีม่วง หญ้าสายพันธุ์นี้มีแหล่งกำเนิดในแถบประเทศเคนยาและแทนซาเนีย โดยมีการนำเข้าจากประเทศบราซิลมาปลูกในประเทศไทยเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์จำหน่ายในปี พ.ศ. 2550 โดยบริษัท Groupo papalotla ประเทศเม็กซิโก (ฉายแสง ไผ่แก้ว และคณะ, 2552: 196-197)

หญ้ากินนีมอมบาซ่ามีการเจริญเติบโตคล้ายหญ้ากินนีสีม่วง แตกต่างกันที่หญ้าสายพันธุ์นี้เจริญเติบโตและแตกกอเร็ว ลักษณะทรงพุ่มใหญ่ ลำต้นใหญ่และสูงมากกว่า 3 เมตรคล้ายหญ้าลูกผสมเนเปียร์ (Tropical Seeds, LLC, 2014: web-site) ใบของหญ้าสายพันธุ์นี้มีขนาดใหญ่และมีจำนวนมาก ลักษณะช่อดอกเป็นแบบช่อแยกแขนง จัดเป็นหญ้าวันสั้น เมล็ดมีสีเขียวนวลและมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดหญ้ากินนีสีม่วง

หญ้ากินนีมอมบาซ่าเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ดอน ทนแล้งและทนหนาวได้ดี ต้านทานต่อแมลง (Cook et al., 2005: web-site) เหมาะสำหรับทั้งตัดให้สัตว์กินและปล่อยสัตว์แทะเล็มแต่ไม่ทนต่อการแทะเล็มหนัก หญ้าสายพันธุ์นี้จัดเป็นหญ้าคุณภาพดี ให้ผลผลิตสูง (Carnevalli et al., 2006: 165 –166) ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 4-5 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่า

หญ้ากินนีสีม่วงประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ หญ้ากินนี้มอมบาซ่ายังมีระดับโปรตีนสูงกว่า 8-10 เปอร์เซ็นต์ และตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจน (Neto et al., 2012: 1824-1825)

2.4.3 หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea; *Panicum maximum* TD 58) หญ้ากินนีสีม่วงมีชื่อสามัญแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้เรียกหญ้าแทนซาเนีย (Tanzania grass) สำหรับประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เรียกหญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea; Si Muang) (Cook et al., 2005: web-site)

หญ้ากินนีสีม่วงเป็นหญ้าพื้นเมืองของประเทศแทนซาเนียในทวีปแอฟริกา ถูกเก็บรวบรวม คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์ โดยศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ในประเทศโคลัมเบีย และได้แพร่กระจายไปยังประเทศเขตร้อนต่างๆ โดยมีประเทศบราซิลเป็นประเทศผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อจำหน่ายรายใหญ่ที่สุด (Horne and Stur, 1999: 46-47) ประเทศไทยนำหญ้าสายพันธุ์นี้เข้ามาจากประเทศไอวอรีโคสท์ ทวีปแอฟริกา ในราวปี พ.ศ. 2518 โดยใช้ชื่อพันธุ์ K 187 B ปัจจุบันใช้ชื่อพันธุ์ TD 58 มีการนำหญ้าสายพันธุ์นี้เข้ามาปลูกครั้งแรกที่จังหวัดสกลนคร เนื่องจากให้ผลผลิตสูง ติดเมล็ดดี กรมปศุสัตว์จึงให้ความสนใจและเริ่มผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าสายพันธุ์นี้เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรในภาคอีสานปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์จำหน่ายให้กับหน่วยงานของกรมฯ และยังได้ขยายการผลิตไปยังพื้นที่ต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศ เนื่องจากหญ้ากินนีสีม่วงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีนั่นเอง (กองอาหารสัตว์, 2545: 27-28)

หญ้ากินนีสีม่วงเป็นหญ้าอายุหลายปี การเจริญเติบโตเป็นแบบกอตั้งตรง การแตกกอดี ขนาดลำต้นสูงใหญ่กว่าหญ้ากินนีธรรมดา (*P. maximum* cv. Common) แต่เตี้ยกว่าสายพันธุ์เฮมิล (*P. maximum* cv. Hamil) หญ้าสายพันธุ์นี้มีหน่อใหญ่และแข็งแรง ใบใหญ่และอ่อนนุ่มกว่าหญ้ากินนีธรรมดาและกินนีเฮมิล สัตว์ชอบกิน จึงเป็นหญ้าที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มาก และอีกทั้งมีสัดส่วนของใบมากกว่าลำต้น หญ้าสายพันธุ์นี้จึงเหมาะสำหรับตัดสด หรือปล่อยให้สัตว์แทะเล็มก็ได้ (สมศักดิ์ เภาทอง และคณะ, 2544: 74-75)

หญ้ากินนีสีม่วงมีเมล็ดสีม่วงอมเขียวต่างจากหญ้ากินนีพันธุ์อื่นๆ ที่เมล็ดมีสีเขียวหรือเขียวเข้ม ขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าของหญ้ากินนีธรรมดา หญ้ากินนีสีม่วงมีช่วงเวลาการเจริญเติบโตก่อนออกดอกระหว่าง 90-110 วัน ความสูงเมื่อเริ่มออกดอกประมาณ 220 เซนติเมตร ช่อดอกเป็นแบบช่อแยกแขนง

หญ้ากินนีสีม่วงปรับตัวได้ดีในดินหลายชนิด ตั้งแต่ดินทรายไปจนถึงดินเหนียว สภาพดินที่เหมาะสมควรมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง และยังทนต่อสภาพดินกรดได้ปานกลาง (Thomas and Lapointe, 1989: 232-233) หญ้าสายพันธุ์นี้สามารถปลูกได้ในสภาพดินกรดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนต่อน้ำค้างแข็งได้เล็กน้อย อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต้องไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (Rootheaert et al., 2003: 293-303) นอกจากนี้ หญ้าสายพันธุ์นี้ยังทน

ต่อสภาพแห้งแล้งได้ค่อนข้างดี เนื่องจากหญ้ากินนีสีม่วงมีระบบรากฝอยที่ลึกและหนาแน่น จึงทนต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่ดินนั้นก็ต้องมีการระบายน้ำดีด้วย (Aganga and Tshwenyane, 2004: 1-4)

หญ้ากินนีสีม่วงยังทนต่อการถูกไฟเผาและทนต่อร่มเงาได้ดีเช่นกัน ตอบสนองต่อน้ำและธาตุอาหาร และเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 900 มิลลิลิตรต่อปี (สมศักดิ์ เภาทอง และคณะ, 2542: 122-123) คุณค่าทางอาหารของหญ้าสายพันธุ์นี้จะลดลงอย่างมากเมื่อมีอายุมากขึ้น (Aganga and Tshwenyane, 2004: 1-4) และเคยมีรายงานว่าแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้ากินนีสีม่วงในจังหวัดขอนแก่นมีการระบาดของโรคใบจุดซึ่งเกิดจากเชื้อ *Cereospora fusimaculosus* (สมศักดิ์ เภาทอง, 2547)

2.4.4 หญ้ามูลาโท 2 (Mulato II; *Brachiaria ruziziensis* x *Bracharia decumbens* x *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II) หญ้ามูลาโท 2 เป็นหญ้าลูกผสมที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง หญ้าสายพันธุ์นี้เป็นผลงานภายใต้โปรแกรมการผสมพันธุ์หญ้าในสกุล Brachiaria ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลัมเบีย หญ้าพันธุ์นี้ถูกแนะนำเป็นพันธุ์เพื่อการค้าที่ประเทศออสเตรเลีย ในปี พ.ศ. 2547 และในประเทศอื่นๆ ในเขตร้อนอีกหลายแห่ง

หญ้ามูลาโท 2 เป็นหญ้าลูกผสมระหว่างหญ้ารูซี่ หญ้าซิกแนลตั้ง พันธุ์มารันดู และหญ้าซิกแนลนอน มีโครโมโซมจำนวนสี่ชุด (2n=4x=36) เป็นหญ้าอายุหลายปี ลักษณะเป็นกอกึ่งเลื้อยกึ่งตั้ง ความสูงของต้นไม่รวมช่อดอกประมาณ 90-100 เซนติเมตร ลักษณะทั่วไปคล้ายหญ้ารูซี่ ทว่ามีใบดกกว่าและกว้างกว่าหญ้ารูซี่ ใบของหญ้าสายพันธุ์นี้มีขนสั้นจำนวนมากปกคลุม เมื่อสัมผัสรู้สึกนุ่ม ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะ แต่ละช่อมีช่อกระจะสี่ถึงหกช่อ ดอกย่อยมีการเรียงตัวเป็นสองแถว และเกสรเพศเมียมีสีขาวครีม (Loch and Miles, 2004: 146-151) หญ้าสายพันธุ์นี้ออกดอกช่วงเดือนตุลาคม และเมล็ดเริ่มแก่ช่วงปลายเดือนตุลาคม–เดือนพฤศจิกายน ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ประมาณ 40-60 กิโลกรัมต่อไร่ ในหนึ่งกิโลกรัมมีเมล็ดประมาณ 130,000-140,000 เมล็ด

หญ้ามูลาโท 2 ปรับตัวได้ดีในดินหลายชนิด ตั้งแต่ดินทรายไปจนถึงดินเหนียวที่มีการระบายน้ำดี ทนต่อสภาพดินกรดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีอะลูมิเนียมสูง หญ้าสายพันธุ์นี้ตอบสนองต่อน้ำและปุ๋ย ทว่า ไม่ทนต่อน้ำค้างแข็ง และทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากมีระบบรากฝอยที่หยั่งลงลึก (Argel et al., 2007: 6-13)

ในประเทศโคลัมเบียและบราซิล หญ้ามูลาโท 2 ต้านทานแมลงได้หลายชนิด แต่ก็อ่อนไหวต่อเชื้อราบางชนิดเช่นกัน เช่น *Rhizoctonia solani* ที่ก่อให้เกิดโรคบนใบ (Argel et al., 2007: 11-12) ขณะที่ในรัฐฟลอริดาตอนใต้ หญ้ามูลาโท 2 เจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (Vendramini et al, 2011: web-site) ส่วนเกษตรกรในประเทศรวันดานิยมปลูกหญ้ามูลาโท 2 มากกว่าหญ้าลูกผสมสกุลบราเคียเรียสายพันธุ์อื่นๆ เนื่องจาก

หญ้าสายพันธุ์นี้ปรับตัวได้ดีในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ ดินเป็นกรดสูง และที่สำคัญ หญ้ามูลาโท 2 ยังคงเขียวแม้จะไม่ได้รับปุ๋ย (Mutimura and Everson, 2012: 138-139)

2.4.5 หญ้าเคย์แมน (Cayman; *Brachiaria ruziziensis* x *Bracharia decumbens* x *Brachiaria brizantha* cv. Cayman) หญ้าเคย์แมนเป็นพันธุ์หญ้าลูกผสมบราเคียเรียที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตเช่นเดียวกับหญ้ามูลาโท 2 อันเป็นผลงานภายใต้โปรแกรมการผสมพันธุ์หญ้าในสกุลบราเคียเรีย (Brachiaria) ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลัมเบีย (Loch et al., 2011: 140-148) หญ้าสายพันธุ์นี้ถูกนำมาพัฒนาและคัดเลือกโดย Tropical Pastures Research Center (CIPAT) ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยหลักในการปรับปรุงพันธุ์หญ้าลูกผสมบราเคียเรียของบริษัท Papalotla และนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 เพื่อทดสอบประเมินพันธุ์และทำการทดลองเกี่ยวกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ (Esteban, 2013: 31-35)

หญ้าเคย์แมนเป็นหญ้าลูกผสมบราเคียเรียที่มีอายุหลายปี การเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบกอกึ่งตั้งกึ่งเลื้อย ลักษณะคล้ายหญ้ามูลาโท 2 แต่ใบมีขนาดเล็กกว่า และสีของใบเป็นสีเขียวอ่อน ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะ แต่ละช่อมีช่อกระจะสองถึงห้าช่อ ดอกย่อยมีการจัดเรียงเป็นสองแถว และเกสรเพศเมียมีสีม่วง (Loch et al., 2011: 142-146) หญ้าสายพันธุ์นี้ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 30 กิโลกรัมต่อไร่ (Esteban, 2013: 31-35) ทว่า กรมปศุสัตว์สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าเคย์แมนได้สูงกว่า โดยในการทดสอบปลูกในพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศไทย หญ้าสายพันธุ์นี้ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ได้สูงถึง 46 กิโลกรัมต่อไร่ (Phunphiphat et al., 2007: 353)

หญ้าเคย์แมนทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี และในสภาพพื้นที่ชื้นก็สามารถปรับตัวได้ดีเช่นกัน จึงสามารถปลูกได้ในดินหลายชนิดที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ปานกลาง หญ้าสายพันธุ์นี้ทนต่อสภาพดินกรด และยังต้านทานแมลงด้วย สามารถตัดเป็นหญ้าสดหรือปล่อยสัตว์แทะเล็มก็ได้ รวมทั้งสามารถทำเป็นหญ้าแห้งได้เช่นกัน (Tropical Seeds, LLC, 2014: web-site) หญ้าเคย์แมนให้ผลผลิตวัตถุแห้งและคุณค่าอาหารสูงใกล้เคียงกับหญ้ามูลาโท 2 (João et al., 2014: 198)

2.4.6 หญ้าฮิวมิดิโคล่า (Humidicola; *Brachiaria humidicola*) หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีถิ่นกำเนิดและแพร่กระจายทางตะวันออกและทางใต้ของทวีปแอฟริกา (FAO, 2014: web-site) และมีการนำมาปลูกจนแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นานราว 20-30 ปีที่ผ่านมา หญ้าสายพันธุ์นี้ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยโดยกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ในปี พ.ศ. 2528

หญ้าฮิวมิดิโคล่าเป็นหญ้าอายุหลายปี ลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบเลื้อยคลุมดิน มีไหลที่แข็งแรงและปกคลุมดิน ไหลมีลักษณะอวบน้ำ แต่แข็ง มีสีม่วงแดง ลำต้นเมื่อเข้าสู่ระยะออกช่อดอกจะยืดยาว สูงประมาณ 1 เมตร ใบมีลักษณะเรียวยาวคล้ายหอก ขอบใบหยาบเป็นหยัก ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะ ประกอบด้วยช่อกระจะประมาณสองถึงห้าช่อ

(Cook et al., 2005: web-site) กลุ่มดอกย่อยจัดเรียงตัวเป็นสองแถว มีขนเล็กน้อย ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ประมาณ 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ และจะออกดอกและติดเมล็ดน้อยลงเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น

หญ้าฮิวมิดิโคล่าปรับตัวได้ดีในเขตร้อนชื้น แต่ก็สามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้นานสามถึงสี่เดือน อย่างไรก็ตาม หากแห้งแล้งนานเกินหกเดือน ผลผลิตน้ำหนักแห้งจะลดลงได้มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (Urriola et al., 1988: 274-275) สามารถปลูกหญ้าสายพันธุ์นี้ได้ในดินหลายชนิด ไม่ว่าดินที่มีสภาพเป็นกรด มีอะลูมิเนียมสูง การระบายน้ำเลว หรือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หญ้าสายพันธุ์นี้ตอบสนองได้ดีต่อปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สามารถเจริญเติบโตในสภาพร่มเงาของพืชยืนต้น เช่น มะพร้าว และยางพารา หญ้าฮิวมิดิโคล่าเหมาะสำหรับปล่อยให้สัตว์แทะเล็ม และปลูกเป็นพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน หญ้าสายพันธุ์นี้ให้ผลผลิตน้ำหนักสดลำต้นและใบ 1-5 ตันต่อไร่ ต้านทานต่อแมลงกัดกินใบ แต่ผลผลิตอาจลดลงได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หากเกิดโรคราสนิมใบ (Cook et al., 2005: web-site)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา และการให้ผลผลิต ของหญ้าอาหารสัตว์

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าอาหารสัตว์ถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลักสองกลุ่ม คือ พันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับพืชและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

พันธุกรรมเป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดการแสดงออกของพืช ลักษณะที่แสดงออกให้เห็นภายนอกของพืชถูกควบคุมด้วยหน่วยพันธุกรรมที่เรียกว่า ยีน (gene) ยีนเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดและควบคุมพืชในด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนา ตลอดจนการให้ผลผลิต ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกหลานได้ การแสดงออกของพืชจะมากน้อยเพียงใดมักเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพแวดล้อมด้วย (สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2557: web-site)

แม้พันธุกรรมในทางทฤษฎีเป็นปัจจัยที่ควบคุมการแสดงออกของพืช ทว่าในการผลิตพืชผลปัจจัยสภาพแวดล้อมก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชเป็นอย่างมากเช่นกัน สภาพแวดล้อมอาจส่งเสริมหรือขัดขวางการแสดงออกทางด้านพันธุกรรมของพืชได้ค่อนข้างมาก พืชจะมีการเจริญเติบโตและการพัฒนาดีหรือเลว ขึ้นอยู่กับการทำงานร่วมกันระหว่างยีนกับสภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อมประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.5.1 แสง (light) แสงเป็นพลังงานที่จำเป็นสำหรับพืชทุกชนิด รวมถึงหญ้าอาหารสัตว์ สำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการนี้ส่วนใหญ่เกิดที่ใบที่มีสีเขียวของหญ้าอาหารสัตว์ เพื่อใช้พลังงานแสงเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเป็นคาร์โบไฮเดรตสำหรับใช้ในการเจริญเติบโต หญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับแสงไม่เพียงพอส่งผลให้การเจริญเติบโต การแตกหน่อ และการให้ผลผลิตลดลง Dwayne (2014: web-site) พบว่า ในพื้นที่ปลูกที่มีร่มเงามากกว่า 63 เปอร์เซ็นต์ หญ้าอาหารสัตว์ให้ผลผลิตวัตถุแห้งส่วนของลำต้นและใบลดลงมากถึง 43 เปอร์เซ็นต์

ขณะที่หญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับแสง 70–100 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตวัตถุแห้งสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับแสงเพียง 45–50 เปอร์เซ็นต์ (Eriksen, 1981: 427-433; Hare, 2005: 17-18)

ความเข้มแสง (light intensity) มีอิทธิพลต่อการออกดอกและการติดเมล็ด Fisher (1999: 81-92) พบว่า หากความเข้มแสงลดลงมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จากความเข้มแสงทั้งหมดจะทำให้ความมีชีวิตของหน่อและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ลดลง ขณะที่ช่วงเวลาของการบังแสง ส่งผลต่ออัตราการติดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะหญ้าที่ถูกบังแสงตั้งแต่เริ่มสร้างช่อดอกจนกระทั่งถึงระยะสุกแก่ (Oliveria and Humphreys, 1986: 417-427)

ในทำนองเดียวกัน ความยาวนานของช่วงแสง (day length) มีความสำคัญต่อการยืดตัวของปล้อง และการกำหนดช่วงเวลาการออกดอกของหญ้าอาหารสัตว์หลายชนิด เนื่องจากหญ้าอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ยังมีลักษณะป่า (wild type) นั่นเอง หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนแต่ละสายพันธุ์มีความไวในการตอบสนองและต้องการความยาวนานของช่วงแสงที่แตกต่างกัน หญ้าจึงแบ่งตามความต้องการความยาวนานของช่วงแสงออกได้เป็นสามประเภท (Loch and Ferguson, 1999: 116-119) ได้แก่

(1) หญ้าวันสั้น (short day plant) หญ้าวันสั้นคือ หญ้าที่สามารถออกดอกเมื่อช่วงวันที่หญ้าได้รับแสงสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ ตัวอย่าง หญ้ารูซี่ หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้าพาสพาลัมอุบล

(2) หญ้าวันยาว (long day plant) หญ้าวันยาวคือ หญ้าที่สามารถออกดอกเมื่อช่วงวันที่หญ้าได้รับแสงยาวกว่าช่วงวันวิกฤติ ตัวอย่าง หญ้าซีตาเรีย พันธุ์นานดี หญ้าบาเฮีย พันธุ์เพนสะโคลา และหญ้าเบอร์มิวด้า

(3) หญ้าปกติ(ไม่ไวแสง) (day neutral plant) หญ้าปกติคือ หญ้าที่สามารถออกดอกได้โดยไม่ขึ้นกับความสั้นหรือยาวของช่วงแสง ตัวอย่าง หญ้าโร้ด หญ้าแพงโกล่า และหญ้าบัฟเฟล

2.5.2 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมอัตราการเจริญเติบโต โดยมีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการหายใจของหญ้าอาหารสัตว์ พื้นที่เพาะปลูกทั่วไปในเอเชียและในประเทศไทยอาจไม่มีปัญหาในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์เนื่องจากหญ้าเขตร้อนที่นำเข้ามาปลูก ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส (Buxton, 1994: 155-199) แต่หากหญ้าเหล่านี้ได้รับอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป การเจริญเติบโตและคุณภาพของหญ้าอาจลดลงได้ โดยเฉพาะช่วงเวลาการออกดอกและการติดเมล็ด มีรายงานว่า อุณหภูมิสูงในช่วงระยะการออกดอกจะช่วยเร่งการออกดอก และทำให้ดอกบานเร็วขึ้น แต่ก็ทำให้ความมีชีวิตของดอกและอัตราการติดเมล็ดต่ำลงได้ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Loch, 1980: 160-162; Hacker, 1999: 93-112)

2.5.3 ดิน (soil) ดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ รวมถึงหญ้าอาหารสัตว์ ดินทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้รากพืชยึดเหนี่ยว เพื่อให้ลำต้นของพืชตั้งขึ้นรับแสง ดินเป็นแหล่งของ

อากาศสำหรับรากพืช แหล่งสะสมน้ำ ตลอดจนแหล่งแร่ธาตุอาหารที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ครบทุกธาตุ

ธาตุอาหารในดินมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ หญ้าอาหารสัตว์อาจได้รับธาตุอาหารเหล่านี้ทั้งโดยตรงจากดินหรือในรูปของปุ๋ยก็ได้ (Dwayne, 2014: web-site) ซึ่งธาตุอาหารดังกล่าวมีบทบาทความสำคัญและหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

ไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน และช่วยในการแบ่งเซลล์ เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอ จะทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบและกิ่งก้านแข็งแรง มีสีเขียวเข้ม ช่วยในการออกดอกและเพิ่มผลผลิต

ฟอสฟอรัส (P) มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง โปรตีน และสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ (DNA)และอาร์เอ็นเอ (RNA) ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพันธุกรรม สารประกอบเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุโพแทสเซียม ช่วยกระตุ้นการออกดอก และการสร้างเมล็ด

โพแทสเซียม (K) ช่วยกระตุ้นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ ส่งเสริมการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และโปรตีน จากใบไปสู่ผล ช่วยเพิ่มคุณภาพด้านความหวานของไม้ผลและพืชผัก

แคลเซียม (Ca) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ ช่วยในการแบ่งเซลล์ เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกัน ช่วยเคลื่อนย้ายโปรตีน ช่วยการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผลและเมล็ด และลดความเป็นพิษของทองแดง

แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช

ซัลเฟอร์ (S) หรือกำมะถัน เป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอ็นไซม์ (co-enzyme)

นอกจากนี้ ยังมีธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารข้างต้น ได้แก่ เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl)

โดยทั่วไป หญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความต้องการและตอบสนองต่อธาตุอาหารแตกต่างกัน หญ้ามูลาโท 1 ให้ผลผลิตวัตถุแห้งส่วนของลำต้นและใบสูงเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี (กานดา นาคมณี และคณะ, 2549: 272) ขณะที่หญ้าอาหารสัตว์

ลูกผสมบราเคียเรียให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ (Bouathong, et al., 2011: 304)

เนื่องจากดินในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรียวัตถุต่ำ สภาพดินเป็นกรด มีอะลูมิเนียมและแมงกานีสในระดับสูง ขณะที่ฟอสฟอรัสและแคลเซียมอยู่ในระดับต่ำ (Mannetje and Jones, 1992: 24) และบางพื้นที่อาจประสบกับปัญหาน้ำท่วมขัง มีการระบายน้ำเลว เพราะฉะนั้น หญ้าอาหารสัตว์ที่จะปลูกเป็นแปลงหญ้าจึงควรเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพดินกรดและมีอะลูมิเนียมสูง และปรับตัวได้ดีในสภาพน้ำท่วมขัง

2.5.4 น้ำ (water) น้ำมีบทบาทสำคัญในกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาของพืช ทั้งกระบวนการทางกายภาพและเคมี เช่น เป็นตัวทำละลายที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นตัวละลายและตัวกลางสำหรับการลำเลียงธาตุอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืช ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อรักษารูปทรงไว้ได้ นอกจากนี้ น้ำยังช่วยรักษาอุณหภูมิของพืชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อการเจริญเติบโตและอยู่รอด (สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2557: web-site)

น้ำมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์ นับตั้งแต่เมล็ดพันธุ์เริ่มงอกจนกระทั่งหญ้าอาหารสัตว์ออกดอกและให้ผลผลิต น้ำมีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อการพัฒนาของดอกทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ (Kinet et al., 1985) เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอดจะมีความไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด ซึ่งทำให้กิจกรรมของเนื้อเยื่อเจริญหยุดชะงัก และทำให้การแบ่งเซลล์ในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญของกลุ่มดอกย่อยลดลง ดังนั้น การจัดการน้ำให้เหมาะสมจึงมีความจำเป็นมาก เพราะหากหญ้าอาหารสัตว์ได้รับน้ำในระดับที่ไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ด้วย

หญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับน้ำในระดับที่พอเหมาะ อัตราการดูดน้ำของรากจะเท่ากับอัตราการคายน้ำของใบ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในเวลากลางวันที่มีแสงจัด และอัตราการหายใจที่ปกติ ทำให้มีการสะสมอาหารมากขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่ทว่า หากหญ้าอาหารสัตว์ได้รับน้ำปริมาณน้อยเกินไปหรือมากเกินไป ก็อาจส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้เช่นกัน เช่น การพัฒนาพื้นที่ใบ การเปิดปิดปากใบ ตลอดจนการเจริญเติบโต การพัฒนา การให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตทั้งส่วนของลำต้นและใบ และเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์ (สายัณห์ สดุดี, 2556: web-site) ซึ่งกระบวนการตอบสนองอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของสภาวะการได้รับน้ำ และช่วงระยะการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์

2.6 สภาพน้ำท่วมขัง

น้ำท่วมขัง หมายถึง สภาพพื้นที่ปลูกที่มีน้ำมากเกินไป หรือส่วนของดินที่ระดับชั้นของรากพืชเจริญเติบโตอยู่นั้นมีน้ำในดินมากกว่าระดับความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity) ในบางครั้ง น้ำอาจจะยังคงขังอยู่ในพื้นที่ปลูกโดยไม่สามารถระบายออกได้ ทั้งนี้ อาจเกิดจากระดับน้ำใต้ดินสูงหรือตื้นเกินไป โครงสร้างดินมีลักษณะเหนียวทำให้การระบายน้ำไม่ดีพอ (จักรี เส้นทอง, 2539: 235-254; สุทธิพันธ์ รัตนสิงห์, 2548: 4) ได้จำแนกสภาพน้ำท่วมขังเป็นสองลักษณะ คือ น้ำท่วม (flooding) และน้ำขัง (waterlogging) โดยที่สภาวะน้ำท่วม หมายถึง สภาพของระดับน้ำที่ไหลบ่ามาตามผิวดินและซึมลงสู่ใต้ดิน สามารถสังเกตได้จากระดับน้ำจะปรากฏอยู่สูงจากผิวดิน ส่วนสภาวะน้ำขัง หมายถึง ส่วนของดินที่ระบบรากพืชเจริญเติบโตอยู่นั้นอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลาแต่ไม่ปรากฏมีน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Gustavo, 2012: web-site) อย่างไรก็ตาม ทั้งสองลักษณะนี้ก็ทำให้เกิดผลเสียที่คล้ายคลึงกัน คือ รากพืชขาดออกซิเจน (รวี เสรฐภักดี, 2540ก: 12)

สำหรับภาคอีสาน สภาพพื้นที่เพาะปลูกพืชผลทั่วไป (ยกเว้นนาข้าว) อาจพบปัญหาน้ำท่วมขังในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม เนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้นที่มีฝนตกชุก (เพิ่มพูน กีรติกสิกร , 2527: 42-43) และการระบายน้ำออกจากพื้นที่ไม่ดีพอ จึงทำให้พืชผลที่เกษตรกรเพาะปลูกไว้ได้รับความเสียหายได้เช่นกัน

2.6.1 ผลของน้ำท่วมขังต่อการเปลี่ยนแปลงของดิน ดินในสภาพน้ำท่วมขังมีปริมาณออกซิเจนลดต่ำลง และจะถูกใช้หมดไปภายในเวลาอันสั้นด้วยกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดิน (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546: 121-23) เนื่องจากอัตราการแพร่ของก๊าซ โดยเฉพาะออกซิเจนผ่านชั้นผิวน้ำได้ช้ากว่าอัตราการแพร่ในสภาพที่ไม่มีน้ำขังถึงประมาณหนึ่งหมื่นเท่า (Jackson, 2003: 102; Lars, 2010: 6; Mohd, 2010: 4-5) นอกจากนี้ โครงสร้างชั้นหน้าดินเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยมีการจับตัวของเม็ดดินแน่นขึ้น (Ponnamperuma, 1972: 30-33) ทำให้ช่องว่างในดินที่อากาศถ่ายเทได้ลดลง ดินจึงอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ในสภาพน้ำท่วมขังยังพบการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทน ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินแบบไม่ใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ด้วย และก๊าซเหล่านี้เป็นพิษต่อรากพืช (Whiteman, 1980: 169-170) ธาตุอาหารบางชนิดในดินที่อยู่ในรูปสารละลายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุเหล็กและแมงกานีส เมื่อดินถูกน้ำท่วมขัง ธาตุดังกล่าวจะอยู่ในสภาพรีดิวซ์ (reduced) เมื่อละลายออกมามากก็จะเกิดพิษต่อพืช ต้นพืชมักแสดงอาการใบเหลือง และการกระจายของคลอโรฟิลล์ไม่สม่ำเสมอ (Janiesch, 1991: 50-60) สำหรับค่า pH ในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น (Claire et al., 2008: 21-22) เนื่องจากการละลายของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตในช่วงแรกที่ถูกน้ำขัง แล้วส่งผลกระทบต่ออินทรียวัตถุในดินและกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน

2.6.2 ผลของน้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ถูกน้ำท่วมขังจะแสดงอาการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลจากการตอบสนองทางชีวเคมี สรีรวิทยา และสัณฐานวิทยาภายในต้นพืชแล้วจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชในเวลาต่อมา

2.6.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาและสรีรวิทยาของพืชในสภาพน้ำท่วมขัง

1) การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในสภาวะทั้งน้ำท่วมและน้ำขังช่องว่างในดินจะเต็มไปด้วยน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินและบรรยากาศถูกจำกัด เนื่องจากก๊าซออกซิเจนมีความสามารถในการแพร่กระจายในน้ำต่ำ (Jackson and Drew, 1984: 48) ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ยังคงเหลืออยู่ในดินอาจละลายอยู่ในน้ำหรือถูกกักไว้ในช่องว่าง แล้วถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วจากการหายใจของรากพืชและจุลินทรีย์ในดิน (Kawase, 1981: 9-11) จึงทำให้รากพืชขาดออกซิเจนอย่างรวดเร็ว เมื่อปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ รากพืชจึงต้องเปลี่ยนระบบการหายใจจากแบบปกติที่ใช้ออกซิเจนไปใช้ระบบการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) หรือที่มักเรียกว่ากระบวนการหมัก (fermentation) แทน พลังงานที่ได้จากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้ต่ำกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจนถึง 18 เท่า นอกจากนี้ กระบวนการหมักยังก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อต้นพืชอีกด้วย เช่น เอธานอล (ethanol) และกรดแลคติก (lactic acid) ดังนั้น รากพืชในสภาพขาดออกซิเจนจึงมีพลังงานไม่เพียงพอสำหรับใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ จึงเกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในระยะต่อมา การอยู่รอดของหญ้าอาหารสัตว์จึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัว

2) การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ในสภาวะที่น้ำท่วมขัง ลำต้นหรือส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่ได้รับผลกระทบโดยตรง แต่ก็มีการตอบสนองต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของรากพืช โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปิดของปากใบและประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงของคลอโรพลาสต์ (Gustavo, 2012: web-site) ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ลดลงนั้นสอดคล้องกับความสามารถในการควบคุมค่าความนำของปากใบที่ลดลงและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่ลดลง (Yordanova and Popova, 2001: 517-519) เป็นผลให้หญ้าอาหารสัตว์สร้างและสะสมอาหารได้ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต

Dias-filho and Carvalho (2000: 1961-1964) พบว่า ในสภาพน้ำท่วมขัง การสังเคราะห์ด้วยแสงของหญ้า *B. brizantha* ลดลงมากถึง 89 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับหญ้าสกุล Panicum ที่พบว่า สภาพน้ำท่วมขังส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของหญ้าดังกล่าวลดลง โดยหญ้าสายพันธุ์ Milênio ลดลงถึง 36 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหญ้าสายพันธุ์ Massai, Mombaça, และ Tanzania การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง 12, 15, และ 24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ Baruch (1994b: 98-104) กลับพบว่า สภาพเช่นนี้ไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหญ้า *B. humidicola*

ขณะที่การควบคุมการเปิดปิดของปากใบ การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และกิจกรรมของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) ของหญ้า *B. mutica* และหญ้า *E. polystachya* ไม่แตกต่างกันระหว่างหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังและที่ได้รับน้ำปกติ

3) การสังเคราะห์และการผลิตฮอร์โมนพืช พืชที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขังจะมีการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตและการพัฒนาในหลายลักษณะ เช่น การเจริญเติบโตชะงักงัน มีอาการใบเหลือง ใบหลุดร่วง มีรากพิเศษเกิดบริเวณโคนต้น การสร้างเซลล์โพรงอากาศแอเรงคิมา (aerenchyma) และอัตราการเจริญเติบโตโดยรวมลดลง (Kawase, 1981: 9-11) นอกจากนี้สภาพน้ำท่วมขังยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนพืชชนิดต่างๆ อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องกับทั้งการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายฮอร์โมนภายในต้นพืช

ฮอร์โมนพืชที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในสภาพน้ำท่วมขังได้แก่ เอทิลีน (ethylene) และกรดแอบไซสิก (abscisic acid; ABA) ในขณะที่ไซโตไคนินา (cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (gibberellin) มีปริมาณลดลง (Bradford and Yang, 1981: 25-30) การที่พืชมีการเจริญเติบโตลดลงส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณสารส่งเสริมการเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินและจิบเบอเรลลินลดลง และมีกรดแอบไซสิกที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Zhang and Davies, 1987: 651-658) ส่วนสารเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นมีผลกระตุ้นอาการใบเหลือง การหลุดร่วงและการเสื่อมชราส่วนต่างๆ ของพืช อย่างไรก็ตาม พืชบางชนิด เช่น ข้าวขึ้นน้ำ เมื่อถูกน้ำท่วมขัง ปริมาณจิบเบอเรลลินจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้อปล้องมีการยืดยาวไปตามระดับน้ำ (Shunsaku et al., 2012) ขณะที่ Huang et al. (1997: 49-53) ได้ศึกษาลักษณะรากและกิจกรรมของสารเอทิลีนในข้าวสาลี พบว่าลักษณะของราก การสร้างสารเอทิลีน และการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินจะเปลี่ยนแปลงไป และยังพบด้วยว่าสภาพดินที่ขาดก๊าซออกซิเจนจะส่งเสริมให้พืชมีการสร้างสารเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น

4) การเปิดปิดของปากใบและการคายน้ำ การตอบสนองของพืชในสภาพน้ำท่วมขังอีกอย่างหนึ่งคือ ค่าการนำของปากใบ (stomatal conductance) และอัตราการคายน้ำลดลง โดยพืชชักนำให้เกิดการปิดของปากใบ (Kozlowski and Pallardy, 1984: 175-177; Ashraf, 2003: 71-74) เพื่อลดการสูญเสียน้ำในขณะที่รากเกิดความเสียหาย การปิดของปากใบในสภาพน้ำท่วมขังมิใช่การชักนำที่เกิดจากการขาดน้ำของใบ แต่อาจเป็นผลจากการส่งสัญญาณทางเคมีจากรากไปสู่ส่วนยอด (Reid and Bradford, 1984: 195) มีรายงานว่า มีการลดการสังเคราะห์สารไซโตไคนิน และมีการขนส่งกรดแอบไซสิกและเอทิลีนเพิ่มขึ้น (พันธิภา สอนเมือง, 2544: 7-8) โดยสภาพน้ำท่วมขังทำให้ปริมาณกรดแอบไซสิกในใบพืชเพิ่มสูงขึ้นสัมพันธ์กับการปิดของปากใบ (Zhang and Davies, 1987: 649-659) และปริมาณสารไซโตไคนินที่ลดลงมีผลต่อการปิดของปากใบเช่นกัน นอกจากนี้ ปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นก็มีผลต่อการปิดของปากใบอีกด้วย (Bradford and Yang, 1981: 25-30)

5) การดูดธาตุอาหาร สภาวะน้ำท่วมขังส่งผลให้การดูดธาตุอาหารต่างๆ ของพืชลดลง และยังมีความแตกต่างกันระหว่างชนิดพืชที่ทนและไม่ทนน้ำท่วมด้วย โดยพืชที่ไม่ทนน้ำท่วมมีการดูดธาตุอาหารลดลง ในขณะที่พืชที่ทนน้ำท่วมขังสามารถรักษาระดับการดูดธาตุอาหารได้ตามปกติ (Kozlowski and Pallardy, 1984: 177-185)

สภาพน้ำท่วมขังทำให้ระดับไนโตรเจนในดินลดลง เพราะเกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยไนเตรทจะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนและสูญเสียไปจากดิน โดยกระบวนการที่เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546: 235) นอกจากนี้ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่นๆ ก็ถูกรีดิวซ์ด้วยเช่นกัน แมงกานีสไดออกไซด์ถูกรีดิวซ์เป็นสารละลายแมงกานัส เฟอริกไฮดรอกไซด์ถูกรีดิวซ์เป็นเฟอรัสไอออน ขณะที่ซัลเฟตถูกรีดิวซ์เป็นซัลไฟด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (จักรี เส้นทอง, 2539: 235-254) ซึ่งธาตุที่ถูกรีดิวซ์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช

Huang et al. (1995: 813-817) ได้ศึกษาในข้าวสาลีในสภาพน้ำท่วมขัง และพบว่า ใบและลำต้นข้าวสาลีมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีลดลง แต่ในรากกลับมีปริมาณธาตุที่กล่าวข้างต้นเพิ่มขึ้นถึงสองเท่า ขณะที่ Sharma and Swarup (1989: 192-196) พบว่า รากข้าวสาลีในสภาพน้ำท่วมขังมีการเจริญเติบโตลดลง ทำให้ดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ลดลง ทว่า กลับสามารถดูดธาตุเหล็ก แมงกานีส และโซเดียม เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การแตกกอ การเพิ่มความสูง และผลผลิตลดลง และยังส่งผลให้การออกดอกออกรวงของข้าวสาลีช้ากว่าปกติด้วย เช่นเดียวกัน ข้าวบาร์เลย์และข้าวโพดในสภาพน้ำท่วมขังก็มีการดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ลดลงเช่นกัน โดยพืชทั้งสองแสดงอาการใบเหลืองและใบหลุดร่วงเร็วกว่าปกติ เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจากใบแก่ไปยังใบอ่อนนั่นเอง (Drew, 1979: 83-86) แม้แต่หญ้า *Brachiaria mutica* และ *Echinochloa polystachya* ที่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ทว่าในสภาพเช่นนี้ หญ้าทั้งสองชนิดก็มีระดับธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ในใบลดลง (Costa, 2004)

สภาพที่รากขาดออกซิเจนทำให้การดูดธาตุอาหารในพืชลดลง จึงส่งผลให้น้ำหนักแห้งของพืชลดลง การดูดธาตุอาหารที่ลดลงเนื่องมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น รากเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง การหายใจของรากและการดูดลำเลียงน้ำลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน Labanauskas et al., (1970: 388-391) ได้ศึกษาในดินที่ขาดออกซิเจน พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม เพิ่มสูงขึ้นในส่วนของราก แต่ธาตุอาหารเหล่านี้กลับลดลงในส่วนลำต้น ปริมาณการดูดธาตุอาหารที่ลดลงนี้เชื่อว่าเป็นผลจากการลดระดับเมแทบอลิซึมของราก ขณะที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารในรากเพิ่มขึ้นพร้อมกับ

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนยอดที่ลดลง เป็นผลจากกระบวนการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารได้ถูกยับยั้งจากสภาวะที่ดินมีออกซิเจนต่ำนั่นเอง

2.6.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพืชในสภาพน้ำท่วมขัง

1) อาการใบเหลือง (chlorosis) อาการใบเหลืองของพืชอาจไม่เด่นชัดในวันแรกๆ แต่จะชัดเจนมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อพืชถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลายาวนานขึ้น อาการดังกล่าวมักเกิดขึ้นที่ใบแก่หรือใบที่อยู่ส่วนโคนต้นและจะเหลืองเข้มมากขึ้น อาการใบเหลืองอาจเกิดเนื่องจากมีปริมาณสารเอทิลีนเพิ่มขึ้นในพืช เนื่องจากสารนี้กระตุ้นกระบวนการสลายคลอโรฟิลล์ จึงทำให้ใบพืชมีสีเหลืองหรือสีซีดลง (Kawase, 1974: 30-31) นอกจากนี้ อาจเป็นเพราะสภาพน้ำท่วมขังยับยั้งรากพืชไม่ให้ดูดน้ำและธาตุอาหารต่างๆ ได้ตามปกติ จึงทำให้ธาตุแมกนีเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ลดลงด้วย (Stieger and Feller, 1994a: 88-89) พืชจึงไม่สามารถสร้างคลอโรฟิลล์ทดแทนส่วนที่ถูกทำลายไปได้

2) การเกิดรากพิเศษ (adventitious root) น้ำท่วมขังทำให้รากในดินตาย จึงต้องมีการสร้างรากใหม่มาทำหน้าที่ทดแทน การเกิดรากพิเศษที่บริเวณโคนต้นในสภาพน้ำท่วมขังเป็นลักษณะที่พบได้ในพืชทั้งพันธุ์ที่ทนและไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง แต่ส่วนมากมักเกิดในพันธุ์พืชที่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (Kozlowski and Pallardy, 1984: 177-185) ลักษณะเช่นนี้เป็นการปรับตัวของพืชให้ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังอีกแบบหนึ่ง โดยพืชแต่ละชนิดจะมีการสร้างรากเกิดใหม่หลายลักษณะ (Donald, 1984: 265-288) ดังนี้ (1) การเกิดรากพิเศษบนลำต้นใกล้ระดับผิวน้ำที่ท่วมขัง (2) การเกิดรากใหม่ในดินที่น้ำท่วมขัง และ (3) การเกิดรากใหม่ที่อวบน้ำ

ในการสร้างรากพิเศษบริเวณโคนต้นเพื่อให้ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง พืชล้มลุกส่วนใหญ่ตอบสนองโดยการสร้างรากพิเศษนี้ที่บริเวณโคนต้นส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำ รากที่เกิดใหม่นี้มักมีโพรงอากาศแอเรงคิมาเพื่อช่วยลำเลียงออกซิเจนจากอากาศไปยังรากที่มีน้ำท่วมขัง (Jackson and Drew, 1984: 47-128; Tsukahara and Kozlowski, 1985: 123-132) จึงทำให้พืชยังสามารถหายใจแบบใช้ออกซิเจนได้ รากส่วนนี้ทำหน้าที่ชดเชยรากส่วนที่เสียหายไปในการดูดน้ำและธาตุอาหารและการสร้างฮอร์โมน แม้จะไม่สามารถทดแทนได้เต็มที่ก็ตาม

การสร้างรากพิเศษบริเวณโคนต้นเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสารควบคุมการเจริญเติบโตสองชนิด คือ ออกซิน และเอทิลีน (McNamara and Mitchell, 1991: 549-556) ออกซินเป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ถูกสร้างที่ใบและปลายยอดแล้วลำเลียงลงมาสู่รากที่อยู่ด้านล่าง แต่เมื่อพืชอยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง รากพืชขาดออกซิเจน ออกซินจึงไม่สามารถเคลื่อนย้ายลงมายังรากได้ตามปกติ จึงทำให้เกิดการสะสมออกซินที่ลำต้นบริเวณระดับน้ำ แล้วกระตุ้นการเกิดรากใหม่บริเวณโคนต้น ส่วนเอทิลีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นในสภาพน้ำท่วม (Kawase, 1976: 236-241) โดยรากที่ถูกน้ำท่วมจะสร้างสาร 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) เพิ่มขึ้น ACC นี้ที่เป็น

สารตั้งต้นของเอทิลีนจะถูกลำเลียงขึ้นสู่ส่วนเหนือดิน และเปลี่ยนเป็นเอทิลีนอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับออกซิเจน (Jackson et al., 1978: 183-193) อีกทั้งเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้นสูงจะยับยั้งการเคลื่อนย้ายออกซินลงไปยังราก ซึ่งสารออกซินในระดับความเข้มข้นต่ำจะกระตุ้นให้รากที่เกิดใหม่ยืดยาวได้ (McNamara and Mitchell, 1991: 549-556)

Bradford and Yang (1981: 25-30) พบว่า การสร้างรากใหม่มีส่วนช่วยในการฟื้นตัวของพืชได้เร็วขึ้น ทั้งนี้ รากใหม่อาจมีการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินและไซโตไคนินเพิ่มขึ้น (Reid and Bradford, 1984: 195-212) เพื่อช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

2.6.3 ผลกระทบของน้ำท่วมขังต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของพืช ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโอ๊ต เป็นพืชในวงศ์หญ้าเช่นกัน สภาพน้ำท่วมขังส่งผลให้ธัญพืชทั้งสามชนิดที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมีการเจริญเติบโต การหยั่งลึกของราก การสร้างหน่อ และผลผลิตน้ำหนักแห้ง ลดลง ขณะที่ในระยะเจริญพันธุ์ การออกดอกของพืชทั้งสามชนิดก็ล่าช้ากว่าปกติด้วย (Watson et al., 1976: 114-122)

Dias-filho and Cláudio (2000: 1959-1966) พบว่า หญ้าอาหารสัตว์สกุลบราเคียเรียที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง มีน้ำหนักมวลรวมของราก การกระจายตัวของราก ความยาวของราก ลดลง ขณะที่น้ำหนักมวลรวมของลำต้นและใบ และการยืดขยายขนาดของใบ ก็ลดลงเช่นกัน ทำนองเดียวกันเมื่อศึกษาในหญ้าสกุลแพนิคัม (สายพันธุ์ Milênio, Massai, Mombaça, และ Tanzania) พบว่าน้ำหนักมวลรวมของลำต้นและใบและปริมาณการสร้างรากของหญ้าลดลง มากกว่า 50–54 เปอร์เซ็นต์

สำหรับหญ้าที่มีความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังอย่างเช่นหญ้า *Brachiaria mutica* และ *Echinochloa polystachya* เมื่อถูกน้ำท่วมขัง พื้นที่ใบ ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม สัดส่วนใบต่อลำต้น และจำนวนหน่อ ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำปกติ (Costa, 2004)

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์อาจได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน เนื่องจากสภาพน้ำท่วมขังส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์ตั้งแต่ส่วนรากจนถึงส่วนยอด กล่าวคือ การเจริญเติบโตของรากถูกยับยั้ง จึงทำให้ส่วนเหนือดินขาดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตของใบลดลง การยืดตัวของลำต้นลดลง ลำต้นแคระแกร็น และอัตราการแตกหน่อใหม่ของหญ้าลดลง การแสดงอาการดังกล่าวอาจส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ เช่น จำนวนช่อดอกต่อกอ จำนวนช่อดอกย่อยต่อช่อกระจะ ตลอดจนผลผลิตเมล็ดพันธุ์รวม ลดลงได้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะหญ้าอาหารสัตว์ตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังโดยการปิดปากใบ จึงทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และยังทำให้แหล่งสร้างอาหารสำรองเพื่อใช้ในการพัฒนาเมล็ดพันธุ์มีปริมาณไม่เพียงพออีกด้วย จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดลดลง (Humphreys and Riveros, 1986) แต่ทั้งนี้ ก็อาจขึ้นอยู่กับช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชขณะที่เกิดน้ำท่วมขัง ระยะเวลาน้ำท่วมขัง หรือแม้แต่ความรุนแรงที่พืชได้รับด้วย นอกจากนี้ องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าที่เพิ่มหรือลดลง

อาจเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์บางชนิดที่มีความสำคัญในแง่ของการตรึงไนโตรเจนในบริเวณรอบรากซึ่งพบเห็นได้ในพืชจำพวกอ้อยและหญ้าสกุลพาสพาลัม (สมศักดิ์ วังใน, 2524: 95-118)

2.7 คุณภาพและความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์

เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญในการทำแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ ในทางปฏิบัติ หญ้าอาหารสัตว์สามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งการใช้หน่อและเมล็ดพันธุ์ การขยายพันธุ์ด้วยหน่อมีข้อดีคือ อาจแยกขยายหน่อจากต้นเดิมที่มีอยู่ได้ มีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ จึงได้พันธุ์พืชที่มีคุณภาพ แต่วิธีนี้ก็มีข้อจำกัดในด้านการจัดหาและการขนส่ง การปลูกลงดิน และเสียค่าใช้จ่ายสูงในการปลูก นอกจากนี้ ในช่วงแรกหน่อหญ้ามีการเจริญเติบโตช้า มักไม่ทนต่อการแทะเล็มของสัตว์เลี้ยง และมีปัญหาในการจัดการมากกว่าเมล็ดพันธุ์ในแง่การซื้อขาย ดังนั้น การขยายพันธุ์พืชอาหารสัตว์ด้วยเมล็ดพันธุ์จึงเป็นวิธีที่ดี สะดวก และจัดการง่าย แต่การที่จะได้มาซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสูงนั้น จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีและมีการควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควบคู่กันไป

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ คือ ผลรวมทั้งหมดของเมล็ดพันธุ์ทั้งกองและของแต่ละเมล็ดที่แสดงออกมา เมล็ดพันธุ์คุณภาพดีควรเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์ กล่าวคือ เป็นพันธุ์แท้ มีความงอกสูง ปราศจากสิ่งเจือปนหรือเมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่นๆ ไม่มีโรคและ/หรือแมลงติดมากับเมล็ด ไม่มีการแตกหักเสียหาย และมีขนาดสม่ำเสมอ

2.7.1 เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี ควรมีลักษณะดังนี้ (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529: 93-155)

2.7.1.1 ความบริสุทธิ์ เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความบริสุทธิ์ทั้งทางสายพันธุ์และทางกายภาพสูง ในแง่ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ ควรเป็นเมล็ดพันธุ์หญ้าที่มีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ และมีการรับรอง (Certified seed) ส่วนความบริสุทธิ์ทางกายภาพคือ เมล็ดพันธุ์หญ้าไม่มีเมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่น สิ่งเจือปน และเมล็ดวัชพืช ปะปนอยู่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจหาอัตราส่วนขององค์ประกอบของกองเมล็ดพันธุ์จำนวนสามส่วน คือ เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure seed) เมล็ดพืชอื่น (other crop seed) และสิ่งเจือปน (inert matter) และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของแต่ละองค์ประกอบต่อน้ำหนักรวม ตามกฎการทดสอบเมล็ดพันธุ์ของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1993: 125-140) ความบริสุทธิ์เป็นคุณภาพที่สำคัญขั้นต้นของเมล็ดพันธุ์ เพราะจะช่วยขจัดปัญหาในการผลิตพืชผล และเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพตรงความต้องการของผู้บริโภค (ณัฐหทัย เอพาณิช, 2547: 18-19)

2.7.1.2 ความชื้น ความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพราะน้ำที่เป็นความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีผลอย่างมากต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น หลังเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์จึงจำเป็นต้องมีการลดความชื้นของเมล็ดลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยก่อนนำเข้าเก็บรักษาเพื่อให้เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกสูง (ณัฐหทัย เอพาณิช, 2547: 49-51) เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่ดีควรมีความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

จึงจะเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมคุณภาพง่าย (M.D. Hare, ติดต่อส่วนตัว) ความชื้นเมล็ดพันธุ์สามารถตรวจสอบได้สองวิธี คือ วิธีการอบด้วยความร้อน (hot air oven method) และการใช้เครื่องมือวัดความชื้นแบบต่างๆ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ทว่า มีความแม่นยำในการตรวจสอบน้อยกว่าวิธีอบด้วยความร้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

2.7.1.3 ความมีชีวิตและความงอก ความมีชีวิตและความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญที่สุด เพราะความมีชีวิตและความงอกของเมล็ดพันธุ์แสดงถึงการประเมินการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆ ของต้นอ่อนในเมล็ดว่าสามารถเจริญเป็นต้นหญ้าที่สมบูรณ์ได้มากน้อยเพียงใด เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่ดีควรมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกสูง ไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2547: 8) การตรวจสอบความมีชีวิตเป็นวิธีการตรวจสอบทางชีวเคมีโดยอาศัยการทำงานของเอ็นไซม์บางชนิด ซึ่งเป็นตัวชี้วัดอัตราการหายใจและการมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์และทำให้ทราบจำนวนเมล็ดตายเท่าไร ขณะที่การทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์เป็นการตรวจสอบความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์ นั่นคือ จำนวนเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ พร้อมเจริญเป็นต้นพืชใหม่ได้ เมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

2.7.2 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หมายถึง การนำเมล็ดพันธุ์ไปเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีความปลอดภัยจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูและโรคเมล็ดพันธุ์ โดยจะช่วยชะลอให้เมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพช้าที่สุด และยังคงมีคุณภาพใกล้เคียงกับช่วงก่อนนำเมล็ดพันธุ์เข้าเก็บรักษา (วสุ อมฤตสุทธิ์, 2550: 111-114) อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จะนานหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

2.7.2.1 ชนิดของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการเก็บรักษาแตกต่างกัน มักขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด ความสามารถในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากพันธุกรรมที่กำหนดความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิด รวมถึงการจัดการ โดยเฉพาะในช่วงการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวด้วย

2.7.2.2 ประวัติของเมล็ดพันธุ์ นั่นหมายถึงสภาพแปลงปลูกและวิธีการผลิต ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ปลูก สภาพแวดล้อมในระหว่างการผลิต การดูแลปฏิบัติรักษา ปัญหาที่เกิดระหว่างการผลิต ตลอดจนช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยว สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากการทราบประวัติของเมล็ดพันธุ์และสิ่งที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ ทำให้สามารถคาดคะเนอายุการเก็บรักษาและนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้น

2.7.2.3 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีก่อนเก็บรักษาย่อมเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ นั่นคือ เมล็ดไม่ควรมีสิ่งเจือปน ไม่มีรอยแตกร้าวหรือได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว หรือถูกโรคและแมลงเข้าทำลาย และที่สำคัญ เมล็ดพันธุ์

ควรมีความชื้นต่ำ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงจะส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจถูกกระตุ้นให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอาหารเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นการเพิ่มภาวะที่เป็นอันตรายกับเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งการชักนำให้เกิดโรคและแมลงเข้าทำลายได้ อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ก็มีคุณสมบัติที่สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศได้ (hyproscopic) นั่นคือ เมล็ดสามารถที่จะรับหรือถ่ายความชื้นให้กับบรรยากาศรอบๆ จนถึงภาวะสมดุล (ชนิดา แทนธานี, 2550: 6) ดังนั้น ในการเก็บรักษาจึงต้องพิจารณาทั้งความชื้นเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ร่วมกัน

2.7.2.4 สภาพแวดล้อมในโรงเก็บ สภาพแวดล้อมที่แห้งและเย็นเป็นสภาพที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ Delouche and Baskin (1973: 427-452) กล่าวไว้ว่า ประเทศเขตร้อนส่วนใหญ่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงมากถึง 30 องศาเซลเซียส ขณะที่เมล็ดพันธุ์ควรเก็บรักษาในห้องเก็บที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำประมาณ 20-22 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 12-13 เปอร์เซ็นต์ ได้นาน 8-10 เดือน ขณะที่ Harrington (1970) ได้เสนอคำแนะนำทั่วไป (rule of thumb) สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ว่า สภาพเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ดีที่สุดควรให้มีผลบวกของเปอร์เซ็นต์ของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์) มีค่ารวมกันไม่ควรเกิน 100 และจะเห็นได้ว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเขตร้อนชื้นมักมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าในเขตอบอุ่น เนื่องจากประเทศเขตร้อนชื้นมีสภาพอากาศที่ร้อนและมีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงนั่นเอง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลน้ำท่วมขังที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ประกอบด้วยงานศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต การฟื้นตัวและการปรับตัวช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และงานศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวจากหญ้าสภาพปกติและที่เก็บเกี่ยวจากหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ รวมถึงการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในระยะเวลาต่างๆ รายละเอียดดังนี้

3.1 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

3.1.1 วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

3.1.2 สถานที่ โรงเรือนปลูกพืชทดลอง สำนักงานไร่ฝึกทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.3 ระยะเวลา เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2555

3.1.4 วัสดุอุปกรณ์

3.1.4.1 เมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

3.1.4.2 วัสดุปลูก (ดิน: แกลบดำ: ปุ๋ยคอก: ปูนขาว อัตราส่วน 30: 1: 1: 1) (M.D. Hare, ติดต่อส่วนตัว)

3.1.4.3 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15

3.1.4.4 ถังพลาสติกเบอร์ 16 (ขนาดบรรจุ 7 ลิตร และมีพื้นที่ผิว 804 ตารางเซนติเมตร) จำนวน 96 ถัง

3.1.4.5 กระบะพลาสติกเพาะกล้าขนาด 104 หลุม/กระบะ

3.1.4.6 อุปกรณ์ในการดูแลรักษาและการเก็บข้อมูลทั่วไป

3.1.5 วิธีการดำเนินงาน

งานทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ [Completely Randomized Design (CRD)] จำนวนสี่ซ้ำ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ

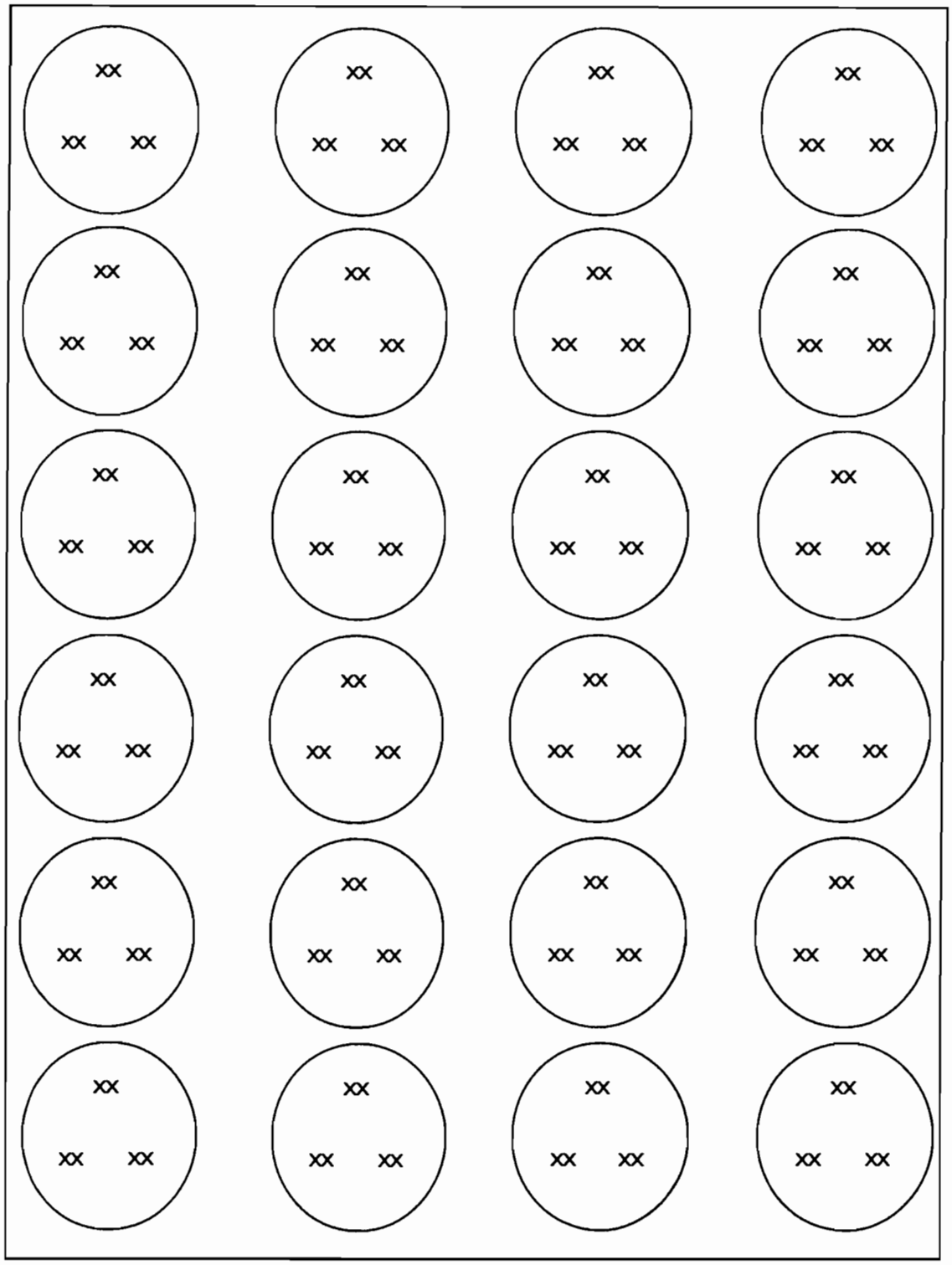
ปัจจัยที่ 1 สภาพน้ำท่วมขัง (waterlogging) สองระดับ คือ หญ้าที่ได้รับน้ำปกติ (ควบคุม; control) และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ สูงเหนือผิวดิน 10 เซนติเมตร (waterlogged)

ปัจจัยที่ 2 หญ้าอาหารสัตว์ (grass) จำนวนหกสายพันธุ์ คือ หญ้าพาสพาลัมอุบล (Ubon paspalum) หญ้ากินนีมอมบาซ่า (Mombasa guinea) หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea) หญ้ามูลาโท 2 (Mulato II) หญ้าเคย์แมน (Cayman) และหญ้าฮิวมิดิโคล่า (*Brachiaria humidicola*)

เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ถูกเพาะในกระบะเพาะกล้าที่มีวัสดุเพาะเป็นส่วนผสมของดิน: แกลบดำ: ปุ๋ยคอก (1: 2: 1) หยอดเมล็ดพันธุ์จำนวน 3-4 เมล็ดต่อหลุม โรยวัสดุเพาะกลบเมล็ดพันธุ์ แล้วให้น้ำอย่างเพียงพอทุกวัน เมื่อกล้าหญ้าโผล่ขึ้นมาประมาณ 15 วัน ถอนแยกเหลือกล้าจำนวนสองต้นต่อหลุม เมื่อกล้าหญ้ามีอายุ 30 วัน ย้ายกล้าลงปลูกในถังพลาสติกเบอร์ 16 ที่บรรจุวัสดุปลูกถังละ 8 กิโลกรัม โดยปลูกกล้าหญ้าจำนวนสามหลุมต่อถัง หลุมละสองต้น แล้วให้น้ำอย่างเพียงพอทุกวัน

ในแต่ละซ้ำมีหญ้าสายพันธุ์ละสี่ถัง และจัดวางถังเป็นแถวที่มีระยะห่างพอสมควรสามารถเดินผ่านเข้าทำงานได้ ดังแผนผังการทดลอง (ภาพที่ 3.1)

เมื่อหญ้าอายุ 50 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 32 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการหว่านรอบต้นหญ้า และเริ่มใส่น้ำให้ท่วมขังเพื่อทดลองเมื่อหญ้าอายุ 60 วัน ในตำรับทดลองน้ำท่วมขัง หญ้าถูกน้ำท่วมขังที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตรจากผิวดินอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 40 วัน ส่วนตำรับทดลองควบคุม หญ้าได้รับน้ำตามปกติอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตลอดการทดลองรวม 40 วัน เริ่มสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าในวันเริ่มต้นการทดลองก่อนใส่น้ำท่วมขัง และสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าเป็นระยะที่ 10, 20, 30, และ 40 วันหลังถูกน้ำท่วมขัง สายพันธุ์ละหนึ่งหลุม (กอ) ต่อถัง



ภาพที่ 3.1 Pail and grass arrangements for waterlogging trials of six forage grasses

หมายเหตุ: ◯ - plastic pail and xx – grasses

3.1.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.6.1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological change) ของหญ้าหลังจากถูกน้ำท่วมขังนาน 0, 10, 20, 30, และ 40 วัน

3.1.6.2 ความสูงต้น (plant height; เซนติเมตร) วัดความสูงของหญ้าจากผิวดินจนถึงส่วนสูงสุดที่รวบได้ของหญ้า ยกเว้นหญ้าฮิวมิดิโคล่าวัดในลักษณะความยาวต้น

3.1.6.3 จำนวนหน่อต่อกอ (number of tillers/hill) นับจำนวนหน่อหญ้าที่โผล่ออกมาและมีใบแผ่เต็มที่ [เห็นคอใบ (collar) อย่างชัดเจน] อย่างน้อยสองใบ

3.1.6.4 พื้นที่ใบ (leaf area; ตารางเซนติเมตรต่อกอ) วัดความกว้างที่จุดกึ่งกลางของความยาวแผ่นใบ และความยาวของแผ่นใบ ของใบหญ้าทุกใบในหญ้าทุกต้นที่สุ่มเก็บมา จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ใบ โดยใช้สูตรข้างล่าง

$$\text{พื้นที่ใบ} = C \times \text{ความกว้าง} \times \text{ความยาว}$$

(C คือ ค่าตัวประกอบการปรับแก้ (correction factor) = 0.75; Yoshida, 1981: 23-24)

3.1.6.5 น้ำหนักแห้ง (dry weight; กรัมต่อกอ) เก็บตัวอย่างหญ้ามาแยกส่วนใบชราภาพ (senesced leaf; ใบที่มีลักษณะพื้นที่ใบแห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) ใบเขียวสด (green leaf; ใบเขียวที่แผ่เต็มที่ ตัดแยกกับลำต้นบริเวณคอใบ) และลำต้น (stem) ตัวอย่างส่วนต่างๆ ข้างต้นของหญ้าถูกอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วจึงชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน สำหรับน้ำหนักแห้งรวมคำนวณจากการนำค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ รวมกัน

3.1.6.6 ความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง (waterlogging tolerance) ของหญ้าทั้งหกสายพันธุ์ จัดเรียงคะแนนตามค่าสังเกตที่ศึกษา แต่ละค่าสังเกตมีคะแนน 1-6 จัดลำดับโดยแบ่งตามการเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นหรือลดลง) ที่หญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 40 วันเมื่อเทียบกับตำรับทดลองควบคุม (6 คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เรียงลำดับเรื่อยมาจนกระทั่ง 1 ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด) นำคะแนนทั้งหมดมาหาผลรวมเพื่อเปรียบเทียบลักษณะดีเด่นและความทนทานต่อน้ำท่วมขังของหญ้า (ไพศาล ตันไชย, 2548: 21-32)

3.1.6.7 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (climatic conditions) ณ สถานีตรวจอากาศเกษตร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้แก่ น้ำฝน (rainfall; ปริมาณและการกระจายตัว), อุณหภูมิ (temperature) และช่วงแสง (day length)

3.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

3.2.1 วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่มีต่อการฟื้นตัวในแง่การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

3.2.2 สถานที่ โรงเรือนปลูกพืชทดลอง สำนักงานไร่ฝึกทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

3.2.3 ระยะเวลา เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556

3.2.4 วัสดุอุปกรณ์ เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 3.1 ข้อ 3.1.4

3.2.5 วิธีการดำเนินงาน

งานทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ [Completely Randomized Design (CRD)] จำนวนสี่ซ้ำ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 สภาพน้ำท่วมขัง (waterlogging) สองระดับ คือ หญ้าที่ได้รับน้ำปกติ (ควบคุม; control) และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสูงเหนือผิวดิน 10 เซนติเมตร (waterlogged)

ปัจจัยที่ 2 หญ้าอาหารสัตว์ (grass) จำนวนหกสายพันธุ์ คือ หญ้าพาสพาลัมอุบล (Ubon paspalum) หญ้ากินนีมอมบาซ่า (Mombasa guinea) หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea) หญ้ามูลาโท 2 (Mulato II) หญ้าเคย์แมน (Cayman) และหญ้าฮิวมิดิโคล่า (*Brachiaria humidicola*)

การปฏิบัติและการดูแลรักษา เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 3.1

เริ่มการทดลองเมื่อหญ้าอายุ 60 วันหลังเมล็ดพันธุ์งอก ในตำรับทดลองน้ำท่วมขังซ้ำซาก หญ้าถูกน้ำท่วมขังอย่างต่อเนื่องนาน 10, 20, และ 30 วัน ที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตรจากผิวดิน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ระบายน้ำออกให้อยู่ในสภาพเดียวกับตำรับทดลองควบคุมเพื่อให้หญ้าฟื้นตัวเป็นเวลา 30 วัน หลังจากสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าครั้งที่หนึ่ง หญ้าที่เหลืออยู่จะถูกน้ำท่วมขังอย่างต่อเนื่องนาน 10, 20, และ 30 วัน และการปฏิบัติเช่นเดียวกับครั้งที่หนึ่ง

สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าที่ฟื้นตัวแล้วหลังน้ำท่วมขังนาน 10, 20, และ 30 วัน สายพันธุ์ละ หลุม (กอ) ต่อถัง บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแต่ละสายพันธุ์

3.2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.6.1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological change) ความสูงต้น (plant height) จำนวนหน่อต่อกอ (number of tillers/hill) พื้นที่ใบ (leaf area) และน้ำหนักแห้ง (dry weight) เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 3.1 ข้อ 3.1.6 โดยเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งหลังจากหญ้ามีเวลาฟื้นตัวนาน 30 วันจากการถูกน้ำท่วมขังตามตำรับทดลอง

3.2.6.2 การฟื้นตัวของหญ้าหลังน้ำท่วมขัง (recovery after waterlogging) ของหญ้าทั้งหกสายพันธุ์ โดยกำหนดค่าสังเกตให้มีคะแนน 1-6 จัดลำดับตามค่าการเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นหรือลดลง) เมื่อหญ้าฟื้นตัวเทียบกับหญ้าในตำรับทดลองควบคุม (6 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เรียงลำดับจนถึง 1 ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด) แล้วรวมคะแนนทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบลักษณะดีเด่นและความสามารถในการฟื้นตัวหลังถูกน้ำท่วมขัง (นำค่าครั้งที่ 1 และ 2 มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย) ของหญ้าทั้งหกสายพันธุ์

3.2.6.3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (climatic conditions) ณ สถานีตรวจอากาศเกษตร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้แก่ น้ำฝน (rainfall; ปริมาณและการกระจายตัว), อุณหภูมิ (temperature) และช่วงแสง (day length)

3.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.3 ผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

3.3.1 วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ที่มีต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

3.3.2 สถานที่ โรงเรือนปลูกพืชทดลอง สำนักงานไร่ฝึกทดลอง และห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

3.3.3 ระยะเวลา เดือนพฤษภาคม 2556 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557

3.3.4 วัสดุอุปกรณ์ เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 3.1 ข้อ 3.1.4

3.3.5 วิธีการดำเนินงาน

งานทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ [Completely Randomized Design (CRD)] จำนวนสี่ซ้ำ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 สภาพน้ำท่วมขัง (waterlogging) สองระดับ คือ หญ้าที่ได้รับน้ำปกติ (ควบคุม; control) และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ สูงเหนือผิวดิน 10 เซนติเมตร (waterlogged)

ปัจจัยที่ 2 หญ้าอาหารสัตว์ (grass) จำนวนหกสายพันธุ์ คือ หญ้าพาสพาลัมอุบล (Ubon paspalum) หญ้ากินนีมอมบาซ่า (Mombasa guinea) หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea) หญ้ามูลาโท 2 (Mulato II) หญ้าเคย์แมน (Cayman) และหญ้าฮิวมิดิโคล่า (*Brachiaria humidicola*)

การปฏิบัติและการดูแลรักษา เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 3.1 เพียงแต่ปลูกหญ้าถังละสองหลุม เริ่มการทดลองเมื่อหญ้าเริ่มเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ [ระยะเริ่มตั้งท้อง (boot stage; การพัฒนาช่อดอกเป็นรวงอ่อน เมื่อเห็นบริเวณกาบใบธงอ้วนพองขึ้น) Moore et al., 1991: 1073-1077; Loch and Ferguson, 1999: 81-84] ในตำรับทดลองน้ำท่วมขัง หญ้าถูกน้ำท่วมขังอย่างต่อเนื่องนาน 10, 20, และ 30 วัน ที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตรจากผิวดิน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดระบายน้ำออกให้อยู่ในสภาพเดียวกับตำรับทดลองควบคุม แล้วปล่อยให้หญ้าเจริญเติบโตจนถึงระยะเมล็ดสุกแก่ (Moore et al., 1991: 1073-1077) จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อบันทึกข้อมูลจำนวน ช่อดอกต่อหลุม (inflorescences/hill) จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก (racemes; spikelets/inflorescence) น้ำหนัก 1,000เมล็ด (1,000 seed weight) และน้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed yield) (Hare et al., 2007) โดยนำเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้มาผึ่งลมในร่มจนแห้ง

นำเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้มาทดสอบคุณภาพตามกฎการทดสอบเมล็ดพันธุ์ของ International Seed Testing Association (ISTA) ดังนี้

(1) ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (seed purity) ในลำดับแรก ทดสอบความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยการคัดแยกออกเป็นสามส่วนคือ เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ เมล็ดพืชอื่น และสิ่งเจือปน นำแต่ละส่วนมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (ISTA, 1993: 125-140)

(2) ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (seed viability) ทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเตตราโซเลียม (Tetrazolium test) โดยการย้อมสีเมล็ดด้วยสารละลาย Tetrazolium (2,3,5 triphenyl tetrazolium chloride)

วิธีตรวจสอบคือ นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมานับจำนวน 100 เมล็ด จำนวนสี่ซ้ำ ห่อด้วยกระดาษชุ่มน้ำ เก็บไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัว สะดวกในการผ่าเมล็ด นอกจากนี้ ยังเป็นการลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับส่วนที่สำคัญของเมล็ดขณะผ่าด้วย

หลังจากผ่าครึ่งตามขวางยาวของเมล็ดแล้ว นำเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในสารละลายเตตราโซเลียมที่มีความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ วางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง โดยมีการตรวจดูเป็นระยะ จากนั้นตรวจดูการติดสีและประเมินความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดที่มีชีวิตติดสีชมพูจนถึงสีแดง (กรมวิชาการเกษตร, 2556: เว็บไซต์) การทดลองในครั้งนี้ทดสอบเพียงครั้งเดียวหลังทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์

(3) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (seed germination) นำเมล็ดพันธุ์หญ้าทั้งหกสายพันธุ์เข้าเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง ทดสอบเมล็ดพันธุ์ที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ [Completely Randomized Design (CRD)] จำนวนสี่ซ้ำ และจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวจากหญ้าที่ได้รับน้ำปกติ (ควบคุม; control) และเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวจากหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ ระดับน้ำสูงเหนือผิวดิน 10 เซนติเมตร (waterlogged)

ปัจจัยที่ 2 หญ้าอาหารสัตว์ (grass) จำนวนหกสายพันธุ์ คือ หญ้าพาสพาลัมอุบล (Ubon paspalum) หญ้ากินนีมอมบาซ่า (Mombasa Guinea) หญ้ากินนีสีม่วง (Purple Guinea) หญ้ามูลาโท 2 (Mulato II) หญ้าเคย์แมน (Cayman) และหญ้าฮิวมิดิโคล่า (*Brachiaria humidicola*)

เมล็ดพันธุ์หญ้าจำนวนหกสายพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้ถูกสุ่มมาทดสอบความงอกที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 0, 2, 3, 4, 5, และ 6 เดือน

ในการทดสอบความงอก สุ่มเมล็ดพันธุ์จากแต่ละกรรมวิธีของหญ้าทั้งหกสายพันธุ์ตัวอย่างละ 200 เมล็ด แบ่งออกเป็นสี่ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ใช้วิธีการทดสอบความงอกแบบเพาะบนกระดาษ (top of paper) ที่อยู่ในจานเพาะเลี้ยง (petri dish) โดยการรองด้วยกระดาษเพาะความงอกจำนวนสองชั้นที่มีความชื้นพอเหมาะ และได้ชุบสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อขจัดการพักตัว แล้วเรียงเมล็ดพันธุ์หญ้าห่างกันพอสมควร หลังจากนั้น นำจานเพาะเลี้ยงไปไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตที่มีอุณหภูมิสลับ คือ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง (ไม่ได้รับแสง) และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ได้รับแสง) ตามลำดับ ตรวจนับต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ และเมล็ดไม่งอก ตรวจนับครั้งแรกที่อายุเจ็ดวัน และตรวจนับครั้งสุดท้ายที่อายุ 14 วัน นำผลการตรวจนับมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอก (ISTA, 1993: 141-186) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

3.3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การบันทึกข้อมูลทั้งหมด ดังนี้

3.3.6.1 จำนวนช่อดอกต่อกอ (inflorescences/hill)

3.3.6.2 จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก (racemes; spikelets/inflorescence)

3.3.6.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (1,000 seed weight)

3.3.6.4 น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed yield)

3.3.6.5 ความบริสุทธิ์เมล็ดพันธุ์ (seed purity)

3.3.6.6 ความมีชีวิตเมล็ดพันธุ์ (seed viability)

3.3.6.7 ความงอกเมล็ดพันธุ์ (seed germination)

3.3.6.8 สภาพภูมิอากาศ (climatic conditions) ณ สถานีตรวจอากาศเกษตร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้แก่ น้ำฝน (rainfall; ปริมาณและการกระจายตัว), อุณหภูมิ (temperature) และช่วงแสง (day length)

3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาผลของน้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโต และการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์จำนวนหกสายพันธุ์ คือ หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

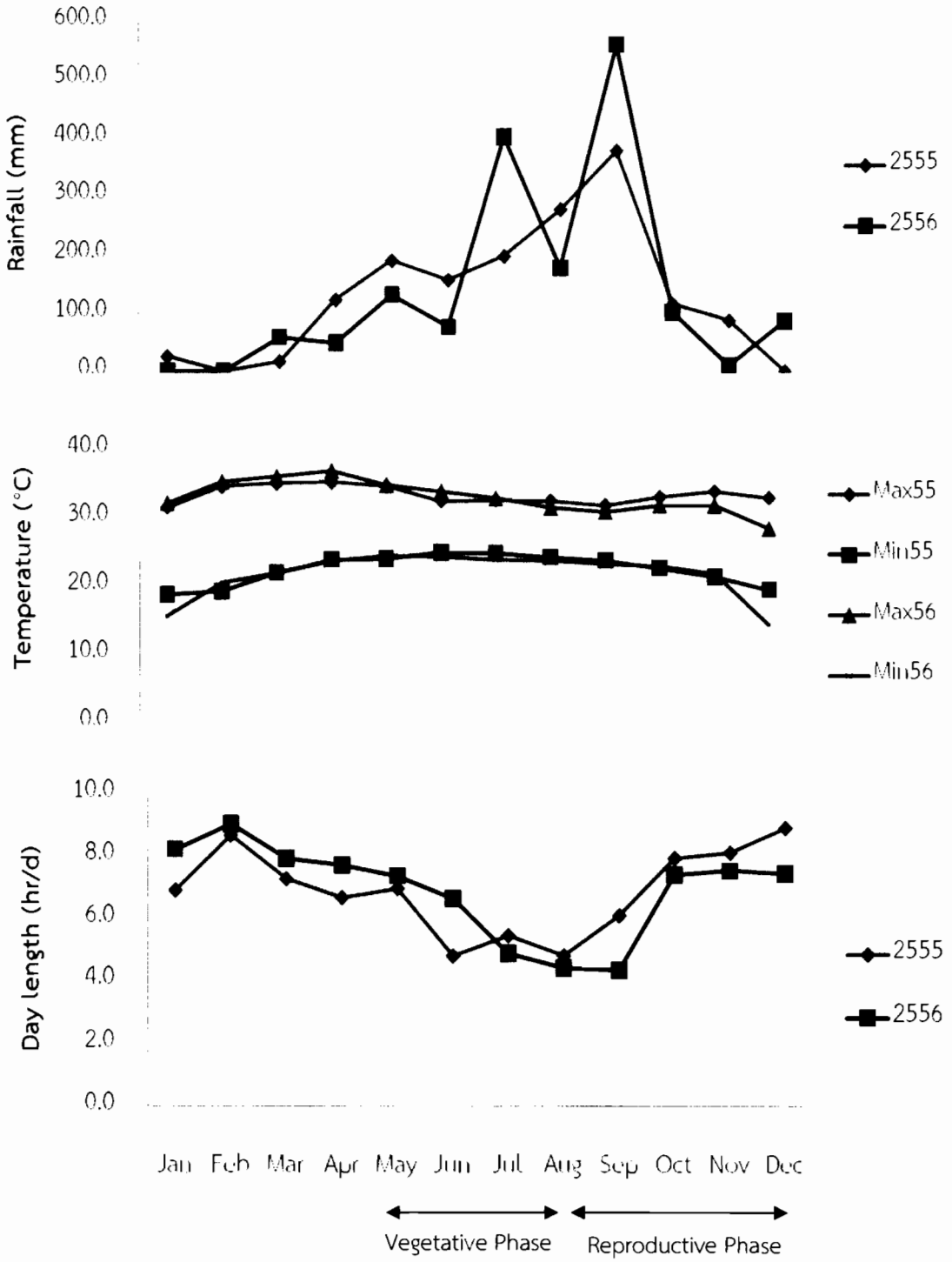
4.1 สภาพภูมิอากาศ (climatic condition)

ข้อมูลภูมิอากาศในช่วงการทดลองนี้ได้มาจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรที่อยู่ห่างจากโรงเรือนปลูกพืชทดลองเพียงประมาณ 200 เมตร (ภาคผนวก ก) ดังนี้

4.1.1 น้ำฝน (rainfall) ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ตลอดปี พ.ศ. 2555 และ 2556 เท่ากับ 1,559 และ 1,640 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีมากเกินความต้องการของพืชผลทางการเกษตรทั่วไป รวมทั้งหญ้าอาหารสัตว์ที่ปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ด้วย (Haefele et al., 2006: 39-51) โดยทั่วไป พืชผลที่เพาะปลูกต้องการน้ำฝนเพียงประมาณ 400 จนถึง 1,200 มิลลิเมตรต่อปี (FAO, 1986: web-site)

ฝนเริ่มตกและมีปริมาณชัดเจนในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรเริ่มปลูกหญ้า และปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคม–กันยายน ปริมาณน้ำฝนในช่วงนี้ประมาณ 280-370 มิลลิเมตร ต่อจากนั้น ปริมาณฝนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงกลางเดือนตุลาคม และเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาวที่ไร้ฝน (ภาพที่ 4.1) สภาพเปียกและแห้งที่แยกกันอย่างชัดเจนนี้เป็นผลดีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ เพราะเมล็ดพันธุ์ไม่เสียหายเนื่องจากความชื้นของน้ำฝน

การทดลองนี้ทำในโรงเรือนปลูกพืชทดลองที่กันฝนได้ และมีการควบคุมการให้น้ำตามวิธีทดลองที่กำหนด หญ้าทดลองจึงไม่ได้รับผลกระทบจากฝนโดยตรง อย่างไรก็ดี ข้อมูลนี้ก็แสดงให้เห็นว่า มีฝนตกมากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วมขังได้ในกรณีที่ปลูกหญ้าในแปลงปลูกพืช และช่วงนี้ก็ตรงกับช่วงปลายของระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของหญ้าอาหารสัตว์ที่ศึกษาในงานทดลองนี้ อย่างไรก็ดี ฝนที่ตกก็อาจมีผลทางอ้อมต่อหญ้าที่ปลูกได้ในระดับหนึ่ง โดยอาจช่วยลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนทดลองลงได้ในเวลาที่มีฝน เนื่องจากโดยทั่วไปอุณหภูมิภายในโรงเรือนมักสูงกว่าภายนอก (ดูข้อ 4.1.2) จึงช่วยให้หญ้าทดลองไม่ได้อยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงตลอดเวลา



ภาพที่ 4.1 Rainfall (mm), maximum and minimum temperatures (°Celsius), and day length (hr/d) at Ubon Ratchathani University in 2012 (BE 2555) and 2013 (BE 2556)

4.1.2 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2555 และ 2556 เท่ากับ 33.2/22.3 และ 32.9/21.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ช่วงอุณหภูมินี้มีความเหมาะสมต่อการปลูกหญ้า เนื่องจากหญ้าอาหารสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส (Buxton, 1994: 155-199) (ภาพที่ 4.1) ในทางปฏิบัติ อุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกพืชที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส แล้วแต่สภาพแวดล้อมภายนอกและช่วงเวลาของวัน อย่างไรก็ดี หากอุณหภูมิสูงไม่เกินกว่า 40 องศาเซลเซียส หญ้าอาหารสัตว์ยังคงเจริญเติบโตได้ตามปกติโดยไม่ส่งผลต่ออัตราการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์สารอาหารต่างๆ ของหญ้า (สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร, 2547: 60-70) อุณหภูมิที่สูงในช่วงการออกดอกและการติดเมล็ดก็จะช่วยเร่งการออกดอกและทำให้ดอกบานเร็วขึ้นได้ ทว่า กรณีที่อุณหภูมิเพิ่มสูงมากเกินไป ก็อาจทำให้ความมีชีวิตของดอกและอัตราการติดเมล็ดลดต่ำลงได้เช่นกัน (Loch, 1980: 159-168)

4.1.3 ช่วงแสง (day length) ความยาวนานของช่วงแสงในปี พ.ศ. 2555 และ 2556 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 และ 7.0 ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1) ในการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่ยังมีลักษณะป่าค่อนข้างสูง ช่วงแสงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของหญ้าในแง่ของการกระตุ้นการเปลี่ยนผ่านจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) ไปเป็นการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth) โดยช่วงแสงเป็นปัจจัยที่กระตุ้นการออกดอกและกำหนดเวลาการออกดอก ของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน (Loch and Ferguson, 1999: 116-119)

หากหญ้าได้รับช่วงแสงไม่เหมาะสมก็จะกระทบต่อการสร้างตาดอกและการออกดอกจนถึงการให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ในเวลาต่อมา โดยปกติแล้วหญ้าอาหารสัตว์ส่วนใหญ่เป็นหญ้าวันสั้นที่สามารถออกดอกเมื่อช่วงวันที่หญ้าได้รับแสงสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (ช่วงวันวิกฤติประมาณ 12 ชั่วโมง) ตามรายงานของ Heide (1994: 347-362) และโดยทั่วไป หญ้าอาหารสัตว์ใช้ระยะเวลาในการสร้างตาดอกจนกระทั่งแทงช่อดอกประมาณ 40-45 วัน (อานนท์ มลิพันธ์, 2544: 20-39) นั่นแสดงว่า ในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม หญ้าอาหารสัตว์เริ่มเข้าสู่ระยะการสร้างตาดอกและการออกดอก ดังนั้นช่วงแสงในเดือนกันยายน-ตุลาคมจึงมีค่าสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ และจากข้อมูลช่วงแสงในงานทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ช่วงแสงในพื้นที่ที่ทำการทดลองในช่วงเดือนดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแม้ว่าจะเป็นการทดลองภายในโรงเรือนปลูกพืชทดลองที่แสงอาจไม่สามารถส่องผ่านได้เต็มที่ก็ตาม

4.2 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological change)

ภาพโดยรวม น้ำท่วมขังส่งผลให้หญ้าอาหารสัตว์แสดงอาการใบเหลือง ขอบใบแห้ง ใบล่างแห้งตาย และมีการสร้างรากพิเศษ (adventitious root) บริเวณข้อเหนือระดับน้ำเมื่อเทียบกับหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับน้ำปกติ (ตารางที่ 4.1) การสร้างปุ่มรากพิเศษบริเวณข้อเหนือระดับน้ำเป็นกลไกอย่างหนึ่งในการปรับตัวของพืชเพื่อการอยู่รอดต่อสภาพน้ำท่วมขัง (Donald, 1984: 265-288)

น้ำท่วมขังยังคงส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์อย่างต่อเนื่อง เมื่อถูกน้ำท่วมขังยาวนานขึ้น หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน แสดงอาการใบเหลืองและใบชราภาพมากขึ้น และมีระดับความเสียหายสูงกว่าในหญ้าพาสพาลัมอุบล และหญ้ากินนีสีม่วง

อาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังในงานทดลองนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับของหญ้าอาหารสัตว์ในงานทดลองของ Hare et al. (2004: 227-233) ที่ได้รายงานไว้ว่า หญ้ารูซี่ และหญ้าซิกแนลนอนที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลา 10 วัน แสดงอาการใบเหลือง ใบล่างแห้งและหลุดร่วงมากขึ้น ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลมีอาการเพียงขอบใบเปลี่ยนเป็น สีเขียว-แดงและแห้ง เมื่อน้ำท่วมขังนาน 20 วัน หญ้าทั้งสองสายพันธุ์ข้างต้น คือ หญ้ารูซี่และหญ้าซิกแนลนอนมีจำนวนต้นตายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าที่เหลือมีลักษณะต้นที่แคระแกร็น ในขณะที่สภาพน้ำท่วมขังนานเช่นนี้ไม่มีผลต่อหญ้าพาสพาลัมอุบล

4.2.2 การเจริญเติบโต (growth)

4.2.2.1 ความสูงต้น (plant height)

สภาพน้ำท่วมขังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงต้นของหญ้าอาหารสัตว์ พบว่า หญ้ามีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาของการทดลองนี้ (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากสภาพน้ำท่วมขังยับยั้งการลำเลียงน้ำและสารอาหารจากรากไปสู่ส่วนต่างๆ ของหญ้าที่อยู่เหนือดิน จึงส่งผลให้หญ้าขาดธาตุอาหารที่จำเป็น โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของพืช (Dobermann and Fairhurst, 2000)

น้ำท่วมขังยังอาจส่งผลกระทบไปยังกระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินของหญ้าจนผิดปกติ โดยที่ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดและการยืดยาวของข้อปล้อง (Bradford and Yang, 1981: 25-30; Kozlowski and Pallardy, 1984: 165-193) ความสูงของต้นหญ้าที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการยืดตัวของปล้องที่เป็นผลจากการเจริญเติบโตที่มาจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อบริเวณเหนือข้อ เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณนี้เป็น

เนื้อเยื่อเจริญ (intercalary meristem) ที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์และขยายขนาดเซลล์จนกว่าข้อและปล้องเจริญเต็มที่ (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 122-123)

ตารางที่ 4.1 Morphological changes of six forage grasses at different durations of waterlogging during late vegetative phase

Grass	Duration of waterlogging				
	0 day	10 days	20 days	30 days	40 days
Ubon paspalum	Stems and leaves green; and some leaf margins turned yellowish-red and leaf tips slightly dry.	Leaf margins turned violet-red; leaf tips dry; some dead leaves; and two to three tiny adventitious roots in some plants.	Lower leaves died increasingly; and adventitious roots netting at water level.	Lower leaves and plant died increasingly; and adventitious roots continued netting at water level.	Lots of lower leaves died; new shoots formed; and adventitious roots netting extensively all over.
Mombasa guinea	Stems and leaves green; and some lower leaves turned yellow, four to eight leaves died.	Leaf margins turned yellow; leaf margins rolled and leaf tips dry; and lower leaves died increasingly.	Leaf margins turned yellow and dry toward leaf bases; and one to two protuberances of adventitious roots formed on nodes above water level.	Lower leaves turned yellow and died increasingly; and adventitious roots elongated and increased in number (three to five roots).	Lower leaves died increasingly; new leaves developed; and adventitious roots further elongated.

ตารางที่ 4.1 Morphological changes of six forage grasses at different durations of waterlogging during late vegetative phase (ต่อ)

Grass	Duration of waterlogging				
	0 day	10 days	20 days	30 days	40 days
Purple guinea	Stems, leaf bases, and leaf margins purple; leaf blades green; some lower leaves died; and one to three new shoots formed.	Leaf bases purple; leaf margins and leaf tips turned yellow and died increasingly; and protuberances of adventitious roots on nodes above water level.	Stems and leaf bases purple; lower leaves turned yellow and died increasingly; and adventitious roots elongated.	Stems and leaf bases purple; lower leaves died increasingly; and adventitious roots red and further elongated.	Upper leaves greenish-yellow, but lower leaves died increasingly; some leaves turned yellow, and leaf tips dry; and adventitious roots further elongated.
Mulato II	Stems and leaves dark green; some lower leaves turned yellow and died; and two to five new shoots formed.	Many leaves turned yellow; lower leaves died and protuberances of adventitious roots developed in some plants.	More leaves turned yellow and died; new shoots formed; and white adventitious roots formed, root tips forked out two to four tiny rootlets.	More leaves and stems died; new shoots formed and more adventitious roots formed on nodes above water level	Lots of leaves died; new shoots had yellowish leaves; and lots of adventitious roots formed.

ตารางที่ 4.1 Morphological changes of six forage grasses at different durations of waterlogging during late vegetative phase (ต่อ)

Grass	Duration of waterlogging				
	0 day	10 days	20 days	30 days	40 days
Cayman	Stems and leaves green; three bottom leaves turned yellow and died; and new shoots formed.	Lower leaves died increasingly; leaves 3 and 4 at bottom turned yellow, leaf tips rolled and dry; and two to three protuberances of adventitious roots developed.	Stem still green; more leaves died; two to three plants died; tiny adventitious roots elongated and succulent; and one new shoots formed.	Stems slender and violet-red; lots of leaves died; new shoots developed; and adventitious roots further elongated and developed more.	Stems stiff, slender, and violet-red; lots of leaves died; leaves of new shoots turned yellow and wilt; and adventitious roots further elongated.
Brachiaria humidicola	Stems and leaves slender; leaf tips pointed and green; some lower leaves died; and many new shoots developed.	Leaves 2 and 3 at bottom turned yellow, rolled margins, and dry tips; and new shoots formed at nodes.	Leaves turned yellow and died increasingly; new shoots grew up and one to two adventitious roots on each node.	Lots of leaves died; and more new shoots formed.	Leaves turned yellow and died; stems stiff and slender; stem bases turned violet; one to two new shoots developed on nodes; and more adventitious roots developed.

ตารางที่ 4.2 Effect of waterlogging at late vegetative phase on plant height of six forage grasses

Factor	Treatment	Plant height (cm)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	143.4±2.4	137.7±2.0[a2/]	139.9±2.3[a]	151.0±3.9[a]	156.4±4.9[a]
(A)	Waterlogged	136.6±2.4	131.7±2.0[b]	132.4±2.3[b]	133.1±3.9[b]	140.5±4.9[b]
	Average	**140.0**	**134.7**	**136.1**	**142.1**	**148.5**
Grass	UP[3/]	141.5±4.2[b]	135.7±3.5[c]	128.0±4.1[b]	126.1±6.7[c]	123.3±8.5[bc]
(B)	MG	163.3±4.2[a]	159.9±3.5[a]	161.3±4.1[a]	158.8±6.7[b]	175.9±8.5[a]
	PG	150.5±4.2[b]	146.4±3.5[b]	151.6±4.1[a]	188.6±6.7[a]	192.1±8.5[a]
	MU	120.5±4.2[c]	118.2±3.5[d]	119.0±4.1[c]	113.7±6.7[c]	114.7±8.5[c]
	CM	121.5±4.2[c]	118.0±3.5[d]	120.3±4.1[c]	123.3±6.7[c]	139.5±8.5[b]
	BH	142.8±4.2[d]	130.3±3.5[c]	136.7±4.1[b]	141.9±6.7[b]	145.2±8.5[b]
	Average	**140.0**	**134.7**	**136.1**	**142.1**	**148.5**
CV (%)		8.4	7.4	8.4	13.3	16.1
LSD	A	ns[4/]	5.8	2.3	3.9	14.0
(P<0.05)	B	12.0	10.1	11.6	19.2	24.3
	A x B	ns	ns	ns	ns	ns

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] ns=non significant

ในสภาพน้ำท่วมขัง หญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงมีความสูงต้นมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ แสดงว่า ในสภาพเช่นนี้ หญ้าทั้งสองสายพันธุ์ยังคงสามารถยืดขยายขนาดในบริเวณเหนือข้อได้ดีกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ และด้วยลักษณะของลำต้นและใบที่มีขนาดใหญ่

หญ้าทั้งสองสายพันธุ์นี้จึงยังสามารถสร้างและสะสมอาหารได้มากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ด้วยแม้ในช่วงที่มีความเครียดจากสภาพน้ำท่วมขัง หญ้าทั้งสองสายพันธุ์จึงยังคงมีอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตในช่วงเวลานั้น

ส่วนหญ้ามูลาโท 2 และหญ้าพาสพาลัมอุบลมีความสูงต้นลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อถูกน้ำท่วมขังยาวนานขึ้น ทั้งนี้ เป็นเพราะสภาพน้ำท่วมขังยับยั้งการลำเลียงน้ำและสารอาหารจากรากไปสู่ส่วนของหญ้าที่อยู่เหนือดิน ทำให้หญ้าขาดน้ำและอาหาร หญ้าจึงแสดงอาการเหี่ยวเฉา ใบเหลือง และปลายใบชราภาพ ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับงานทดลองของเมตตา แสงคำ (2543: 40-41) ที่พบว่า สภาพน้ำท่วมขังส่งผลให้หญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 1, 2, และ 3 เดือน มีความสูงต้นต่ำกว่าในหญ้าที่ไม่ถูกน้ำท่วมขัง และคล้ายกันกับในงานทดลองของ Akkas ali. et al. (1999: 455-460) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโพดจำนวนห้าสายพันธุ์ในสภาพน้ำท่วมขังที่พบว่า ความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น และจำนวนใบ มีค่าลดลงเท่ากับ 54.4, 28.4, และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.2.2.2 จำนวนหน่อต่อกอ (number of tillers)

หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน 20 วันขึ้นไป มีจำนวนหน่อต่อกอน้อยกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ (ควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) สาเหตุเกิดจากสภาพน้ำท่วมขังทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้ในดินลดลง และยังทำให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อต้นพืชเพิ่มขึ้น (Taiz and Zeiger (1991: 123-132); Jackson (2003: 96–109); Iqra and Naveela (2013: 34-40)) ในงานทดลองนี้จำนวนหน่อต่อกอที่ลดลงอาจเป็นเพราะปรากฏการณ์ดังกล่าว

ในสภาพน้ำท่วมขังนี้ จำนวนหน่อต่อกอของหญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า มีมากกว่าในหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง สองถึงสามเท่า (ตารางที่ 4.3) เป็นผลมาจากการแตกกอหรือการเพิ่มจำนวนหน่อต่อกอที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมของหญ้า โดยหญ้าที่มีลักษณะลำต้นและใบเล็กมักมีจำนวนหน่อมากกว่าหญ้าที่มีขนาดลำต้นและใบใหญ่ นอกจากนี้ จำนวนหน่อต่อกอก็ยังอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อม แสงแดด ความหนาแน่นของประชากร การได้รับน้ำและธาตุอาหารที่เหมาะสม ตลอดจนการจัดการเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วย (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 157-181) นั่นหมายความว่า การที่หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า มีจำนวนหน่อต่อกอมากกว่าในหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง คงเนื่องมาจากปัจจัยทางพันธุกรรมของหญ้าด้วย โดยหญ้าทั้งสามสายพันธุ์ในกลุ่มแรกที่มีลักษณะลำต้นและใบเล็กกว่าในหญ้าสามสายพันธุ์ในกลุ่มหลังจึงแตกกอได้ดีกว่าตามรายงานของสายัณห์ ทัดศรี (2547: 44-50) นอกจากนี้ ยังอาจเนื่องมาจากการที่หญ้าได้รับน้ำและธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต จึงทำให้การแตกกอของหญ้าลดลง คล้ายกับที่

Sharma and Swarup (1989: 191-197) ได้พบว่า ในสภาพน้ำท่วมขัง รากของข้าวสาลีสามารถดูดซึมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ได้น้อยลง แต่กลับดูดซึมธาตุเหล็ก แมงกานีส และโซเดียม มากขึ้น เป็นผลให้การแตกกอ การเพิ่มความสูง และผลผลิตลดลง

ตารางที่ 4.3 Effect of waterlogging at late vegetative phase on number of tillers of six forage grasses

Factor	Treatment	Number of tillers/hill				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	11.2±0.5	12.3±0.4	14.6±0.6[a2/]	16.4±0.7[a]	20.0±1.0[a]
(A)	Waterlogged	11.8±0.5	11.5±0.4	12.2±0.6[b]	12.4±0.7[b]	13.2±1.0[b]
	Average	**11.5**	**11.9**	**13.4**	**14.4**	**16.6**
Grass	UP[3/]	5.7±0.9[c]	5.6±0.6[d]	5.6±1.0[d]	5.8±1.3[c]	6.0±1.8[c]
(B)	MG	6.2±0.9[c]	5.9±0.6[d]	6.8±1.0[d]	8.0±1.3[c]	8.7±1.8[c]
	PG	6.3±0.9[c]	5.9±0.6[d]	6.9±1.0[d]	7.7±1.3[c]	8.6±1.8[c]
	MU	12.3±0.9[b]	13.5±0.6[c]	15.8±1.0[c]	17.0±1.3[b]	19.4±1.8[b]
	CM	17.8±0.9[a]	21.6±0.6[a]	24.1±1.0[a]	24.9±1.3[a]	27.9±1.8[a]
	BH	20.9±0.9[a]	18.8±0.6[b]	21.2±1.0[b]	22.8±1.3[a]	28.8±1.8[a]
	Average	**11.5**	**11.9**	**13.4**	**14.4**	**16.6**
CV (%)		22.1	15.2	20.3	24.9	30.2
LSD	A	ns[4/]	ns	1.6	2.1	2.9
(P<0.05)	B	2.6	1.8	2.8	3.6	5.1
	A x B	ns	ns	ns	ns	7.2

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านจำนวนหน่อต่อกอ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานถึง 40 วัน และสายพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลมีค่าจำนวนหน่อต่อกอต่ำที่สุด (ตารางที่ ข.2)

4.2.2.3 พื้นที่ใบ (leaf area)

พื้นที่ใบของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำตามปกติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทว่า เมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกน้ำท่วมขัง พื้นที่ใบของหญ้ากลับลดลงอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 4.4) ทั้งนี้ เนื่องจากสภาพน้ำท่วมขังยับยั้งการสร้างและการขยายขนาดของใบ รวมถึงการยืดตัวของยอดและข้อปล้อง เนื่องจากการเจริญเติบโตเหล่านี้เกี่ยวข้องกับปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินที่พืชสังเคราะห์ได้น้อยลงในสภาพน้ำท่วมขังตามที่ Kozlowski and Pallardy (1984: 165-193) ได้รายงานไว้ นอกจากนี้ Taiz and Zeiger (1991) ยังพบว่า ในสภาพน้ำท่วมขัง พืชมีการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสารเอทีลีนนี้มีผลกระตุ้นการหลุดร่วงของใบและการเสื่อมชราของเนื้อเยื่อต่างๆ

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานของ Dias-Filho and Carvaho (2000: 1959-1966, 2002: 439-447); Luana and Dias-Filho (2008: 795-801) ที่พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์สกุลบราเคียเรียลดต่ำลงมากถึง 54.7–70.2 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งอัตราการยืดขยายขนาดของใบก็มีค่าลดลงเท่ากับ 28.3–56.3 เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดลงมากกว่า 89 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากใบเป็นอวัยวะหลักที่มีหน้าที่ในการรับแสงสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 47-48) เพื่อสร้างและสะสมน้ำหนักแห้ง

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังยาวนานถึง 40 วัน หญ้าพาสพาลัมอุบลยังคงสามารถสร้างพื้นที่ใบได้ดีกว่าหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 4.2) ส่วนหญ้าฮิวมิดิโคล่าสร้างพื้นที่ใบได้น้อยที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากหญ้าสองสายพันธุ์นี้มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันนั่นเอง โดยไมเคิล แฮร์ และคณะ (2546: 2-4) ได้รายงานว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกอตั้ง ทรงพุ่มและใบมีขนาดใหญ่ ขณะที่ หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อยแผ่คลุมดิน ลำต้นและใบมีขนาดเล็ก (Cook et al., 2005: web-site) จึงเป็นผลให้การเพิ่มพื้นที่ใบระหว่างหญ้าทั้งสองสายพันธุ์นี้แตกต่างกัน การเพิ่มพื้นที่ใบนอกจากจะเป็นผลจากปัจจัยทางพันธุกรรม ปริมาณน้ำก็มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเพิ่มพื้นที่ใบเช่นกัน (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 141-145) เนื่องจาก น้ำเป็นองค์ประกอบและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาของหญ้า เมื่อถูกน้ำท่วมขัง รากหญ้าไม่สามารถลำเลียงน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโต จึงทำให้หญ้าอยู่ในสภาวะขาดน้ำ หญ้าจึงต้องสร้างกลไกเพื่อลดการสูญเสียน้ำและรักษาความสมดุลโดยการปิดปากใบ การม้วนใบ การสะท้อนแสงของใบ และการลดพื้นที่ใบ ดังกล่าว (สายัณห์ สดุดี, 2534; 1-9)

ตารางที่ 4.4 Effect of waterlogging at late vegetative phase on leaf area of six forage grasses

Factor	Treatment	Leaf area (cm^2/hill)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	3148.1±208.1	3448.0±230.9	3604.9±179.5[a2/]	3428.4±216.4[a]	4064.4±189.1[a]
(A)	Waterlogged	2691.8±208.1	3085.6±230.9	2888.9±179.5[b]	2277.8±216.4[b]	1684.7±189.1[b]
	Average	**2920.0**	**3266.8**	**3246.9**	**2853.1**	**2874.4**
Grass	UP[3/]	3247.3±360.4[a]	3971.2±399.9[ab]	3556.6±310.9[bc]	4245.5±374.7[a]	4677.0±327.5[a]
(B)	MG	3527.5±360.4[a]	4733.1±399.9[a]	4675.1±310.9[a]	3654.7±374.7[ab]	2856.4±403.4[bc]
	PG	3741.9±360.4[a]	3927.6±399.9[ab]	3845.0±310.9[ab]	2887.9±374.7[bc]	2164.6±403.4[c]
	MU	3053.3±360.4[a]	2813.0±399.9[b]	2966.5±310.9[bc]	2719.4±374.7[bc]	2651.3±403.4[bc]
	CM	2896.1±360.4[a]	2831.6±399.9[b]	2932.6±310.9[c]	2344.9±374.7[c]	3554.8±403.4[ab]
	BH	1053.7±360.4[b]	1324.4±399.9[c]	1505.6±310.9[b]	1266.3±374.7[d]	1342.7±403.4[c]
	Average	**2920.0**	**3266.8**	**3246.9**	**2853.1**	**2874.4**
CV (%)		34.9	34.6	27.1	37.1	32.2
LSD	A	ns[4/]	ns	514.8	620.5	542.3
(P<0.05)	B	1033.6	1147.1	891.7	1074.7	939.2
	A x B	ns	ns	1261.0	ns	1328.3

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านพื้นที่ใบ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน 20 และ 40 วัน และสายพันธุ์หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีพื้นที่ใบต่ำที่สุด (ตารางที่ ข.3)

4.2.3 น้ำหนักแห้ง (dry weight)

4.2.3.1 น้ำหนักแห้งของใบชราภาพ (senesced leaf dry weight)

น้ำท่วมขังทำให้น้ำหนักแห้งของใบชราภาพของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีค่ามากกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลายาวนานขึ้นในทุกๆ สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความมีอายุยืนยาวของใบ (Leaf area duration; LAD) ที่แสดงถึงความคงทนของใบ การชราภาพ (senescence) ของใบหญ้าแต่ละสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังยาวนานขึ้น (ภาพที่ ข.1) แสดงให้เห็นว่า หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์นี้มีการตอบสนองต่อสภาวะเครียดที่เกิดจากน้ำท่วมขังเหมือนกัน โดยแสดงอาการเริ่มแรกด้วยลักษณะใบเหลือง ปลายใบแห้งและม้วนงอ จนกระทั่งใบแห้งและต้นตายเพิ่มขึ้น ซึ่งสภาพเช่นนี้สอดคล้องกับผลในงานทดลองของ Hare et al. (2004: 227–233); Dias-filho and Carvalho (2000: 1959-1966)

น้ำหนักแห้งของใบชราภาพของหญ้าในสภาพน้ำท่วมขังที่เพิ่มมากขึ้น อาจมีผลมาจากเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขัง รากมีพลังงานไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถลำเลียงน้ำและสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้หญ้าขาดน้ำและธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุที่เกี่ยวข้องกับคลอโรฟิลล์ เช่น ไนโตรเจน และแมกนีเซียม ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ (Stieger and Feller, 1994a: 87-96) ทำให้หญ้าแสดงอาการเหี่ยวเฉา ใบเหลือง แล้วแห้งและร่วงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สภาพน้ำท่วมขังยังกระตุ้นให้หญ้าผลิตสารเอทิลีนมากขึ้นด้วย ซึ่งสารเอทิลีนนี้เป็นตัวกลางสำคัญในการทำให้เกิดการสลายคลอโรฟิลล์ จึงเป็นผลให้ใบหญ้ามีสีเหลืองหรือสีซีดลง (Kawase, 1974: 29-38)

เมื่อถูกน้ำท่วมขังนานถึง 40 วัน หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้าเคย์แมน มีน้ำหนักแห้งของใบชราภาพมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ แต่ตรงกันข้ามหญ้าฮิวมิดิโคล่ากลับมีน้ำหนักแห้งของใบชราภาพต่ำสุด อาจเป็นเพราะหญ้าสายพันธุ์ข้างต้นมีลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะลำต้นและใบแตกต่างกัน โดยหญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกอตั้ง ขนาดของลำต้นและใบใหญ่ ส่วนหญ้าเคย์แมนมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกอตั้งกึ่งเลื้อย ขนาดลำต้นและใบเล็กกว่าหญ้ากินนีมอมบาซ่าและกินนีสีม่วง ทว่า มีจำนวนใบมากกว่าในหญ้าทั้งสองสายพันธุ์ดังกล่าว ขณะที่หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย ขนาดลำต้นและใบเล็กกว่าหญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงสองถึงสามเท่า จึงเป็นผลให้น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของหญ้าฮิวมิดิโคล่าต่ำกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ

ตารางที่ 4.5 Effect of waterlogging at late vegetative phase on senesced leaf dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Senesced leaf dry weight (g/hill)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	0.0	2.5±0.4[b2/]	4.6±0.5[b]	9.3±0.7[b]	14.7±1.0[b]
(A)	Waterlogged	0.0	4.6±0.4[a]	6.9±0.5[a]	13.1±0.7[a]	18.0±1.0[a]
	Average	0.0	**3.6**	5.8	**11.2**	**16.4**
Grass	UP[3/]	0.0	2.9±0.7[b]	4.3±0.8[b]	11.9±1.2[a]	15.9±1.8[b]
(B)	MG	0.0	3.8±0.7[a]	5.7±0.8[b]	13.4±1.2[a]	24.5±1.8[a]
	PG	0.0	3.4±0.7[a]	4.8±0.8[b]	9.5±1.2[b]	18.1±1.8[b]
	MU	0.0	4.1±0.7[a]	6.6±0.8[b]	13.9±1.2[a]	16.2±1.8[b]
	CM	0.0	5.4±0.7[a]	9.3±0.8[a]	14.8±1.2[a]	18.5±1.8[b]
	BH	0.0	1.6±0.7[b]	3.8±0.8[c]	3.6±1.2[c]	5.1±1.8[c]
	Average	**0.0**	**3.6**	**5.8**	**11.2**	**16.4**
CV (%)		0.0	58.4	46.0	31.1	31.3
LSD	A	ns[4/]	1.2	1.5	2.0	3.0
(P<0.05)	B	ns	2.1	2.7	3.5	5.2
	A x B	ns	ns	ns	4.9	7.3

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] ns=non significant

อาการใบเหลืองและใบชราภาพของหญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้าเคย์แมน ที่เพิ่มมากขึ้นนั้น อาจเป็นลักษณะการตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดจากน้ำท่วมขัง การตายของใบที่เพิ่มมากขึ้นอาจเป็นเพราะมีการเคลื่อนย้ายอาหารสำรองในใบแกไปใช้ให้เพียงพอต่อ

ความต้องการของใบอ่อนและใบที่กำลังเจริญเติบโต ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความอ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้น น้ำหนักแห้งของใบชราภาพที่เพิ่มมากขึ้นจึงไม่ใช่ผลดีต่อการเจริญเติบโตของหญ้า

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านน้ำหนักแห้งของใบชราภาพ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน 30 และ 40 วัน และสายพันธุ์หญ้ากินนีมอมบาซ่ามีน้ำหนักแห้งของใบชราภาพสูงที่สุด (ตารางที่ ข.4)

4.2.3.2 น้ำหนักแห้งของใบเขียว (green leaf dry weight)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังนาน 20-40 วัน มีน้ำหนักแห้งของใบเขียวต่ำกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) น้ำหนักของใบเขียวที่ลดลงนั้นเป็นผลสืบเนื่องมาจากน้ำหนักแห้งของใบชราภาพของหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ที่ถูกน้ำท่วมขังสูงขึ้น (ตารางที่ 4.5) จึงทำให้น้ำหนักแห้งของใบเขียวลดลง ผลที่เกิดขึ้นนี้ยืนยันได้ด้วยค่าพื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ที่ลดลงเมื่อถูกน้ำท่วมขัง (ตารางที่ ข.1) โดยค่าดังกล่าวบ่งบอกถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พืชสามารถใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างและสะสมน้ำหนักแห้ง

เฉลิมพล แซมเพชร (2535: 79-81) กล่าวว่า ลักษณะรูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงของใบ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของใบลดลง เนื่องจากการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของพืชเป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และใบเขียวเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นเดียวกับอายุของพืช และระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขังก็ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของใบลดลงเช่นกัน ดังรายงานของเมตตา แสงคำ (2543: 35-36) ที่ศึกษาหญ้าพาสพาลัมอุบลในสภาพน้ำท่วมขังที่พบว่า น้ำท่วมขังมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อน้ำหนักแห้งใบของหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 3 เดือน และผลอาจรุนแรงยิ่งขึ้นเมื่อน้ำท่วมขังยาวนานขึ้น

น้ำท่วมขังส่งผลให้น้ำหนักแห้งของใบเขียวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยหญ้าพาสพาลัมอุบลที่ถูกน้ำท่วมขังนาน 20-40 วันมีน้ำหนักของใบเขียวสูงกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ และตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีน้ำหนักแห้งของใบเขียวต่ำกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ โดยตลอด (ตารางที่ 4.6) ความแตกต่างของน้ำหนักแห้งของใบเขียวของหญ้าทั้งสองสายพันธุ์อาจเป็นเพราะการเจริญเติบโต รูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงใบของหญ้าทั้งสองสายพันธุ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นสายพันธุ์หญ้าที่เจริญเติบโตแบบกอตั้ง ใบดก สัดส่วนใบต่อลำต้นสูง และมีใบกว้างและยาว (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 103-104) ขณะที่หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบเลื้อยคลุมดิน มีไหลและเหง้าที่แข็งแรงและปกคลุมดิน มีใบเล็กเรียวยาวคล้ายหอก และสัดส่วนของลำต้นสูงกว่าใบ (Cook et al., 2005) และเป็นที่น่าสังเกตสำหรับหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ที่สามารถสร้างน้ำหนักแห้งของใบเขียวเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลา

ที่ถูกน้ำท่วมขัง ซึ่งน่าจะเป็นดัชนีบ่งบอกความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ แต่ทั้งนี้ อาจต้องศึกษาองค์ประกอบอื่นๆ ร่วมด้วย

ตารางที่ 4.6 Effect of waterlogging at late vegetative phase on green leaf dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Green leaf dry weight (g/hill)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	12.6±0.9	14.9±0.9	16.8±0.8[a2/]	17.5±1.0[a]	21.5±1.1[a]
(A)	Waterlogged	11.4±0.9	13.3±0.9	14.1±0.8[b]	11.9±1.0[b]	9.2±1.1[b]
	Average	**12.0**	**14.1**	**15.5**	**14.7**	**15.4**
Grass	UP[3/]	15.8±1.5[a]	18.6±1.5[b]	18.3±1.3[b]	25.2±1.7[a]	28.1±1.9[a]
(B)	MG	17.7±1.5[a]	23.1±1.5[a]	24.7±1.3[a]	17.5±1.7[b]	13.9±1.9[bc]
	PG	16.7±1.5[a]	18.2±1.5[b]	18.8±1.3[b]	14.1±1.7[bc]	10.0±1.9[c]
	MU	10.1±1.5[b]	10.5±1.5[c]	12.7±1.3[c]	14.1±1.7[bc]	14.4±1.9[bc]
	CM	7.8±1.5[bc]	9.7±1.5[c]	12.3±1.3[c]	11.4±1.7[c]	16.8±1.9[bc]
	BH	3.8±1.5[c]	4.4±1.5[d]	6.2±1.3[d]	5.8±1.7[d]	9.0±1.9[c]
	Average	**12.0**	**14.1**	**15.5**	**14.7**	**15.4**
CV (%)		35.6	30.1	24.5	33.0	35.8
LSD	A	ns[4/]	ns	2.2	2.8	3.2
(P<0.05)	B	4.3	4.3	3.8	4.9	5.6
	A x B	ns	ns	5.4	ns	ns

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] ns=non significant

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 20 วัน (ตารางที่ ข.5)

4.2.3.3 น้ำหนักแห้งของลำต้น (stem dry weight)

ตารางที่ 4.7 Effect of waterlogging at late vegetative phase on stem dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Stem dry weight (g/hill)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	12.9±1.0	15.8±1.4	24.5±2.1	23.0±1.9[a2/]	31.8±1.9[a]
(A)	Waterlogged	11.5±1.0	16.2±1.4	20.1±2.1	16.4±1.9[b]	20.4±1.9[b]
	Average	**12.2**	**16.0**	**22.3**	**19.7**	**26.1**
Grass	UP[3/]	9.8±1.7[bc]	13.2±2.4[b]	11.4±3.6[c]	16.0±3.3	13.1±3.2[c]
(B)	MG	18.0±1.7[a]	21.5±2.4[a]	26.3±3.6[ab]	25.6±3.3	31.1±3.2[ab]
	PG	17.7±1.7[a]	21.2±2.4[a]	35.8±3.6[a]	20.7±3.3	29.0±3.2[bc]
	MU	10.9±1.7[b]	14.4±2.4[b]	18.5±3.6[bc]	22.4±3.3	26.1±3.2[bc]
	CM	11.3±1.7[b]	16.5±2.4[ab]	23.7±3.6[b]	22.2±3.3	39.0±3.2[a]
	BH	5.8±1.7[c]	9.3±2.4[b]	18.0±3.6[bc]	11.3±3.3	18.2±3.2[c]
	Average	**12.2**	**16.0**	**22.3**	**19.7**	**26.1**
CV (%)		39.7	42.0	45.8	47.9	34.9
LSD	A	ns[4/]	ns	ns	5.5	5.3
(P<0.05)	B	4.9	6.8	10.4	ns	9.2
	A x B	ns	ns	14.6	ns	ns

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] ns=non significant

หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังไม่นานนักเพียง 10-20 วัน มีน้ำหนักแห้งของลำต้นไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อถูกน้ำท่วมขังยาวนานขึ้นถึง 30-40 วัน น้ำหนักแห้งของลำต้นของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำปกติ โดยลดลงถึง 28.7 และ 35.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) การสะสมน้ำแห้งของลำต้นที่ลดลงเนื่องมาจากหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีจำนวนและน้ำหนักแห้งของใบชราภาพค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อระยะเวลาการถูกน้ำท่วมขังยาวนานขึ้น น้ำหนักแห้งของใบชราภาพก็มีค่าสูงตามไปด้วย นั่นแสดงว่า น้ำท่วมขังทำลายแหล่งผลิตสารอาหารหรือส่วนสีเขียวของใบหญ้า โดยส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนั่นเอง จึงมีผลต่อความสามารถในการสร้างและการสะสมอาหารในส่วนต่างๆ ของหญ้า ซึ่งในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ สารอาหารที่ผลิตขึ้นมาส่วนใหญ่จะถูกนำไปพัฒนาและเก็บสะสมไว้ในใบและลำต้น เพื่อใช้ในการสร้างผลผลิตในระยะการเจริญเติบโตต่อไป (เฉลิมพล แชมเพชร, 2535: 121-123)

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังนานถึง 40 วัน หญ้าเคย์แมนมีน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงที่สุด รองลงมาคือ หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าฮิวมิดิโคล่า และหญ้าพาสพาลัมอุบล ตามลำดับ อาจเป็นเพราะหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้เมื่อถูกน้ำท่วมขัง ส่วนของใบเขียวที่ทำหน้าที่ผลิตสารอาหารถูกทำลายด้วยความเครียดที่เกิดจากน้ำท่วมขัง สารอาหารต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจึงถูกกระจายวัตถุแห้งมาไว้ในลำต้นเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจพบได้ในสายพันธุ์หญ้าที่อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง แต่เป็นที่น่าสังเกตในส่วนของหญ้าเคย์แมนที่ยังคงสามารถสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งได้ดี ทั้งส่วนใบเขียวและลำต้น ผลเช่นนี้อาจเป็นผลดีต่อการสร้างผลผลิตในระยะต่อไป นอกจากนี้ น้ำหนักแห้งของลำต้นที่มีค่าสูงขึ้นนั้นอาจเป็นเพราะหญ้ามีอายุเพิ่มขึ้นด้วย จึงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าทางใบเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ต่อไป (สายัณห์ ทัดศรี, 2540: 14-28)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 20 วัน (ตารางที่ ข.6)

4.2.3.4 น้ำหนักแห้งรวม (total dry weight)

หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังมีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างจากในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ ยกเว้นเมื่อถูกน้ำท่วมขังนานถึง 40 วัน (ตารางที่ 4.8) แสดงว่า หญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้สามารถสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งรวมไว้ได้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตได้นานถึง 30 วัน อย่างไรก็ตาม ภาพโดยรวมเห็นได้ว่า หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำตามปกติ และที่ถูกน้ำท่วมขัง มีการเพิ่มของผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (ตั้งแต่ 10 จนถึง 40 วัน) ทว่า หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต่ำกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ สาเหตุโดยตรงอาจเนื่องมาจากสภาพน้ำท่วมขังยับยั้งการ

เจริญเติบโตของราก ขัดขวางการลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ขณะที่ส่วนที่อยู่เหนือดินอาจได้รับผลกระทบทางอ้อม ซึ่งทำให้กระบวนต่างๆ ในการผลิตและสะสมน้ำหนักแห้งของหญ้าผิดปกติ การเจริญเติบโตของหญ้าจึงชะงักงัน ระดับความเสียหายนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงที่หญ้าได้รับความเครียดและปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ปลูก

ตารางที่ 4.8 Effect of waterlogging at late vegetative phase on total dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Total dry weight (g/hill)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Waterlogging	Control	25.5±1.8	33.22±2.318	45.87±3.1	49.8±3.0	68.0±3.4[a2/]
(A)	Waterlogged	23.0±1.8	34.06±2.318	41.18±3.1	41.4±3.0	47.6±3.4[b]
	Average	**24.2**	**33.6**	**43.5**	**45.6**	**57.8**
Grass	UP[3/]	25. 7±3.1[b]	34.7±4.0[b]	34.0±5.3[b]	53.2±5.18[a]	57.1±5.9[b]
(B)	MG	35.7±3.1[a]	48.4±4.0[a]	56.6±5.3[a]	56.5±5.18[a]	69.5±5.9[a]
	PG	34.4±3.1[ab]	42.8±4.0[ab]	59.3±5.3[a]	44.3±5.18[a]	57.1±5.9[b]
	MU	21.0±3.1[b]	29.0±4.0[b]	37.8±5.3[b]	50.4±5.18[a]	56.7±5.9[b]
	CM	19.0±3.1[b]	31.6±4.0[b]	45.3±5.3[ab]	48.4±5.18[a]	74.3±5.9[a]
	BH	9.5±3.1[c]	15.3±4.0[c]	28.0±5.3[c]	20.7±5.18[b]	32.2±5.9[c]
	Average	**24.2**	**33.6**	**43.5**	**45.6**	**57.8**
CV (%)		39.7	33.6	34.6	32.2	28.8
LSD	A	ns[4/]	ns	ns	ns	9.7
(P<0.05)	B	8.9	11.5	15.3	14.9	16.9
	A x B	ns	ns	21.6	ns	ns

[1/] Days of waterlogging

[2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขังนาน 40 วัน หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์สร้างและสะสมผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้น หญ้าฮิวมิดิโคล่าที่สร้างและสะสมผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมได้ต่ำกว่าหญ้าสายพันธุ์อื่น อาจเป็นเพราะลักษณะทางพันธุกรรมของหญ้าชนิดนี้ ตามรายงานของ Cook et al. (2005: web-site) กล่าวว่า หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีรูปร่าง ลำต้นและใบเล็ก และมีการเจริญเติบโตแบบลำต้นเลื้อยแผ่คลุมไปตามดิน ซึ่งแตกต่างจากหญ้าอาหารสัตว์สายพันธุ์อื่นๆ ที่ส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นและใบใหญ่ เจริญเติบโตแบบกอตั้ง ลักษณะการเจริญเติบโต ขนาด รูปร่าง และลักษณะทรงพุ่มของใบที่แตกต่างกัน รวมทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมและการจัดการ ย่อมมีความสำคัญต่อการสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งของพืชแต่ละชนิดเช่นกัน (เฉลิมพล แชมเพชร, 2535: 79-81) การเจริญเติบโตแบบลำต้นเลื้อยอาจเป็นข้อดีที่หญ้าสามารถหลีกเลี่ยงจากสภาวะความเครียดที่เกิดจากน้ำท่วมขังได้ เนื่องจากข้อที่แผ่ไปตามดินมีการสร้างรากบริเวณข้อเหล่านั้น ซึ่งช่วยให้หญ้าสามารถเจริญเติบโตได้ต่อไป

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ส่วนของผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน 20 วัน และสายพันธุ์หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด (ตารางที่ ข.7)

4.2.4 ความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง (waterlogging tolerance)

หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตและอยู่รอดได้หลังถูกน้ำท่วมขังนานถึง 40 วัน ในการจัดเรียงลำดับความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์นี้ พบว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลมีความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังมากที่สุด รองลงมาคือ หญ้าฮิวมิดิโคล่า หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ามูลาโท 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

ข้อมูลค่าสังเกตต่างๆ ในตารางที่ 4.9 แสดงถึงความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพน้ำท่วมขัง หญ้าพาสพาลัมอุบลมีค่าคะแนนของการเจริญเติบโตในด้านความสูง พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของใบเขียวสูงกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่หญ้าฮิวมิดิโคล่า หญ้าเคย์แมน และหญ้ากินนีสีม่วง มีค่าคะแนนรวมใกล้เคียงกัน โดยหญ้าฮิวมิดิโคล่ามีค่าคะแนนของพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบชราภาพ ใบเขียว และลำต้น อยู่ในระดับดี หญ้าเคย์แมนมีค่าคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหญ้ากินนีสีม่วงมีค่าคะแนนของน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นและน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนค่าคะแนนสังเกตอื่นๆ อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นจำนวนหน่อต่อกอที่มีค่าต่ำกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ หญ้ากินนีมอมบาซ่ามีค่าคะแนนของจำนวนหน่อต่อกอและค่าน้ำหนักแห้งรวมสูง ทว่า ค่าคะแนนสังเกตอื่นๆ อยู่ในระดับต่ำ สุดท้าย หญ้ามูลาโท 2 เป็นสายพันธุ์หญ้าที่มีความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังต่ำที่สุด โดยที่ค่าคะแนนของพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบเขียว ลำต้นและน้ำหนักแห้งรวมต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.9 Scores and ranks for 40 days waterlogging tolerance of six forage grasses

Parameter	Grass					
	UP[1/]	MG	PG	MU	CM	BH
Plant height	6	1	3	4	5	2
Number of tillers	5	6	1	3	4	2
Leaf area	6	2	4	1	3	5
Senesced leaf dry weight	5	1	2	3	4	6
Green leaf dry weight	6	2	3	1	4	5
Stem dry weight	4	2	6	1	3	5
Total dry weight	4	5	6	1	3	2
Total score	**36**	**19**	**25**	**14**	**26**	**27**
Rank	**1**	**5**	**4**	**6**	**3**	**2**

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

จากการจัดลำดับความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ยังคงทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ โดยหญ้าพาสพาลัมมีความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีกว่าหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในช่วงเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง หญ้ามีการปรับตัวโดยการพัฒนาเนื้อเยื่อที่เรียกว่า แอเรงคิมา (aerenchyma) เนื้อเยื่อดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำให้เกิดช่องอากาศในราก ลำต้น หรือใบ (ปรียารัตน์ สุวรรณโสภณ และอรุโณทัย จำปีทอง, 2555: 125-138) โดยเป็นกลไกการปรับตัวของหญ้าเพื่อตอบสนองต่อสภาวะเครียดที่เกิดจากขาดออกซิเจน นอกจากนี้ Weier (1980: 194-200) ยังพบอีกว่า บริเวณรอบรากของหญ้าอาหารสัตว์ โดยเฉพาะหญ้าพาสพาลัมอุบลมีจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนแบบอิสระได้ จึงทำให้หญ้ามีธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสำหรับการเจริญเติบโต และนี่อาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้หญ้าสายพันธุ์นี้สามารถอยู่รอดได้ในสภาพน้ำท่วมขัง

4.3 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological change)

ภาพโดยรวมของการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ หญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ ที่ได้รับน้ำตามปกติมีการแตกหน่อมากขึ้น ใบล่างเหลืองและแห้งตายเพียงเล็กน้อย ขณะที่ในการฟื้นตัวของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังยังคงแสดงอาการใบเหลืองและใบแห้งเพิ่มมากขึ้นเมื่อถูกน้ำท่วมขังนานขึ้น รากพิเศษที่หญ้าสร้างขึ้นมาในช่วงถูกน้ำท่วมขังยังคงเจริญและเพิ่มความยาวขึ้น ยกเว้นหญ้าพาสพาลัมอุบลที่รากพิเศษกลับยุบตัวและแห้งตาย ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างของลักษณะรากพิเศษที่ถูกสร้างขึ้นมา จากการสังเกตพบว่า รากพิเศษของหญ้าพาสพาลัมอุบลมีลักษณะเป็นเส้นเล็กสีขาว และประสานเป็นร่างแหแผ่กระจายทั่วผิวน้ำ ขณะที่รากพิเศษของหญ้าสายพันธุ์อื่นมีลักษณะเป็นเส้นยาว หนา และเกิดที่บริเวณข้อเหนือระดับน้ำท่วมขัง

หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ในสภาพน้ำท่วมขังสามารถสร้างหน่อและใบใหม่ขึ้นมาทดแทนหน่อเก่าที่ตายได้ (ตารางที่ 4.10) ทว่า หน่อและใบใหม่เหล่านี้มีขนาดเล็กกว่า อาจเป็นเพราะว่าหน่อใหม่เหล่านี้ยังไม่สามารถสร้างอาหารได้ด้วยตัวเองจึงจำเป็นต้องใช้อาหารที่ได้รับมาจากต้นแม่ (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 122-123) ซึ่งอาจไม่เพียงพอ

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ในงานทดลองนี้ หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน เมื่อฟื้นตัวแล้วยังคงมีใบเหลืองและใบชราภาพจำนวนมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากหญ้าทั้งสามสายพันธุ์นี้ได้รับความเสียหายระดับรุนแรงในช่วงที่ถูกน้ำท่วมขัง จึงทำให้การฟื้นตัวและการเจริญเติบโตในช่วงแรกเกิดการหยุดชะงัก และอาจมีอาการต้นเหี่ยวเฉา ซึ่งอาจเป็นเพราะสภาพอุณหภูมิในโรงเรือนปลูกที่ค่อนข้างร้อนอบอ้าวในบางช่วงของบางวัน จึงอาจส่งผลให้กระบวนการทางชีวเคมีบางอย่างขาดความสมดุล (สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2557: เว็บไซต์)

ตารางที่ 4.10 Morphological changes of six forage grasses after repeated waterlogging with 30 days recovery period

Grass	Duration of waterlogging			
	0 day	10 days	20 days	30 days
Ubon paspalum	Green leaves with violet bases, yellowish-red rims, and dry tips; and new leaves and two to three new shoots developed.	Leaf bases turned violet; bottom two to three leaves turned yellow and died; adventitious roots formed during waterlogging shrank and died; and one to two new shoots developed.	Many lower leaves died and adjacent leaves turned yellow with dry tips; new shoots developed; and adventitious roots formed during waterlogging shrank and died.	More leaves died while new leaves developed; some new shoots shrank and died; and adventitious roots formed during waterlogging shrank and died.
Mombasa guinea	Stems and leaves green; lower leaves turned yellow and two to four leaves died; and new shoots developed.	Stems and leaves green; bottom one to three leaves died while adjacent leaves turned yellow; and new shoots and adventitious roots developed.	More nodes and internodes apparent; more leaves died; new leaves developed; and new shoots and adventitious roots developed.	More leaves died; some leaves yellow; new shoots developed; and adventitious roots formed during waterlogging shrank and died.
Purple guinea	Stems, leaf bases, and leaf rims turned violet while leaf blades still green; some lower leaves died; and one to three new shoots developed.	Stems and leaf bases violet; lower leaves died while some turned yellow; and new shoots and adventitious roots developed.	Stems violet; many nodes and internodes formed; more leaves died; new shoots developed; and old tillers developed new leaves.	Many lower leaves died but new leaves also developed; new shoots developed; and adventitious roots formed during waterlogging shrank and died.

ตารางที่ 4.10 Morphological changes of six forage grasses after repeated waterlogging with 30 days recovery period (ต่อ)

Grass	Duration of waterlogging			
	0 day	10 days	20 days	30 days
Mulato II	Stems and leaves dark green; lower leaves turned yellow and dry; and two to five new shoots developed.	Many leaves died and turned yellow with dry tips; and two to three new shoots and adventitious roots developed.	Nodes and internodes apparent; more leaves died, some with dead tips; new shoots developed but some rotted; and adventitious roots developed.	Some plants rotted; many leaves died, some turned yellow, rims died; and new leaves, new shoots, and adventitious roots developed.
Cayman	Stems and leaves green; bottom one to three leaves turned yellow and died; and new leaves and new shoots developed.	Stems and leaves still green; bottom one to three leaves died, adjacent leaves turned yellow with dry tips; and new leaves, new shoots, and adventitious roots developed.	Stems slender and turned violet; more dry leaves, some turned yellow and dry rims; new leaves developed; and new shoots and adventitious roots developed.	Slender stems with distinct nodes and internodes; many leaves died; and many new shoots developed with small stems.
Brachiaria humidicola	Slender stems and leaves; lower leaves dry; some leaves turned yellow; and many shoots developed.	Slender and small violet stems with distinct nodes and internodes; more leaves died; some leaves turned yellow; and new shoots and adventitious roots developed.	Slender and small violet stems with distinct nodes and internodes; many leaves died; and some nodes had new shoots and adventitious roots.	Stems had distinct violet nodes and internodes; many leaves died, many new shoots developed from both old tillers and nodes; and adventitious roots developed from some nodes.

4.2.2 การเจริญเติบโต (growth)

4.2.2.1 ความสูงต้น (plant height)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียว และมีการฟื้นตัว มีต้นสูงกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ (ควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก นาน 20 วัน และมีการฟื้นตัว (ตารางที่ 4.11) แสดงว่า เมื่อถูกน้ำท่วมขังและมีการฟื้นตัว หญ้าอาหารสัตว์สามารถปรับตัวได้ดีในแง่ของความสูงต้น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในช่วงของการฟื้นตัว รากมีการเจริญและมีการสร้างรากชุดใหม่ทดแทนรากส่วนที่ได้รับความเสียหาย ขณะที่ส่วนของข้อปล้องก็มีการยืดขยายด้วย โดยอาจเป็นผลจากหญ้ามีการเพิ่มจำนวนเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาไปสู่ช่วงการเจริญเติบโตต่อไป แต่ทั้งนี้ ก็อาจมีอิทธิพลจากปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและออกซินที่พืชบางชนิด เช่น ข้าวขึ้นน้ำ สร้างฮอร์โมนนี้ได้ในช่วงที่น้ำท่วมขัง แล้วกระตุ้นการยืดขยายข้อปล้องเพื่อการอยู่รอดในสภาพน้ำท่วมขัง (Shunsaku et al., 2012: web-site) เช่นเดียวกัน ฮอร์โมนเอทิลีนที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อพืชก็มีส่วนช่วยในการยืดตัวของเซลล์ด้วย นอกเหนือจากยีนที่สร้างเอนไซม์เอ็กซ์แพนซิน (expansin) ที่ทำให้เซลล์พืชยืดตัวเพิ่มขึ้น (Jackson, 2010: web-site)

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์นี้ หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีความสูงต้น (ความยาว) มากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ รองลงมาคือ หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้าเคย์แมน และหญ้ามูลาโท 2 ตามลำดับ เช่นเดียวกับความสูงต้นของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากและมีการฟื้นตัว หญ้าฮิวมิดิโคล่ายังคงมีความสูงต้น (ความยาว) มากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่หญ้ามูลาโท 2 มีความสูงต้นน้อยกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ เช่นกัน เป็นเพราะหญ้าฮิวมิดิโคล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย ข้อที่สัมผัสกับดินจึงมีการสร้างรากซึ่งอาจเป็นข้อดีสำหรับหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขัง นอกจากลักษณะการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์แล้ว ความสูงที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากหญ้าสามารถสร้างโพรงอากาศแอเรงคิมา (aerenchyma) โดยโพรงอากาศนี้ช่วยในการลำเลียงออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการทำงานภายในต้นหญ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หญ้าที่เกิดความเครียดจากการถูกน้ำท่วมขัง

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ในแง่ความสูงต้น การฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง และสายพันธุ์หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีค่าความสูงต้น (ความยาว) มากที่สุด (ตารางที่ ข.8)

ตารางที่ 4.11 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on plant height of six forage grasses

Factor	Treatment	Plant height (cm)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	99.0±1.6[b2/]	116.7±2.7	99.0±1.6[b]	122.4±2.8[b]	108.1±1.7[b]	129.8±2.5
(A)	Waterlogged	107.2±1.6[a]	118.1±2.7	105.4±1.6[a]	134.1±2.8[a]	114.7±1.7[a]	137.8±2.5
	Average	**103.1**	**117.4**	**102.2**	**128.3**	**111.4**	**133.8**
Grass	UP[3/]	91.1±2.7[c]	95.5±4.7[c]	94.0±2.7[c]	103.1±3.9[c]	100.8±2.9[c]	107.8±4.4[b]
(B)	MG	108.3±2.7[b]	122.2±4.7[b]	105.3±2.7[b]	124.2±3.9[b]	112.1±2.9[b]	118.0±4.4[b]
	PG	97.7±2.7[c]	106.0±4.7[c]	96.5±2.7[c]	104.9±3.9[c]	100.7±2.9[c]	111.8±4.4[b]
	MU	78.2±2.7[d]	81.4±4.7[d]	73.3±2.7[d]	83.5±3.9[d]	74.9±2.9[e]	81.4±4.4[c]
	CM	80.1±2.7[a]	85.0±4.7[d]	78.5±2.7[d]	98.6±3.9[d]	85.0±2.9[d]	105.7±4.4[b]
	BH	163.3±2.7[a]	214.4±4.7[a]	165.7±2.7[a]	255.4±3.9[a]	195.1±2.9[a]	278.0±4.4[a]
	Average	**103.1**	**117.4**	**102.2**	**128.3**	**111.4**	**133.8**
CV (%)		7.5	11.4	7.5	8.7	7.3	9.3
LSD	A	4.5	ns[4/]	4.5	6.5	4.8	ns
(P<0.05)	B	7.8	13.6	7.8	11.3	8.2	12.6
	A x B	11.1	ns	11.0	16	11.6	17.8

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

4.3.2.2 จำนวนหน่อต่อกอ (number of tillers/hill)

หญ้าอาหารสัตว์เมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียว และถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก มีจำนวนหน่อต่อกอต่ำกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.12) อาจเป็นผลสืบเนื่องจากการที่หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังระบบการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารในรากถูกขัดขวาง จึงทำให้หญ้าได้รับน้ำและธาตุอาหารไม่เพียงพอ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งธาตุอาหารทั้งสองนี้มีบทบาทในการกระตุ้นให้หญ้าแตกกอได้ดี (สายัณห์ ทัดศรี, 2547: 252-260) ร่วมกับสภาพน้ำท่วมขังมีการสะสมสารพิษต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากและส่วนต่างๆ ของหญ้าอาหารสัตว์อีกด้วย (Whiteman, 1980: 169) จึงทำให้การฟื้นตัวของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียว และถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก มีจำนวนหน่อต่อกอลดลง

ในการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อถูกน้ำท่วมขังครั้งเดียว หญ้าฮิวมิดิโคล่า หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน มีจำนวนหน่อต่อกอมากพอๆ กัน และจำนวนหน่อต่อกอของหญ้าทั้งสามชนิดนี้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับของหญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้าพาสพาลัมอุบล เช่นเดียวกันในหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก หญ้าฮิวมิดิโคล่ายังคงมีจำนวนหน่อต่อกอมากที่สุด ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลมีหน่อน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.12) ส่วนหนึ่งเนื่องจากหญ้าแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกัน โดยหญ้าอาหารสัตว์ที่มีขนาดลำต้นเล็กมักมีความสามารถในการแตกหน่อดีกว่าหญ้าที่มีขนาดลำต้นใหญ่

การฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อถูกน้ำท่วมขังนาน 20 วัน (ตารางที่ ข.9)

4.3.2.3 พื้นที่ใบ (leaf area)

หญ้าอาหารสัตว์เมื่อถูกน้ำท่วมขัง และมีการฟื้นตัว มีพื้นที่ใบต่ำกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก พื้นที่ใบของหญ้าที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขังลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติที่ทุกระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง (ตารางที่ 4.13) อาจเป็นผลจากช่วงของการฟื้นตัว หญ้าอาหารสัตว์ยังไม่สามารถปรับตัวได้อย่างสมบูรณ์ยังคงขาดน้ำและธาตุอาหาร รากพิเศษและรากชุดใหม่ที่สร้างขึ้นมายังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ จึงยังไม่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารมาเลี้ยงส่วนต่างๆ เหนือดินได้อย่างสมบูรณ์ เห็นได้จากอาการใบแห้งและหลุดร่วง การแสดงอาการดังกล่าวนี้เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ส่งผลให้พื้นที่ใบลดลง (MacAdam et al., 1989: 549-556) นอกจากนี้ Bradford and Haiso (1982: 1508-1513) และ Granier and Tardieu (1999: 609-619) ได้รายงานว่า สภาวะเครียดจากการขาดน้ำเป็นสาเหตุ

ประการหนึ่งที่ทำให้พื้นที่ใบลดลง เนื่องจากในสภาวะที่พืชขาดน้ำ พืชจะลดพื้นที่ใบลงเพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำจากใบ เพราะการสูญเสียน้ำของพืชมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ใบ โดยพื้นที่ใบจะลดลงเมื่อศักย์ของน้ำในใบลดลง เมื่อพื้นที่ใบของหญ้าลดลงย่อมส่งผลกระทบให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย จึงส่งผลต่อการสร้างและการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของหญ้าที่ลดลงเช่นกัน

การฟื้นตัวหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ในแง่พื้นที่ใบ หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง มีพื้นที่ใบใกล้เคียงกันทั้งที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก หญ้าทั้งสามสายพันธุ์นี้เมื่อถูกน้ำท่วมขังและหลังการฟื้นตัวยังคงสร้างพื้นที่ใบได้ค่อนข้างดี ขณะที่เมื่อถูกน้ำท่วมขังและหลังการฟื้นตัว หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า มีพื้นที่ใบต่ำกว่าของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง โดยหญ้าฮิวมิดิโคล่ามีพื้นที่ใบต่ำสุด ทั้งนี้ อาจเนื่องจากความแตกต่างของรูปร่างลักษณะของหญ้าแต่ละสายพันธุ์ จำนวนใบ ความยาวและความกว้างของใบ และความยาวของข้อปล้องที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่ใบ (Neal, 1981: 97-99) และยังอาจเป็นผลสืบเนื่องจากการที่หญ้าเกิดความเครียดจากน้ำท่วมขัง ซึ่งมีผลต่อการสร้างและการขยายขนาดของใบ ดังผลงานทดลองของ Dias-Filho and Carvaho (2000: 1959-1966, 2002: 439-447); Luana (2008: 795-801) พบว่า อัตราการยืดขยายขนาดของใบหญ้าอาหารสัตว์ในสภาพน้ำท่วมขังลดลงมากถึง 28.3–56.3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้พื้นที่ใบของหญ้าแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน

ในการฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง (ตารางที่ ข.10)

4.3.3 น้ำหนักแห้ง (dry weight)

4.3.3.1 น้ำหนักแห้งของใบชราภาพ (senesced leaf dry weight)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขัง และหลังการฟื้นตัว มีน้ำหนักแห้งของใบชราภาพสูงกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก (ตารางที่ 4.14) การที่เกิดใบแห้งและร่วงหล่นจำนวนมากส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา จึงทำให้ใบหญ้าแก่และแห้งตาย และอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งอัตราการหลุดร่วงของใบเพิ่มมากขึ้นนั้น อาจเป็นเพราะหญ้าขาดธาตุอาหารบางชนิด ใบหญ้าจึงแก่และหลุดร่วงเร็วขึ้นเมื่อขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 43) ที่เป็นผลจากการที่หญ้าถูกน้ำท่วมขัง

ตารางที่ 4.12 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on number of tillers of six forage grasses

Factor	Treatment	Number of tillers/hill					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	18.0±0.6[a2/]	24.9±1.0[a]	19.9±0.6[a]	25.5±1.1[a]	21.0±0.5[a]	28.7±1.1[a]
(A)	Waterlogged	15.3±0.6[b]	17.8±1.0[b]	13.4±0.6[b]	18.6±1.1[b]	14.4±0.5[b]	22.6±1.1[b]
	Average	**16.7**	**21.4**	**16.7**	**22.1**	**17.7**	**25.7**
Grass	UP[3/]	10.6±1.1[b]	10.5±1.7[d]	11.1±1.0[b]	10.6±2.0[c]	11.0±0.8[c]	10.1±2.0[c]
(B)	MG	13.3±1.1[b]	15.2±1.7[c]	13.2±1.0[b]	17.4±2.0[b]	13.5±0.8[b]	13.4±2.0[bc]
	PG	10.7±1.1[b]	16.1±1.7[c]	12.5±1.0[b]	13.7±2.0[bc]	13.3±0.8[b]	16.0±2.0[b]
	MU	22.4±1.1[a]	26.8±1.7[b]	19.7±1.0[a]	28.8±2.0[a]	22.0±0.8[a]	36.6±2.0[a]
	CM	20.6±1.1[a]	24.5±1.7[b]	21.6±1.0[a]	30.0±2.0[a]	23.3±0.8[a]	38.5±2.0[a]
	BH	22.4±1.1[a]	35.1±1.7[a]	21.9±1.0[a]	31.6±2.0[a]	23.1±0.8[a]	39.3±2.0[a]
	Average	**16.7**	**21.4**	**16.7**	**20.1**	**17.7**	**25.7**
CV (%)		18.2	22.4	17.4	25.6	13	21.7
LSD	A	1.8	2.8	1.7	3.3	1.3	3.3
(P<0.05)	B	3.1	4.9	2.9	5.7	2.3	5.6
	A x B	ns[4/]	6.9	4.2	8.1	3.3	ns

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ตารางที่ 4.13 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on leaf area of six forage grasses

Factor	Treatment	Leaf area (cm^2/hill)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	5391.0±373.1[a2/]	7917.9±273.3[a]	5856.4±287.7[a]	6732.6±290.9[a]	6297.6±379.2[a]	6913.8±267.5[a]
(A)	Waterlogged	3231.6±373.1[b]	3499.5±273.3[b]	2561.2±287.7[b]	3712.2±290.9[b]	2898.7±379.2[b]	3597.4±267.5[b]
	Average	**4311.4**	**5708.7**	**4208.8**	**5222.4**	**4598.2**	**5255.6**
Grass	UP[3/]	5642.6±646.2[a]	7220.1±473.4[a]	6030.9±498.4[a]	5325.9±503.8[ab]	5386.5±656.7[a]	5699.1±463.3
(B)	MG	4981.8±646.2[ab]	6897.2±473.4[a]	4773.7±498.4[ab]	6122.2±503.8[a]	5415.3±656.7[a]	5371.8±463.3
	PG	4924.4±646.2[ab]	7185.5±473.4[a]	4559.8±498.4[b]	6493.6±503.8[a]	5351.1±656.7[a]	5477.4±463.3
	MU	4162.7±646.2[ab]	5223.2±473.4[b]	4013.3±498.4[b]	5227.1±503.8[ab]	5393.6±656.7[a]	5962.5±463.3
	CM	3777.1±646.2[b]	4536.2±473.4[bc]	3351.9±498.4[bc]	4541.8±503.8[b]	3596.6±656.7[ab]	5020.3±463.3
	BH	2379.5±646.2[b]	3189.5±473.4[c]	2523.4±498.4[c]	3623.7±503.8[b]	2445.8±656.7[b]	4002.4±463.3
	Average	**4311.4**	**5708.7**	**4208.8**	**5222.4**	**4598.2**	**5255.6**
CV (%)		42.4	23.5	33.5	27.3	40.4	24.9
LSD	A	1070.1	783.9	825.2	834.3	1087.4	767.2
(P<0.05)	B	1853.4	1357.7	1429.4	1445	1883.5	ns[4/]
	A x B	ns	1920.1	2021.4	2043.5	2663.7	1879.3

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ตารางที่ 4.14 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on senesced leaf dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Senesced leaf dry weight (g)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	2.6±0.6[b2/]	13.0±1.7[b]	6.0±0.9[b]	20.0±1.5[b]	7.9±1.0[b]	35.0±2.4
(A)	Waterlogged	11.1±0.6[a]	24.8±1.7[a]	18.3±0.9[a]	25.1±1.5[a]	19.7±1.0[a]	32.4±2.4
	Average	**6.9**	**18.9**	**12.1**	**22.6**	**13.8**	**33.7**
Grass	UP[3/]	5.8±1.1[b]	20.0±2.9[a]	10.5±1.5[b]	33.6±2.6[a]	14.1±1.8[a]	47.4±4.1[a]
(B)	MG	10.4±1.1[a]	19.7±2.9[a]	14.0±1.5[ab]	22.2±2.6[b]	16.1±1.8[a]	35.4±4.1[b]
	PG	9.8±1.1[a]	18.4±2.9[a]	16.4±1.5[a]	20.7±2.6[b]	15.0±1.8[a]	26.9±4.1[c]
	MU	4.5±1.1[bc]	23.5±2.9[a]	12.4±1.5[ab]	17.6±2.6[b]	13.4±1.8[a]	26.1±4.1[c]
	CM	8.5±1.1[ab]	22.0±2.9[a]	15.0±1.5[a]	23.9±2.6[b]	16.1±1.8[a]	39.5±4.1[ab]
	BH	2.5±1.1[c]	9.8±2.9[b]	4.9±1.5[c]	17.3±2.6[b]	8.2±1.8[b]	27.1±4.1[bc]
	Average	**6.9**	**18.9**	**12.1**	**22.6**	**13.8**	**33.7**
CV (%)		43.5	43.7	35.9	32.2	36.6	34.3
LSD	A	1.7	4.8	2.5	4.3	3.0	ns[4/]
(P<0.05)	B	3.0	8.4	4.4	7.4	5.1	11.7
	A x B	4.3	ns	6.3	ns	ns	ns

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

การฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ในแง่น้ำหนักแห้งของใบชราภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก น้ำหนักแห้งของใบชราภาพของหญ้ามีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นหญ้าฮิวมิดิโคล่าที่มีน้ำหนักแห้งของใบชราภาพต่ำกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างของลักษณะการเจริญเติบโต รูปร่าง ลักษณะ และขนาดของใบหญ้าอาหารสัตว์แต่ละสายพันธุ์นั่นเอง อีกทั้งระดับความเสียหายที่หญ้าได้รับในช่วงถูกน้ำท่วมขัง ตลอดจนความสามารถในการฟื้นตัวของหญ้าหลังจากถูกน้ำท่วมขัง

4.3.3.2 น้ำหนักแห้งของใบเขียว (green leaf dry weight)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียว และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากมีน้ำหนักแห้งของใบเขียวต่ำกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่น้ำหนักแห้งของใบเขียวของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากลดลงมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.15) น้ำหนักแห้งของใบเขียวที่ลดลงเป็นผลจากการที่พื้นที่ใบโดยรวมลดลง ขณะที่น้ำหนักแห้งของใบชราภาพกลับเพิ่มสูงขึ้นเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนานขึ้น เมื่อพื้นที่ใบลดลงย่อมส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงและการสร้างและสะสมอาหารลดลงด้วยเช่นกัน แม้ว่าช่วงที่มีการฟื้นตัว หญ้ามีการสร้างใบใหม่ขึ้นมาทดแทนใบแก่ที่ชราภาพก็ตาม

การฟื้นตัวในแง่น้ำหนักแห้งของใบเขียวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ ทั้งหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก หญ้าพาสพาลัมอุบลยังคงเป็นสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งของใบเขียวสูงกว่าหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนหญ้าฮิวมิดิโคล่าเป็นสายพันธุ์หญ้าที่มีน้ำหนักแห้งของใบเขียวต่ำที่สุด ทว่า ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.15) ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง เมื่อถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก การฟื้นตัวในแง่น้ำหนักแห้งของใบเขียวลดลงเมื่อระยะเวลาที่น้ำท่วมขังยาวนานขึ้น แสดงว่า น้ำท่วมขังซ้ำซากมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของใบเขียวของหญ้าทั้งสามสายพันธุ์ข้างต้นมากกว่าในหญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า โดยอาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการปรับตัวและระบบทางสรีระวิทยาของหญ้าแต่ละสายพันธุ์ในสภาพน้ำท่วมขัง

ในด้านปฏิกิริยาสัมพันธ์การฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง (ตารางที่ ข.11)

ตารางที่ 4.15 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on green leaf dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Green leaf dry weight (g)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	18.9±0.8	44.8±1.6[a2/]	24.8±1.4[a]	40.4±1.7[a]	26.9±1.4[a]	43.3±1.8[a]
(A)	Waterlogged	18.2±0.8	20.5±1.6[b]	16.0±1.4[b]	22.1±1.7[b]	16.9±1.4[b]	23.0±1.8[b]
	Average	**18.6**	**32.7**	**20.4**	**31.3**	**21.9**	**33.2**
Grass	UP[3/]	31.6±1.4[a]	49.5±2.7[a]	33.3±2.4[a]	43.4±2.9[a]	37.4±2.5[a]	48.2±3.1[a]
(B)	MG	19.2±1.4[a]	38.9±2.7[b]	24.0±2.4[b]	33.7±2.9[b]	21.9±2.5[b]	31.8±3.1[b]
	PG	15.2±1.4[b]	36.6±2.7[b]	20.3±2.4[b]	33.6±2.9[b]	21.3±2.5[b]	30.6±3.1[b]
	MU	17.6±1.4[b]	28.5±2.7[c]	17.8±2.4[b]	28.4±2.9[b]	17.4±2.5[bc]	34.2±3.1[b]
	CM	17.9±1.4[a]	24.4±2.7[cd]	18.2±2.4[b]	25.3±2.9[bc]	19.8±2.5[bc]	27.9±3.1[b]
	BH	9.9±1.4[c]	18.0±2.7[d]	8.7±2.4[c]	23.1±2.9[c]	13.7±2.5[c]	26.0±3.1[b]
	Average	**18.6**	**32.7**	**20.4**	**31.3**	**21.9**	**33.1**
CV (%)		21.3	23.3	33	26.1	32.1	26.9
LSD	A	ns[4/]	4.5	3.9	4.8	4.1	5.2
(P<0.05)	B	4.0	7.7	6.8	8.3	7.1	9.0
	A x B	5.7	11.0	ns	11.7	10.1	12.8

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

4.3.3.3 น้ำหนักแห้งของลำต้น (stem dry weight)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกน้ำท่วมขังไม่นานนักเพียง 10 วัน มีน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เมื่อถูกน้ำท่วมขังนานขึ้นถึง 20 และ 30 วัน น้ำหนักแห้งของลำต้นไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก น้ำหนักแห้งของลำต้นของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังต่ำกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.16) การฟื้นตัวของหญ้าในแง่น้ำหนักแห้งของลำต้นที่ลดลงเป็นผลจากจำนวนหน่อต่อกอมีค่าลดลง ขณะที่พื้นที่ใบสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างและสะสมอาหารก็ลดลงเช่นกัน โดยเป็นผลจากระบบรากที่ถูกทำลายและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของหญ้าในช่วงที่ถูกน้ำท่วมขังจึงทำให้การเจริญเติบโตหลังการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ไม่สมบูรณ์

การฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ในแง่น้ำหนักแห้งของลำต้น หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 4.16) แสดงว่าหลังถูกน้ำท่วมขัง หญ้าฮิวมิดิโคล่ากระจายสารอาหารที่สร้างและสะสมไปไว้ในส่วนลำต้นมากกว่าส่วนใบ แต่ทั้งนี้ ก็ยังอาจเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของลำต้นหญ้าสายพันธุ์นี้ที่แตกต่างจากหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่ผลของความสูงต้นหลังถูกน้ำท่วมขังและมีการฟื้นตัวที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.11) ก็อาจมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของลำต้นด้วยเช่นกัน

การฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันตลอดระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง และหญ้ากินนีสีม่วงมีน้ำหนักแห้งของลำต้นต่ำที่สุด (ตารางที่ ข.12)

4.3.3.4 น้ำหนักแห้งรวม (total dry weight)

ในภาพรวม หญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับน้ำตามปกติและหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีแนวโน้มน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียว ทว่า เมื่อถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก น้ำหนักแห้งรวมกลับต่ำกว่าของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง (ตารางที่ 4.17) ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำท่วมขังซ้ำซากมีผลต่อการฟื้นตัวของหญ้าในแง่น้ำหนักแห้งรวม และอาจเป็นไปได้ว่า การสร้างและการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของหญ้าก็ได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน แต่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง จำนวนครั้ง และระยะเวลาที่หญ้าได้รับความเครียดจากน้ำท่วมขัง

การฟื้นตัวในแง่น้ำหนักแห้งรวมในกลุ่มของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ หญ้าแต่ละสายพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างกัน ยกเว้นเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวนาน 10 วัน และถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากนาน 20 วัน หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะหญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้ามูลาโท 2 มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งรวมต่ำกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 4.17) ทั้งนี้ เป็นผลเนื่องจาก

น้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของหญ้าลดลง ยกเว้นน้ำหนักแห้งของใบชราภาพที่กลับเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งพื้นที่ใบสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงก็ลดลงเช่นกัน เป็นผลเนื่องจากน้ำท่วมขังยับยั้งการเจริญเติบโตของราก และขัดขวางกระบวนการลำเลียงน้ำและสารอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของหญ้า ประกอบกับธาตุอาหารในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็ถูกจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ เมื่อหญ้าขาดน้ำและธาตุอาหาร จึงทำให้การสร้างพื้นที่ จำนวน คุณภาพ และอายุของใบลดลง (Granier and Tardieu, 1999: 609-619; Taylaran et al., 2011: 4067-4077) ส่งผลให้หญ้าสร้างอาหารได้น้อยลง แล้วทำให้การสะสมสารอาหารในส่วนต่างๆ ของหญ้าลดลงตามไปด้วย

การฟื้นตัวของหญ้าเมื่อถูกน้ำท่วมขังเพียงครั้งเดียวและถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากหลังการฟื้นตัว ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 10 และ 30 วัน และสายพันธุ์หญ้ามูลาโท 2 มีน้ำหนักแห้งรวมต่ำที่สุด (ตารางที่ ข.13)

4.3.4 การฟื้นตัวหลังถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก (recovery after repeated waterlogging)

ความสามารถในการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์ที่วัดโดยการใช้ข้อมูลค่าสังเกตการฟื้นตัวในระยะเวลา 30 วันหลังถูกท่วมน้ำขังในแต่ละระยะเวลาเป็นเกณฑ์ ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบชราภาพ ใบเขียว ลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม แล้วนำมาจัดเรียงคะแนนและจัดลำดับ (ตารางที่ 4.18) สรุปได้ดังนี้ หญ้าฮิวมิดิโคล่าฟื้นตัวหลัง ถูกน้ำท่วมขังได้ดีที่สุด รองลงมาคือ หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ามูลาโท 2 ตามลำดับ

หญ้าฮิวมิดิโคล่าสามารถปรับตัวและมีการฟื้นตัวเร็วที่สุดในทุกระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง พารามิเตอร์ทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ดีและดีมาก ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลมีความสามารถฟื้นตัวได้ดีเป็นลำดับที่สองรองลงมา และน่าสนใจว่า หญ้าเคย์แมนซึ่งเป็นหญ้าสายพันธุ์ลูกผสมมีความสามารถในการฟื้นตัวต่อสภาพน้ำท่วมขังเป็นลำดับที่สาม โดยมีค่าพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ถัดลงมาคือหญ้ากินนีสีม่วงที่มีความสามารถในการฟื้นตัวเป็นลำดับที่สี่ ส่วนหญ้ากินนีมอมบาซ่ามีความสามารถในการฟื้นตัวเมื่อถูกน้ำท่วมขังในลำดับที่ห้า และหญ้ามูลาโท 2 เป็นสายพันธุ์หญ้าที่มีความสามารถในการฟื้นตัวต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.16 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on stem dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Stem dry weight (g)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	13.4±1.1[b2/]	36.0±1.5[a]	19.6±1.3	36.7±2.4	22.6±1.9	47.8±2.8[a]
(A)	Waterlogged	18.5±1.1[a]	25.3±1.5[b]	17.5±1.3	30.4±2.4	23.7±1.9	35.6±2.8[b]
	Average	**15.9**	**30.7**	**18.6**	**33.6**	**23.2**	**41.7**
Grass	UP[3/]	13.2±2.0[b]	22.1±2.6[c]	14.6±2.3[c]	18.7±4.1[c]	16.5±3.4[c]	22.4±4.8[d]
(B)	MG	12.3±2.0[b]	23.9±2.6[c]	16.2±2.3[b]	23.2±4.1[c]	15.1±3.4[c]	31.1±4.8[c]
	PG	11.3±2.0[c]	27.1±2.6[b]	15.2±2.3[c]	22.1±4.1[c]	16.1±3.4[c]	25.5±4.8[c]
	MU	12.8±2.0[b]	28.1±2.6[b]	14.8±2.3[c]	27.4±4.1[bc]	16.2±3.4[c]	36.9±4.8[c]
	CM	17.5±2.0[b]	31.4±2.6[b]	22.0±2.3[ab]	37.2±4.1[b]	27.2±3.4[b]	52.1±4.8[b]
	BH	28.5±2.0[a]	51.3±2.6[a]	28.2±2.3[a]	72.7±4.1[a]	47.8±3.4[a]	82.4±4.8[a]
	Average	**15.9**	**30.7**	**18.5**	**33.6**	**23.2**	**41.7**
CV (%)		35	23.8	53.2	34.9	41	32.6
LSD	A	3.3	4.3	ns[4/]	ns	ns	7.9
(P<0.05)	B	5.6	7.4	6.6	11.9	9.6	13.8
	A x B	8.0	10.5	9.3	16.8	13.6	19.5

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa Guinea, PG=Purple Guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ตารางที่ 4.17 Effect of repeated waterlogging with 30 days recovery period on total dry weight of six forage grasses

Factor	Treatment	Total dry weight (g)					
		W10R30[1/]		W20R30		W30R30	
		1	2	1	2	1	2
Waterlogging	Control	35.0±2.0[b2/]	93.8±3.7[a]	50.4±3.0	97.1±4.7[a]	57.5±3.6	126.1±5.7[a]
(A)	Waterlogged	47.8±2.0[a]	70.7±3.7[b]	51.8±3.0	77.6±4.7[b]	60.3±3.6	91.0±5.7[b]
	Average	**41.4**	**82.3**	**51.1**	**87.4**	**58.9**	**108.6**
Grass	UP[3/]	50.4±3.4[a]	91.6±6.4	58.4±5.2	95.7±8.1[ab]	68.0±6.2	118.0±9.9
(B)	MG	42.0±3.4[ab]	82.5±6.4	54.1±5.2	79.1±8.1[b]	53.1±6.2	98.4±9.9
	PG	36.3±3.4[b]	82.1±6.4	52.0±5.2	76.4±8.1[b]	52.4±6.2	83.0±9.9
	MU	35.0±3.4[b]	80.1±6.4	45.1±5.2	73.4±8.1[b]	47.0±6.2	97.2±9.9
	CM	43.8±3.4[ab]	77.9±6.4	55.1±5.2	86.3±8.1[b]	63.1±6.2	119.4±9.9
	BH	40.9±3.4[ab]	79.1±6.4	41.8±5.2	113.0±8.1[a]	69.7±6.2	135.4±9.9
	Average	**41.4**	**82.3**	**51.1**	**87.4**	**58.9**	**108.6**
CV (%)		23.3	22	28.7	26.2	29.9	25.7
LSD	A	5.7	10.6	ns[4/]	13.4	ns	16.3
(P<0.05)	B	9.8	ns	ns	23.2	ns	ns
	A x B	13.9	9.3	ns	32.8	25.3	39.9

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice) [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05) [3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] ns=non significant

ตารางที่ 4.18 Scores and ranks for recovery after repeated waterlogging of six forage grasses

Parameter	Average score for recovery after repeated waterlogging																	
	W10R30[1/]						W20R30						W30R30					
	UP[2/]	MG	PG	MU	CM	BH	UP	MG	PG	MU	CM	BH	UP	MG	PG	MU	CM	BH
Plant height	3	1	3	5	4	6	4	2	2	3	4	6	5	2	3	2	4	6
Number of tillers	4	2	5	3	2	6	6	3	3	1	3	6	6	2	4	2	4	4
Leaf area	5	4	4	2	2	5	5	3	3	3	3	5	5	3	2	1	5	6
Senesced leaf dry weight	3	4	2	3	6	4	2	4	2	5	3	6	2	2	6	4	5	5
Green leaf dry weight	5	3	4	2	2	6	5	2	3	3	4	6	5	2	3	2	4	6
Stem dry weight	5	3	4	2	3	6	5	3	3	2	4	6	5	3	3	2	3	6
Total dry weight	5	3	4	2	3	6	5	2	3	2	4	6	5	3	3	2	3	6
Total score	30	20	26	19	22	39	32	19	19	19	25	41	33	17	24	15	28	39
Rank	**2**	**5**	**3**	**6**	**4**	**1**	**2**	**4**	**4**	**4**	**3**	**1**	**2**	**5**	**4**	**6**	**3**	**1**

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP= Ubon paspalum, MG= Mombasa Guinea, PG= Purple Guinea, MU= Mulato II, CM= Cayman and BH= *Brachiaria humidicola*

4.4 ผลของน้ำท่วมขังที่ช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

4.4.1 องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ (yield components and seed yield)

การทดลองนี้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ได้เพียงห้าสายพันธุ์ ยกเว้นหญ้าฮิวมิดิโคล่า เนื่องจากในช่วงที่หญ้าสายพันธุ์นี้ออกช่อดอกมีแมลงศัตรูเข้าทำลายกัดกินช่อดอกจนไม่สามารถเก็บผลผลิตเมล็ดพันธุ์ได้

4.4.1.1 จำนวนช่อดอกต่อกอ (inflorescences/hill)

จำนวนช่อดอกต่อกอของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังไม่แตกต่างกันกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติตลอดระยะเวลาที่น้ำท่วมขัง (ตารางที่ 4.19) แสดงว่า น้ำท่วมขังในช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ไม่มีผลต่อการสร้างจำนวนช่อดอกต่อกอของหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ หญ้ายังคงออกดอกและติดเมล็ดพันธุ์ได้ตามปกติ

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์จำนวนห้าสายพันธุ์ หญ้ากินนีสีม่วงมีจำนวนช่อดอกต่อกอมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.19) โดยอาจมีสาเหตุมาจากอิทธิพลด้านพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ความสามารถในการแตกหน่อและความสมบูรณ์ของหน่อ ที่มีต่อการออกดอกในเวลาต่อมา นอกจากนี้ ในช่วงเวลาก่อนถูกน้ำท่วมขัง หญ้ากินนีสีม่วงอาจมีการสะสมอาหารไว้เพียงพอต่อการสร้างตาดอกและการออกดอกในเวลาต่อมาที่ถูกน้ำท่วมขัง

4.4.1.2 จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก (racemes; spikelets/inflorescence)

ในภาพรวม หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน 30 วัน มีจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกน้อยกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.19) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะช่วงที่ถูกน้ำท่วมขัง หญ้าอาหารสัตว์ได้รับความเสียหายจนส่งผลต่อการพัฒนาและความสมบูรณ์ของหน่อที่มีต่อการสร้างและการสะสมอาหารเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการออกดอกและติดเมล็ดในระยะต่อมา นอกจากนี้ อาจส่งผลไปยังส่วนของใบธงซึ่งเป็นแหล่งอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ด้วย (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 68-69)

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ หญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงมีจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมนมีจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกน้อยที่สุด ในการทดลองนี้หญ้าแต่ละสายพันธุ์สร้างจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกแตกต่างกันเป็นผลมาจากความแตกต่างของลักษณะรูปแบบของช่อดอก (ดูภาพที่ 2 ของบทที่ 2) กลุ่มหญ้ากินนีมีลักษณะของช่อดอกแบบช่อแยกแขนงที่มีกิ่งก้านสาขาจำนวนมาก (Cook et al., 2005: web-site) ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบล

หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน มีลักษณะช่อดอกแบบช่อกระจะ (Loch and Miles, 2004: 146-151) ที่ไม่มีกิ่งก้านสาขาจึงเป็นผลให้หญ้าเหล่านี้มีจำนวนช่อกระจะแตกต่างกัน

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกของหญ้าอาหารสัตว์ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 10 วัน

4.4.1.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (1,000 seed weight)

ในภาพรวม หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ ยกเว้นที่ระยะ 20 วัน (ตารางที่ 4.19) โดยอาจมีสาเหตุมาจากน้ำท่วมขังมีผลกระทบต่ออวัยวะที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์อาหาร จึงทำให้หญ้าสร้างและสะสมอาหารเพื่อเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารอาหารไปยังส่วนของเมล็ดได้ไม่เพียงพอ (เฉลิมพล แชมเพชร, 2535: 68-70)

ในกลุ่มของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมนมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่หญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดน้อยที่สุด ความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะรูปร่างของเมล็ด เนื่องจากหญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงมีขนาดเมล็ดเล็กกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ที่นำมาทดลอง จึงส่งผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของหญ้าทั้งสองสายพันธุ์นี้ต่ำกว่าของหญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าพาสพาลัมอุบล

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของหญ้าอาหารสัตว์ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันตลอดระยะเวลาที่หญ้าถูกน้ำท่วมขัง

4.4.1.4 ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed yield)

แม้ว่ามีความแตกต่างในจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ในบางระยะที่หญ้าถูกน้ำท่วมขัง ทว่า ก็ไม่มากพอที่จะส่งผลถึงผลผลิตเมล็ดพันธุ์โดยรวม เนื่องจากจำนวนช่อดอกต่อกอที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันนั่นเอง แสดงว่าน้ำท่วมขังช่วงต้นของระยะสืบพันธุ์ (ระยะตั้งท้อง) ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้าพาสพาลัมอุบล มีค่าสูงกว่าของหญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.19) ถึงแม้หญ้ากินนีสีม่วงและหญ้ากินนีมอมบาซ่ามีขนาดเมล็ดเล็กกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ แต่ผลผลิตเมล็ดพันธุ์กลับมีค่าสูง เป็นผลเนื่องจากหญ้าทั้งสองสายพันธุ์นี้มีจำนวนช่อดอกต่อกอและจำนวนช่อกระจะต่อช่อดอกสูงกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ นั่นเอง

ในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน 10 และ 20 วัน

ตารางที่ 4.19 Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed yield components and seed yield of six forage grasses

Factor	Treatment	Inflorescence/hill			Racemes; spikelets/inflorescence		
		10 DOW[1/]	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW
Waterlogging	Control	6.1±0.6	6.1±0.7	6.1±0.7	22.6±0.5	22.6±0.6	22.6±0.5[b2/]
(A)	Waterlogged	5.9±06	5.1±0.7	4.7±0.7	21.1±0.5	22.8±0.6	24.0±0.5[a]
	Average	**3.1**	**3.5**	**3.9**	**20.0**	**20.1**	**26.9**
Grass	UP[3/]	3.4±0.4	2.9±1.1[b]	3.4±1.0[b]	8.9±0.8[b]	8.8±1.0[b]	8.9±0.7[b]
(B)	MG	5.2±1.4	5.1±1.1[a]	4.9±1.0[b]	48.2±0.8[a]	48.7±1.0[a]	50.7±0.7[a]
	PG	7.7±1.4	7.3±1.1[a]	7.8±1.0[a]	46.7±0.8[a]	49.8±1.0[a]	51.0±0.7[a]
	MU	6.2±1.4	5.0±1.1[a]	4.3±1.0[b]	2.9±0.8[c]	3.3±1.0[c]	3.1±0.7[c]
	CM	7.4±1.4	7.5±1.1[a]	6.4±1.0a[b]	2.6±0.8[c]	2.8±1.0[c]	2.8±0.7[c]
	BH	N.A.[4/]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Average	**3.1**	**3.5**	**3.9**	**20.0**	**20.1**	**26.9**
CV (%)		50.7	56.8	54.3	8.5	10.3	7.1
LSD	A	ns[5/]	ns	ns	ns	ns	1.3
(P<0.05)	B	ns	3.2	3.0	2.3	3.0	2.1
	A x B	ns	ns	ns	3.3	ns	ns

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] N.A.=Not Available [5/] ns= non significant

ตารางที่ 4.19 Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed yield components and seed yield of six forage grasses (ต่อ)

Factor	Treatment	1,000 seed weight			Seed yield (g)/hill		
		10 DOW[1/]	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW
Waterlogging	Control	0.186±0.006[b2/]	0.186±0.007	0.186±0.006[b]	5.9±0.5	5.9±0.6	5.9±0.6
(A)	Waterlogged	0.210±0.006[a]	0.192±0.007	0.206±0.006[a]	5.5±0.5	5.7±0.6	6.0±0.6
	Average	**0.118**	**0.114**	**0.083**	**5.7**	**5.8**	**5.9**
Grass	UP[3/]	0.230±0.009[b]	0.233±0.011[b]	0.227±0.01[b]	8.2±0.7[a]	9.1±0.9[a]	8.5±1.0[a]
(B)	MG	0.115±0.009[b]	0.123±0.011[d]	0.122±0.01[d]	8.5±0.7[a]	7.8±0.9[a]	8.1±1.0[a]
	PG	0.110±0.009[b]	0.112±0.011[d]	0.164±0.01[c]	9.1±0.7[a]	9.1±0.9[a]	9.7±1.0[a]
	MU	0.267±0.009[a]	0.287±0.011[a]	0.265±0.01[a]	1.1±0.7[b]	1.2±0.9[b]	1.5±1.0[b]
	CM	0.269±0.009[a]	0.190±0.011[c]	0.252±0.01[ab]	1.5±0.7[b]	1.8±0.9[b]	1.9±1.0[b]
	BH	N.A.[4/]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Average	**0.118**	**0.114**	**0.083**	**5.7**	**5.8**	**5.9**
CV (%)		13.8	17.9	16.1	29.8	39.2	38.5
LSD	A	0.016	ns[5/]	0.02	ns	ns	ns
(P<0.05)	B	0.025	0.033	0.030	2.2	2.8	2.8
	A x B	0.036	0.047	0.04	ns	ns	ns

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] N.A.=Not Available

[5/] ns= non significant

4.4.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ (seed quality)

4.4.2.1 ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (seed purity)

เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวมาจากทั้งหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังและที่ได้รับน้ำตามปกติมีความบริสุทธิ์อยู่ในช่วง 96.0–98.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) ซึ่งจัดว่ามีความบริสุทธิ์สูง สิ่งเจือปนส่วนใหญ่เป็นเศษก้านช่อดอก ฝุ่น และละอองเกสร ที่ปะปนอยู่ในกองเมล็ด เมล็ดพันธุ์เหล่านี้ที่มีความบริสุทธิ์สูงเป็นผลมาจากการจัดการด้านวิธีการเก็บเกี่ยวที่ดี โดยงานทดลองในครั้งนี้ใช้วิธีการเก็บเกี่ยวด้วยการครอบช่อดอกด้วยถุงไนล่อน จึงมีสิ่งเจือปนจากภายนอกน้อยกว่าวิธีเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์แบบเคาะและแบบกวาดจากพื้นดิน (Hare et al., 2007: 43–49)

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่ระยะน้ำท่วมขัง 10 วัน แสดงว่า สภาพน้ำท่วมขังไม่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการจัดการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ดี

4.4.2.2 ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (seed viability)

หญ้าอาหารสัตว์ที่ได้รับน้ำตามปกติและที่ถูกน้ำท่วมขังมีค่าความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.20) แสดงว่า สภาพน้ำท่วมขังระยะเวลาไม่นานนักในช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ไม่มีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการพัฒนาและความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนระยะเวลาเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ออกจากแปลง (วสุ อมฤตสุทธิ์, 2550: 111-114)

ในกลุ่มหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ เมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลมีความมีชีวิตสูงกว่าของหญ้ากินนีมอมบาซ่า กินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลมีการพัฒนาและความสมบูรณ์อย่างเต็มที่ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ยังอยู่ในช่วงที่กำลังพัฒนา แต่ยังไม่ถึงระยะสมบูรณ์เต็มที่ สาเหตุอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณอาหารที่เมล็ดได้รับจากแหล่งสร้างอาหารเพื่อการพัฒนาและการเจริญเติบโต (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535: 68-69)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ด้านความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ ทั้งสภาพน้ำท่วมขังและสายพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ต่อกันเมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังนาน 10 และ 30 วัน

4.4.2.3 ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (seed germination)

ในภาพรวมของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะๆ นานหกเดือน ความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังไม่แตกต่างจากของเมล็ดพันธุ์หญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ ยกเว้นที่การเก็บรักษาและการถูกน้ำท่วมขังบางระยะ (ตารางที่ 4.21) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ในภาพรวม ทำให้เปอร์เซ็นต์ความของของเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ คงเนื่องจาก

เมล็ดพันธุ์พ้นจากการพักตัว เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นถึงห้าถึงหกเดือน เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เริ่มมีแนวโน้มชะลอตัว คาดว่า หากเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น เปอร์เซ็นต์ความงอกอาจจะเริ่มลดลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานทดลองของ Hare et al. (2008: 224-228) ได้รายงานว่า เมล็ดพันธุ์หญ้ามูลาโทที่เก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง (22-30 องศาเซลเซียส) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาสี่เดือน หลังจากนั้น ความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสายพันธุ์นี้ลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น

ในกลุ่มของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ เมล็ดพันธุ์หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้าพาสพาลัมอุบล มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าของหญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน (ตารางที่ 4.21) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้คาดว่า เมล็ดพันธุ์หญ้าสองสายพันธุ์หลังนี้มีระยะการพักตัวนานกว่าในหญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้าพาสพาลัมอุบล และเป็นที่น่าสังเกตว่า เมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องนานหกเดือน เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์มีค่าลดลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้ น่าจะเป็นลักษณะเฉพาะของหญ้าพาสพาลัมอุบล

ตารางที่ 4.20 Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed purity and seed viability (tetrazolium test) of six forage grasses

Factor	Treatment	Seed purity (%)			Seed viability (%)		
		10 DOW[1/]	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW
Waterlogging	Control	97.2±1.0	97.3±0.6	97.2±1.2	38.4±1.4	38.4±1.6	38.4±1.6
(A)	Waterlogged	97.5±1.0	98.2±0.6	96.0±1.2	35.7±1.4	36.3±1.6	37.6±1.6
	Average	**91.6**	**92.4**	**92.1**	**4.6**	**8.2**	**7.5**
Grass	UP[2/]	99.6±1.5[a3/]	99.4±0.9	97.9±1.9	63.6±2.1[a]	68.5±2.6[a]	63.0±2.5[a]
(B)	MG	97.8±1.5[a]	98.0±0.9	97.1±1.9	56.1±2.1[b]	55.1±2.6[b]	58.0±2.5[a]
	PG	98.1±1.5[a]	97.7±0.9	98.1±1.9	52.1±2.1[bc]	55.1±2.6[b]	52.5±2.5[ab]
	MU	92.1±1.5[b]	95.2±0.9	91.7±1.9	9.4±2.1[c]	7.5±2.6[c]	10.2±2.5[b]
	CM	99.3±1.5[a]	98.4±0.9	98.5±1.9	4.0±2.1[c]	0.4±2.6[c]	6.3±2.5[b]
	BH	N.A.[4/]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Average	**91.6**	**92.4**	**92.1**	**4.6**	**8.2**	7.5
CV (%)		4.4	2.7	5.6	13.9	15.5	15.7
LSD	A	ns[5/]	ns	ns	ns	ns	ns
(P<0.05)	B	4.5	ns	ns	6.3	7.6	7.4
	A x B	ns	3.9	ns	8.9	ns	10.4

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)

[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa Guinea, PG=Purple Guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[4/] N.A.=Not Available [5/] ns= non significant

ตารางที่ 4.21 Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed germination after 0, 2, 3, 4, 5, and 6 months in ambient temperature storage of six forage grasses

Factor	Treatment	Seed germination (%)								
		0 month			2 months			3 months		
		10 DOW[1/]	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW
Waterlogging	Control	5.7±0.4	5.7±0.4	5.7±0.4	9.9±0.8[b2/]	9.9±0.9	9.9±0.9[b]	20.0±1.7[b]	20.0±2.0	20.0±1.8[b]
(A)	Waterlogged	6.0±0.4	5.0±0.4	5.6±0.4	12.4±0.8[a]	10.7±0.9	12.7±0.9[a]	28.7±1.7[a]	24.7±2.0	26.7±1.8[a]
	Average	**5.9**	**6.0**	**6.3**	**11.2**	**11.5**	**12.6**	**24.4**	**24.9**	**26.0**
Grass	UP[3/]	11.3±0.6[a]	9.5±0.7[a]	11.0±0.6[a]	23.0±1.2[a]	19.5±1.4[a]	23.5±1.4[a]	45.5±2.7[a]	37.5±3.2[a]	44.5±2.9[a]
(B)	MG	6.5±0.6[b]	7.3±0.7[b]	6.8±0.6[b]	13.3±1.2[c]	14.8±1.4[b]	12.5±1.4[b]	28.0±2.7[b]	32.5±3.2[a]	28.0±2.9[b]
	PG	11.5±0.6[a]	10.0±0.7[a]	10.5±0.6[a]	19.0±1.2[b]	16.8±1.4[ab]	20.3±1.4[ab]	42.0±2.7[a]	37.0±3.2[a]	42.5±2.9[a]
	MU	0.0	0.0	0.0	0.5±1.2[d]	0.5±1.4[c]	0.3±1.4[c]	5.5±2.7[c]	4.8±3.2[b]	1.8±2.9[c]
	CM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8±2.7[d]	0.0	0.0
	BH	N.A.[4/]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Average	**5.9**	**6.0**	**6.3**	**11.2**	**11.5**	**12.6**	**24.4**	**24.9**	**26.0**
CV (%)		31.1	36.0	32.3	30.6	39.6	33.8	32.1	40.0	35.4
LSD	A	ns[5/]	ns	ns	2.2	ns	2.5	5.1	ns	5.3
(P<0.05)	B	1.9	2.0	1.9	3.5	4.2	3.9	8.0	9.1	8.4
	A x B	ns	ns	ns	ns	6.0	5.5	ns	ns	ns

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)
[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa Guinea, PG=Purple Guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] N.A.=Not Available [5/] ns= non significant

ตารางที่ 4.21 Effect of waterlogging at early reproductive phase on seed germination after 0, 2, 3, 4, 5, and 6 months in ambient temperature storage of six forage grasses (ต่อ)

Factor	Treatment	Seed germination (%)								
		4 months			5 months			6 months		
		10 DOW[1/]	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW	10 DOW	20 DOW	30 DOW
Waterlogging	Control	25.5±1.5	25.5±1.5	25.5±1.6[b2/]	24.6±1.5	24.6±1.8	24.6±1.5	24.5±1.5	24.5±1.6[b]	24.5±1.8
(A)	Waterlogged	26.5±1.5	28.0±1.5	31.5±1.6[a]	24.6±1.5	26.1±1.8	23.9±1.5	22.7±1.5	30.2±1.6[a]	29.2±1.8
	Average	**26.0**	**29.7**	**31.7**	**24.6**	**28.2**	**27.0**	**23.6**	**30.4**	**29.9**
Grass	UP[3/]	50.8±2.5[a]	47.0±2.3[a]	49.3±2.6[a]	43.5±2.5[a]	40.0±2.8[a]	40.0±2.4[a]	23.0±2.4[c]	25.0±2.6[c]	31.0±2.9[b]
(B)	MG	34.0±2.5[b]	37.0±2.3[b]	37.0±2.6[b]	42.8±2.5[a]	46.0±2.8[a]	42.0±2.4[a]	42.3±2.4[b]	53.3±2.6[b]	47.3±2.9[a]
	PG	43.8±2.5[a]	46.8±2.3[a]	52.0±2.6[a]	35.5±2.5[b]	38.8±2.8[a]	38.5±2.4[a]	51.8±2.4[a]	58.3±2.6[a]	55.0±2.9[a]
	MU	1.5±2.5[c]	3.0±2.3[c]	4.3±2.6[c]	1.8±2.5[c]	2.0±2.8[c]	0.8±2.4[c]	0.0	0.0	1.0±2.9[c]
	CM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	BH	N.A.[4/]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Average	**26.0**	**29.7**	**31.7**	**24.6**	**28.2**	**27.0**	**23.6**	**30.4**	**29.9**
CV (%)		26.8	24.5	26.1	28.2	31.5	28.1	29.0	26.8	30.1
LSD	A	ns[5/]	ns	4.8	ns	ns	ns	ns	5.1	ns
(P<0.05)	B	7.1	6.7	7.6	7.1	8.1	7.0	7.0	7.5	8.3
	A x B	ns	9.5	10.7	ns	11.5	9.8	ns	ns	ns

[1/] Days of waterlogging [2/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different (P<0.05)
[3/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa Guinea, PG=Purple Guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola* [4/] N.A.=Not Available [5/] ns= non significant

ในภาพรวมจากผลการทดลองทั้งสามงานทดลองข้างต้น สภาพน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาการเจริญเติบโต และ การให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง โดยสภาพน้ำท่วมขังส่งผลให้หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์แสดงอาการใบเหลืองและแห้งตายจำนวนมากเมื่อถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะยาวนานขึ้น และการแสดงลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้การเจริญเติบโตในแง่พื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งใบเขียวมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่ง มีค่าลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อถูกน้ำท่วมขังนาน 40 วัน (ตารางที่ 4.4 และ 4.6) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สภาพน้ำท่วมขังมีผลกระทบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนของใบ และมีผลกระทบต่อเนื่องไปยังกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสร้างอาหารของหญ้าอาหารสัตว์ เนื่องจากพื้นที่ใบและใบเขียวเป็นอวัยวะสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างและสะสมอาหาร ด้วยเหตุนี้หญ้าอาหารสัตว์จึงมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อถูกน้ำท่วมขัง และระดับความเสียหายอาจเพิ่มมากขึ้นเมื่อหญ้าอาหารสัตว์ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากและได้รับการฟื้นตัว เนื่องจากการเจริญเติบโตส่วนของพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนใบเขียวมีค่าลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อหญ้าถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากทุกระยะทดลอง นั่นแสดงให้เห็นว่า นอกจากปัจจัยของระยะเวลาน้ำท่วมขังแล้ว จำนวนครั้งที่หญ้าถูกน้ำท่วมขังย่อมส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเช่นกัน ถึงแม้ว่าหญ้าจะสร้างรากพิเศษในช่วงที่ถูกน้ำท่วมขังได้ก็ตาม แต่เป็นที่น่าสังเกตในช่วงที่หญ้าถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากและได้รับการฟื้นตัว หญ้ามีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นกลไกในการปรับตัวต่อสภาพเครียดของหญ้าเพื่อการอยู่รอดเช่นเดียวกับข้าวขึ้นน้ำบางชนิด

ขณะที่ผลของน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์ ในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าแต่ละสายพันธุ์ สภาพน้ำท่วมขังตลอดระยะเวลา 30 วันไม่มีผลต่อจำนวนช่อดอกต่อกอ ส่วนจำนวนกระจะต่อช่อดอกมีค่าแตกต่างกันเมื่อถูกน้ำท่วมขังนาน 30 วัน ขณะที่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีค่าแตกต่างกันหลังถูกน้ำท่วมขังนาน 10 และ 30 วัน สำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในด้านความบริสุทธิ์ ความมีชีวิต และความงอก ของเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันระหว่างหญ้าที่ได้รับน้ำปกติและหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขัง

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลน้ำท่วมขังที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า สรุปได้ดังนี้

5.1 ผลของน้ำท่วมขังช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

5.1.1 หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังแสดงอาการใบเหลือง ใบแห้ง และสร้างรากพิเศษบริเวณข้อเหนือระดับน้ำเพิ่มมากกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ

5.1.2 หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังมีการเจริญเติบโตในแง่ความสูงต้น จำนวนหน่อ และพื้นที่ใบ น้อยกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสภาพน้ำท่วมขังนี้ หญ้ากินนีมอมบาซ่าและหญ้ากินนีสีม่วงแม้มีความสูงต้นมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ แต่ทว่ากลับสร้างหน่อได้น้อยกว่าหญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า ขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลมีพื้นที่ใบสูงสุด และหญ้าฮิวมิดิโคล่ามีพื้นที่ใบต่ำสุด

5.1.3 สภาพน้ำท่วมขังส่งผลกระทบต่อการสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ น้ำหนักแห้งของใบชราภาพเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง จึงส่งผลให้น้ำหนักแห้งของใบเขียว ลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม ของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังลดลงเมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสภาพน้ำท่วมขัง หญ้ากินนีมอมบาซ่าสามารถผลิตน้ำหนักแห้งของใบเขียว ลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม สูงกว่าของหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ต่ำกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ

5.1.4 เมื่อเปรียบเทียบหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติเป็นระยะเวลานาน 40 วัน หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นสายพันธุ์หญ้าที่สามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีที่สุด รองลงมาคือ หญ้าฮิวมิดิโคล่า หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้ากินนีมอมบาซ่า ตามลำดับ ส่วนหญ้ามูลาโท 2 อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขังมากที่สุด

5.2 ผลของน้ำท่วมขังซ้ำซากช่วงปลายระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบต่อการฟื้นตัวของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์

5.2.1 หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากแล้วฟื้นตัวแสดงอาการใบล่างเหลืองและแห้งตาย สร้างรากพิเศษบริเวณข้อเหนือระดับน้ำ และผลิตใบและหน่อใหม่

5.2.2 หญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากแล้วฟื้นตัวมีการเจริญเติบโตในแง่ความสูงต้นมากกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทว่า จำนวนหน่อและพื้นที่ใบกลับลดลงเมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสภาพน้ำท่วมขังซ้ำซากนี้ หญ้าฮิวมิดิโคล่ามีความสูงต้นและจำนวนหน่อมากกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ทว่า กลับมีพื้นที่ใบต่ำกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนหญ้าพาสพาลัมอุบลมีพื้นที่ใบมากกว่าในหญ้ากินนีสีม่วง หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า

5.2.3 สภาพน้ำท่วมขังซ้ำซากส่งผลกระทบต่อการสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์หลังจากฟื้นตัว น้ำหนักแห้งของใบชราภาพของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมากกว่าในหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่น้ำหนักแห้งของใบเขียว ลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม ลดลงเมื่อเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หญ้าพาสพาลัมอุบลเมื่อถูกน้ำท่วมขังซ้ำซาก น้ำหนักแห้งส่วนของใบชราภาพและใบเขียวสูงกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่หญ้าฮิวมิดิโคล่าที่อยู่ในสภาพเช่นเดียวกันนี้น้ำหนักแห้งของลำต้นและน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่าในหญ้าพาสพาลัมอุบลและหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ

5.2.4 การจัดลำดับความสามารถในการฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขังซ้ำซากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งหกสายพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ หญ้าฮิวมิดิโคล่าสามารถฟื้นตัวได้เร็วที่สุด รองลงมาคือ หญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้าเคย์แมน หญ้ากินนีสีม่วง และหญ้ากินนีมอมบาซ่า ส่วนหญ้ามูลาโท 2 เป็นสายพันธุ์ที่ฟื้นตัวช้าที่สุด

5.3 ผลของน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าอาหารสัตว์ห้าสายพันธุ์

5.3.1 การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ที่ถูกน้ำท่วมขังช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ ได้แก่ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ไม่แตกต่างกันกับหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ ยกเว้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่แตกต่างกัน

ในสภาพน้ำท่วมขังนี้ หญ้ากินนีสีม่วงมีจำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนช่อกระจะต่อช่อดอก และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าในหญ้าสายพันธุ์อื่นๆ ทว่า มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่ำกว่าของหญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าพาสพาลัมอุบล

5.3.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังเก็บเกี่ยวของหญ้าอาหารสัตว์ทั้งห้าสายพันธุ์ เมล็ดพันธุ์หญ้ามีความบริสุทธิ์สูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชีวิตของเมล็ดพันธุ์ของหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังไม่แตกต่างกับของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ

เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังไม่แตกต่างกับของหญ้าที่ได้รับน้ำตามปกติ

ในสภาพน้ำท่วมขังในช่วงต้นระยะสืบพันธุ์ของหญ้าทั้งห้าสายพันธุ์ ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ใกล้เคียงกัน แต่ความมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า และหญ้ากินนีสีม่วง สูงกว่าของหญ้ามูลาโท 2 และหญ้าเคย์แมน

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอิทธิพลน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นและใบ การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของหญ้าพาสพาลัมอุบล หญ้ากินนีมอมบาซ่า หญ้ากินนีสีม่วง หญ้ามูลาโท 2 หญ้าเคย์แมน และหญ้าฮิวมิดิโคล่า มีข้อเสนอแนะดังนี้

6.1 ควรศึกษาอิทธิพลของน้ำท่วมขังในระยะการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์อย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโต และเพื่อให้ทราบผลกระทบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

6.2 ควรมีการศึกษาในสภาพพื้นที่ที่เกษตรกรได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมขังพร้อมกับเรียนรู้ร่วมกับเกษตรกรถึงผลกระทบและความเสียหายที่จะได้รับ

6.3 ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ควรคำนึงถึงเรื่องการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ด้วย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์หญ้าแต่ละสายพันธุ์มีระยะเวลาการพักตัวไม่เท่ากัน

6.4 เมล็ดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์บางสายพันธุ์มีลักษณะเมล็ดและสิ่งห่อหุ้มแตกต่างกันการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์จึงควรทดลองทำลายการพักตัวด้วยวิธีการต่างๆ

6.5 ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้นานกว่าหกเดือน เพื่อจะได้ข้อมูลระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้ และทราบความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์หญ้าในสภาพอุณหภูมิห้องได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กานดา นาคมณี, ฉายแสง ไผ่แก้ว และแพรวพรรณ เครือมังกร. **รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2549 ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างกันที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์และคุณภาพของหญ้ามูลาโต้ (*Brachiaria ruziziensis* x *Brachiaria brizantha* cv. Mulato)**. กรุงเทพมหานคร: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549.

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **หญ้ากินนีสีม่วง**. (เอกสารเผยแพร่ เล่มที่ 35) กรุงเทพมหานคร: กองอาหารสัตว์, 2545.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556). "การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองกรมวิชาการเกษตร", **การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์** http://www.doa.go.th/fcri/images/files/soybean/chapter10.pdf. มกราคม, 2557.

กองอาหารสัตว์. **พืชอาหารสัตว์และอาหารโคเนื้อ**. กรุงเทพมหานคร: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549.

จักรี เส้นทอง. "ความเครียดที่เกิดจากสภาวะน้ำท่วมขัง", ใน **พลวัตผลผลิตพืช**. น. 235-254. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. **การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มหนังสือเกษตร, 2529.

ฉายแสง ไผ่แก้ว และคณะ. **รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2553 ผลของวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หญ้ากินนีมอมบาซ่า**. กรุงเทพมหานคร: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552.

เฉลิมพล แซมเพชร. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่ (Crop Physiology)**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2535.

ชนิดา แทนธานี. **การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเก็บและการเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดผนึกสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

ณัฐหทัย เอพาณิช. **การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547.

บุญมี ศิริ. **การกำเนิด พัฒนาการ และการสุกแก่ของเมล็ด (Seed Formation Development and Maturation)**. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ปรียารัตน์ สุวรรณโสภณ และอรุโณทัย จำปีทอง. “แอเรงคิมา: การพัฒนาของเนื้อเยื่อ รูปแบบ และหน้าที่”, **วารสารพฤกษศาสตร์ไทย**. 4(2): 125-138, 2555.

พันธิภา สอนเมือง. **ความสามารถการปรับตัวของสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ต่อสภาพน้ำท่วมขัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. **ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. ขอนแก่น: โครงการการผลิตสิ่งตีพิมพ์ทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, 2527.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. **เคมีดิน (Soil chemisitry)**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.

ไพศาล ตันไชย. **ลักษณะทางสรีระบางประการของต้นชมพู่ระยะอ่อนวัยในสภาพน้ำท่วมขัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

เมตตา แสงคำ. **อิทธิพลของน้ำท่วมขัง วิธีการปลูก ความสูงและความถี่ในการตัดต่อผลผลิตและคุณภาพหญ้าอุบลพาสพาลัม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

ไมเคิล แฮร์ และคณะ. **หญ้าพาสพาลัมอุบล การจัดการและการใช้ประโยชน์**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2546.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. **เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์การผลิตพืช หน่วยที่ 8 –15.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2542.

รวี เสรฐภักดี. “ต้นไม้ผลในสภาวะถูกน้ำท่วมขังและแนวทางแก้ไข”, ใน **อุทกภัยผลกระทบต่อสวนไม้ผลและแนวทางแก้ไข**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540ก.

วสุ อมฤตสุทธิ์. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

วีระชัย ณ นคร และมณฑล นอแสงศร. “ความหลากหลายของพืชสกุลหญ้าในประเทศไทย”, ใน **การประชุมเชิงวิชาการทางพฤกษศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรพืชของเชิงเขาหิมาลัย 18-19 พฤศจิกายน 2539**. น. 1-82. เชียงใหม่: ณ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และโรงแรมฮอลิเดย์อินท์, 2539.

วัลลภ สันติประชา และประวิตร โสภโณดร. **พืชอาหารสัตว์**. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2524.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศศิธร ถิ่นนคร, เจริญรัฐ น้อยสุวรรณ และศรัณยา วิทยานุภาพยืนยง. **รายงานผลการวิจัยประจำปี 38-39 อิทธิพลของระยะตัดที่มีต่อลักษณะประจำพันธุ์และผลผลิตของหญ้ากินนี 4 พันธุ์.** นครราชสีมา: ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ปากช่อง, 2536.

สมศักดิ์ เภาทอง, วิรัช สุขสราญ และวีระศักดิ์ จิโนแสง. **รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2542 การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หญ้ากินนีสีม่วง (3) อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หญ้ากินนีสีม่วง.** กรุงเทพมหานคร: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2542.

สมศักดิ์ เภาทอง, โสภณ ชินเวโรจน์ และเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544 การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดหญ้ากินนีสีม่วง (4) ผลของระยะเวลาการตัดหญ้าที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดหญ้ากินนีสีม่วง.** กรุงเทพมหานคร: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2544.

สมศักดิ์ เภาทอง. **ลักษณะประจำพันธุ์พืชอาหารสัตว์.** กรุงเทพมหานคร: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547.

สมศักดิ์ วังใน. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน.** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. "ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช", **สรีรวิทยาการผลิตพืช: ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช** http://ag.kku.ac.th/suntec/134101/134101%20Factors%20affecting%20GD%20%28note%29.pdf. สิงหาคม, 2557.

สายัณห์ ทัดศรี. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน: การผลิตและการจัดการ.** กรุงเทพมหานคร: รั้วเขียว, 2540.

_____. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

_____. **หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

สายัณห์ สดุดี. **สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช.** สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2534.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

_____. (2556). "การเจริญเติบโตของพืช", **วิชาสรีรวิทยาการผลิตพืช (510-421: Physiology of Crop Production)** http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/physio/index.htm. มิถุนายน, 2557.

สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2547.

สุทธิพันธ์ รัตนสิงห์. **ผลของภาวะน้ำท่วมขังต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของต้นตอส้มพันธุ์ต่างๆ และส้มพันธุ์โชกุนที่ต่อบนต้นตอ Troyer Citrange**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). "กลุ่มปศุสัตว์และประมง", **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556** http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/journal/trends2556.pdf. มิถุนายน, 2557.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. **มาตรฐานการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ ชั้นพันธุ์จำหน่าย**. กรุงเทพมหานคร: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547.

สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. (2555). "แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาโคเนื้อ พ.ศ. 2555-2559", **ยุทธศาสตร์โคเนื้อ พ.ศ. 2555-2559**. http://www.dld.go.th/th/images/stories/news/Strategy/5559%20strategy_beef.pdf. มกราคม, 2558.

ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. **ข้อมูลเกษตรกร/ปศุสัตว์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556**. กรุงเทพมหานคร: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.

อานนท์ มลิพันธ์. **การออกดอกและการติดเมล็ดของหญ้าซิกแนลนอน (*Brachiaria decumbens*) ภายใต้สภาพระยะเวลาในการตัดและการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

Aganga, A.A. and Tshwenyane, S. "Potentials of Guinea grass (Panicum maximum) as forage crop in livestock production", **Pakistan J. of Nutrition**. 3(1): 1-4; January–February, 2004.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Akkas ali, M., Golam Sarwar, A.K.M. and Azad-Ud-Doula Prodhan, A.K.M. "Effect of water stresses on the growth features of different maize (*ZEA MAYS L.*) cultivars", **Pak. J. Bot.** 31(2): 455-460; December, 1999.

Argel, P.J. et al. **Cultivar Mulato II (Brachiaria hybrid CIAT 36087): A high-quality forage grass resistant to spittlebugs and adapted to well-drained, acid tropical soils.** Colombia: CIAT, 2007.

Ashraf, M. "Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging", **Plant Science.** 165(1): 69–75; July, 2003.

Baruch, Z. "Responses to drought and flooding in tropical forages grasses. II. Leaf water potencial, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity", **Plant and Soil.** 164(1): 97-105; May, 1994b.

Bouathong, C. et al. "Effect of nitrogen rates on plant growth, seed yield and seed quality of three lines of brachiaria hybrid grass", **Khon Kaen AGR. J.** 39(3): 295-306; 2011.

Bradford, K.J. and Yang, S.F. "Physiological responses of plants to waterlogging", **HortScience.** 16(1): 25-30; January, 1981.

Bradford, K.J. and Hsiao, T.C. "Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants", **Plant Physiol.** 70(5): 1508-1513; November, 1982.

Briske, D.D. (2014). "Developmental Morphology", **Developmental Morphology and Physiology of Grasses.** http://cnrit.tamu.edu/rlem/textbook/Chapter4.htm#index7. May, 2014.

Buxton, D.R. and Fales, S.L. "Plant environment and quality", In **Forage quality, evaluation, and utilization.** Fahey, G.C., et al., ed. p. 155-199. USA: American Society of Agronomy, 1994.

Carnevalli, R.A. et al. "Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements", **Tropical Grasslands.** 40(3): 165–176; September, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Claire, P. et al. "An overview of plant responses to soil waterlogging", **Plant stress.** 2(1): 20-27; June, 2008.

Cook, B.G. et al. (2005). "Brachiaria_spp", **Tropical Forages.** http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria_spp._hybrids.htm. June, 2014.

_____. (2005). "Panicum_maximum", **Tropical Forages.** http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Panicum_maximum.htm. June, 2014

_____. (2005). "Paspalum_atratum", **Tropical Forages.** http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Paspalum_atratum.htm. June, 2014.

Costa, M.N.X. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

David, B.H. (2002). "How does Grass Grow Grass", **Growth and Regrowth for Improved Management Oregon State University.** http://www.fsl.orst.edu/forages/projects/regrowth/default.cfm. June, 2014.

Dias-filho, M.B. and Cláudio de C. "Physiological And Morphological Responses of *Brachiaria* spp. to Flooding", **Pesq. agropec. bras., Brasília.** 35(10): 1959-1966; October, 2000.

Dias-filho, M.B. "Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions", **Pesq. agropec. bras., Brasília.** 37(4): 439-447; April, 2002.

Delouche, J.C. and Baskin, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. Tech.** 1(1): 427-452; 1973.

Dobermann, A. and Fairhurst, T.H. **Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management.** Philippines: International Rice Research Institute (IRRI), 2000.

Donald, H. 2000. "Adaption to flooding with fresh water", In **Flooding and Plant Growth.** Kozlowski, T.T. ed. p. 265-288. New York: Academic Press, Inc., 2000.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Drew, M.C., Jackson, M.B. and Gifford, S. "Ethylene-promoted adventitious rooting and development of cortical air space (aerenchyma) in root may be adaptive response to flooding in *Zea mays* L", **Planta**. 147(1): 83-88; October, 1979.

Dwayne, R.B. (2014). "Growing Quality Forages under Variable Environmental Conditions", **Growing Quality Forages under Variable Environmental Conditions.** http://www.wcds.ca/proc/1995/wcd95123.htm. June, 2014.

Eriksen, F.I. and Whitney, A.S. "Effects of Light Intensity on Growth of Some Tropical Forage Species. I. Interaction of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Six Forage Grasses", **Agronomy Journal**. 73(3): 427-433; May-June, 1981.

Esteban, A.P. et al. *"Brachiaria* hybrids : potential, forage use and seed yield", **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**. 1(1): 31–35; September, 2013.

Fisher, M.J. "Crop growth and development : flowering physiology", In **Forage Seed Production Volume 2 : Tropical and Subtropical Species.** Loch, D.S. and Ferguson, J.E., ed. p. 81-92. New York: CABI Publishing, 1999.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2014). *"Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick", **Grassland Index.** http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/Default.htm. June, 2014.

_____. (1986). "Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs", **Irrigation Water Management.** http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e00.htm#Contents. June, 2014.

Granier, C. and Tardieu, F. "Water deficit and spatial pattern of leaf development. Variability in responses can be simulated using a simple model of leaf development", **Plant Physiol**. 119(2): 609-619; Febuary, 1999.

Gustavo, G.S. (2012). "Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses", **Flooding Stress on Plants.** www.intechopen.com. June, 2014.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Hacker, J.B. "Crop growth and development : grasses", In **Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species**. Loch, D.S. and Ferguson, J.E., ed. p. 93-112. New York: CABI Publishing, 1999.

Haefel, S.M. et al. Factor affecting rice yield and fertilizer response in rain fed lowlands of northeast Thailand. **Field Crop Research**. 98(1): 39-51; July, 2006.

Hare, M.D. **Tropical Pasture and Forage Crops**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University University, 2005(a).

_____. **Pasture management and systems of pasture production for Thailand**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University University, 2005(b).

Hare, M.D. and Miles, J.W. *"Brachiaria ruziziensis x Bracharia decumbens x Brachiaria brizantha*) variety BR02/1752", **Plant varieties Journal**. 24(1): 140-148; May, 2011.

Hare, M.D. et al. "Ubon paspalum (Paspalum atratum Swallen) a new grass for waterlogged soils in Northeast Thailand", **Journal of Ubonrajathanee University**. 1(1): 11-12; January-April, 1997.

_____. "Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses", **Tropical Grasslands**. 38(4): 227–233; December, 2004.

_____. "Tropical forage seed development at Ubon Ratchathani University: Research to seed export", In **Proceeding of the 8th national seed conference May 17-20, 2011**. p. 1-24 . Ubon Ratchathani: Sunee grand hotel and convention center, 2011.

Hare, M.D., Tatsapong, P. and Saipraset, K. "Seed production of two brachiaria hybrid cultivars in north-east Thailand. 3. Harvesting method", **Tropical Grasslands**. 41(1): 43–49; March, 2007.

Hare, M.D., Tatsapong, P. and Phengphet, S. "Effect of storage duration, storage room and bag type on seed germination of brachiaria hybrid cv. Mulato", **Tropical Grasslands**. 42(4): 224–228; December, 2008.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Harrington, JF. and Douglas, JE. **Seed storage and packing application for India.** New Delhi: National Seeds Corporation Ltd, 1970.

Heide, O.M. "Control of flowering and reproduction in temperate grasses", **New Phytol.** 128(2): 347-36, 1994.

Horne, P.M. and Stur, W.W. **Developing forage technologies with smallholder farmers - how to select the best varieties to offer farmers in Southeast Asia.** Philippines: ACIAR and CIAT, 1999.

Huang, B. et al. "Nutrient accumulation and distribution of wheat genotype in response to waterlogging and nutrient supply", **Plant and Soil.** 173(1): 47-54; June, 1995.

_____. "Root characteristics and hormone activity of wheat in response to hypoxia and ethylene", **Crop Sci.** 37(3): 812-818; May-June, 1997.

Humphreys, L.R. and Riveros, F. **Tropical Pasture Seed Production. Plant Production and Protection Paper 8.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1986.

International Seed Testing Association. **International Rules for Seed Testing 1993.** Switzerland: Seed Science and Technology, 1993.

Iqra, A. and Naveela, N. "Effect of Waterlogging and Drought Stress in Plants", **International Journal of Water Resources and Environmental Sciences.** 2(2): 34-40, 2013.

Jack, K. (2006). "Identification", **Pasture Grasses Identified.** http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/beef/facts/06-095.htm. June, 2014.

Jackson, M.B., Gales, K. and Campbell, D.J. "Effect of waterlogging soil conditions on the production of ethylene and on water relationships in tomato plants", **J. Exp. Bot.** 29(1): 183-193; Febuary, 1978.

Jackson, M.B. and Drew, M.C. "Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants", In **Flooding and Plant Growth.** Kozlowsk, T.T. ed. p. 47–128. New York: Academic Press, Inc, 1984.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Jackson, M.B. "Aeration stress in plant tissue cultures", **bulg. j. plant physiol.** XXIX (3-4): 96–109; September, 2003.

_____. (2010). "Waterlogging and Submergence Stress: Its Nature and Impact", **Waterlogging and Submergence Stress.** http://www.plantstress.com/articles/waterlogging_i/waterlog_i.htm, retrieved October 2010. June, 2014.

Janiesch, P. "Ecophysiological adaptations of higher plants to waterlogging", In **Ecological Responses to Environmental Stresses.** Rozema, J. and Verkleij, J.A.C., ed. p. 50-60. The Netherlands: Kluwer, Dordrecht, 1991.

João M.B.V. et al. "Harvest frequency affects herbage accumulation and nutritive value of brachiaria grass hybrids in Florida", **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**. 2(2): 197–206; June, 2014.

Kawase, M. "Role of ethylene in induction of flooding damage in sunflower", **Physiol. Plant.** 31(1): 29–38; May, 1974.

_____. "Ethylene accumulation in flooded plants", **Physiol. Plant.** 36(3): 236-241; March, 1976.

_____. "Anatomical and morphological adaptations of plants to waterloging", **Hort Science**. 16(1): 8-12; January, 1981.

Kinet, J.M., Sachs, R.M. and Bernier, G. **The Physiology of Flowering volume III.** Florida: CRC Press, Inc., 1985.

Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G. "Effect of flooding on water, carbohydrate, and mineral relations", In **Flooding and Plant Growth.** Kozlowski T.T., ed. p. 165-193. New York: Academic Press, Inc., 1984.

Labanauskas, C.K. et al. "Soil oxygen diffusion rates and mineral accumulations in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. 'Bessie')", **Soil Sci.** 111(6): 386-392; June, 1971.

Lar, H.W. "Oxygen Transport in Waterlogged Plants", In **Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants.** Mancuso S. and S. Shabala, ed. p. 3-22. New York: Springer, 2010

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Llewellyn, L.M. (1998). "Grass Growth and Development", **General Description of Grass Growth and Development and Defoliation Resistance Mechanisms**. http://www.ag.ndsu.edu/archive/dickinso/grassland/1022.htm. June, 2014.

Loch, D.S. "Selection of environment and cropping system for tropical grass seed production", **Tropical Grasslands**. 14(3): 159-168; November, 1980.

Loch, D.S. and Ferguson, J.E. **Forage seed production Volume 2: Tropical and Subtropical Species**. New York: CAB International, 1999.

Loch, D.S. and Miles, J.W. *"Brachiaria ruziziensis x Bracharia decumbens x Brachiaria brizantha*. Brachiaria "Mulato II", **plant varieties Journal**. 17(3): 146-151; October, 2004.

Luana Pabla de Souza Caetano and Dias-Filho, M.B. "Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding", **R. Bras. Zootec**. 37(5): 795-801; May, 2008.

Mannetje, L.'t and Jones, R.M. **Plant resources of South-East Asia. No.4: Forage**. Wageningen: Pudoc Scientific Publishing, 1992.

McNamara, S.T. and Mitchell, C.A. "Role of auxin and ethylene in adventitious root formation by a flood-resistant tomato genotype", **HortScience**. 26(1): 57-58; January, 1991.

MacAdam, J.W., Volenec, J.J. and Nelson, C.T. "Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades", **Plant Physiol**. 89(2): 549-556; February, 1989.

Mohd, I. et al. "Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging", **Protoplasma**. 241(1-4): 3–17; May, 2010.

Moore, K.J. et al. "Describing and Quantifying Growth Stages of Perennial Forage Grasses", **Agronomy Journal**. 83(6): 1073–1077; November-December, 1991.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Mutimura, M. and Everson, T. M. "On-farm evaluation of improved *Brachiaria* grasses in low rainfall and aluminium toxicity prone areas of Rwanda", **International Journal of Biodiversity and Conservation**. 4(3): 137-154; March, 2012.

Neal, C.S. **Understanding Crop Production**. Prentice-Hall, Inc., 1981.

Neto, A.F.G., et al. "Tillering and biomass partitioning of Mombasa grass under nitrogen fertilization during regrowth", **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41(8): 1824-1831; August, 2012.

Oliveira, P.R.P. and Humphreys, L.R. "Influence of level and timing of shading on seed production in Panicum maximum cv. Gatton", **Australian Journal of Agricultural Research**. 37(4): 417–424; 1986.

Ponnamperuma, F.N. "The chemistry of submerged soils", **Advances in agronomy**. 24: 29-95; 1972.

Phunphiphat, R. et al. "Brachiaria hybrids regional adaptability test. 2. Yield and chemical composition of herbage, seed yield and seed quality of Mulato, Mulato II and ruzi grass at Lampang", In **Proceedings of an International Symposium March 5–7, 2007**. Ubon Ratchathani: Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, 2007.

Reid, D.M. and Bradford, K.J. "Effects of flooding on hormone relations", In **Flooding and Plant Growth**. Kozlowski, T. T. ed. p. 195-212. New York: Academic Press, Inc., 1984.

Rootheaert, R., Horne, P. and Stur, W. "Integrating forage technologies on smallholder farms in the upland tropics", **Tropical Grassland**. 37(4): 293-303; December, 2003.

Sharma, D.P. and Swarup, A. "Effect of short-term waterlogging on growth, yield and nutrient composition of wheat in alkaline soils", **J. of Agric. Sci**. 112(2): 191-197, 1989.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Shunsaku, N. et al. "Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice", **Rice a Spinger Open Journal**. 5(1): 2; Febuary, 2012.

Stieger, P.A., and Feller, U. "Nutrient accumulation and translocation in maturing wheat plant grown on waterlogged soil", **Plant and Soil**. 160(1): 87-96; March, 1994a.

Taiz, L. and Zeiger, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991.

Taylaran, R.D. et al. "Hydraulic conductance as well as nitrogen accumulation plays a role in the higher rate of leaf photosynthesis of the most productive variety of rice in Japan", J. **of Experiment Bot**. 62(11): 4067-4077; July, 2011.

Thavong, P., Yodtiem, S. and Tetratran, C. "Effect of hermetic seed storage in super bag on rice seed quality", In **2nd Rice Annual Conference 2011**. p. 199-208. Bangkok: Rice and National Farmers' Day, 2011.

Thomas, D. and Lapointe S. "Testing new accessions of Guinea grass (*Panicum maximum*) for acid soil and resistance to spittlebug (Aeneolamia reducta)", **Trop. Grassl**. 23(4): 232-239; December, 1989.

Tropical Seeds, LLC. (2014). "Mombasa Guinea", ***Panicum maximum* cv. Mombasa**. http://www.tropseeds.com/mombasa-guinea-grass/. June, 2014.

_____. (2014). "Cayman", **Brachiaria hybrid cv. CAIT BR02/1752**. http://www.tropseeds.com/cayman/. June, 2014.

Tsukahara, H. and Kozlowski, T.T. "Importance of adventitious roots to growth of flooded *Platanus occidentalis* seedlings", **Plant Soil**. 88(1): 123-132; Febuary, 1985.

Urriola, D. et al. "Agronomic Studies of 21 ecotypes of Brachiaria. I. Adaptation and forage yield", In **1a. RIEPTCAC** reunion. p. 273-280. Colombia: INIFAP and CIAT, 1988.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Vendramini, J. et al. (2011). "Introduction", **Mulato II (*Brachiaria* sp.)** http://edis.ifas.ufl.edu. June, 2014.

Watson, ER., Lapins, P., and Barron, RJW. "Effect of waterlogging on the growth, grain and straw yield of wheat, barley and oats", **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**. 16(78): 114-122; 1976.

Weier, K.L. "Nitrogen fixation associated with grasses", **Tropical grasslands**. 14(3): 194-201; November, 1980.

Whiteman, P.C. **Tropical Pasture Science**. Oxford: Oxford University Press, 1980.

Yordanova, R.Y. and Popova, L.P. "Photosynthetic response of barley plants to soil flooding", **Photosynthetica**. 39(4): 515–520; December, 2001.

Yoshida, S. **"Fundamentals of rice crop science"**, Philippines: International Rice Research Institute, 1981.

Zhang, J. and Davies, W.J. "ABA in roots and leaves of flooded pea plants", **J. Expt. Bot**. 38(4): 649-659; April, 1987.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
สภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ ก.1 Rainfall, maximum and minimum temperatures, and day length at Ubon Ratchathani University in 2012 (BE 2555)

Month	Rainfall	Temperatures (degree Celsius)			Day length
	(mm)	Maximum	Minimum	Average	(hr/d)
Jan	25.6	31.4	18.6	25.0	6.9
Feb	0.0	34.4	19.1	26.8	8.6
Mar	16.6	34.9	21.9	28.4	7.2
Apr	122.0	35.1	23.8	29.4	6.6
May	189.1	34.5	23.8	29.2	6.9
Jun	155.9	32.3	24.8	28.6	4.8
Jul	196.2	32.4	24.6	28.5	5.4
Aug	275.9	32.3	24.1	28.2	4.8
Sep	376.4	31.7	23.6	27.6	6.1
Oct	114.6	32.9	22.5	27.7	7.9
Nov	86.7	33.7	21.2	27.5	8.1
Dec	0.0	32.8	19.3	26.1	8.9

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2555)

ตารางที่ ก.2 Rainfall, maximum and minimum temperatures, and day length at Ubon Ratchathani University in 2013 (BE 2556)

Month	Rainfall	Temperatures (degree Celsius)			Day length
	(mm)	Maximum	Minimum	Average	(hr/d)
Jan	0.0	32.0	15.4	23.7	8.2
Feb	0.0	35.1	20.4	27.8	9.0
Mar	57.9	35.8	21.8	28.8	7.9
Apr	47.7	36.7	23.6	30.1	7.7
May	130.7	34.6	24.3	29.5	7.3
Jun	75.0	33.7	24.2	29.0	6.6
Jul	399.5	32.7	23.7	28.2	4.9
Aug	175.8	31.3	23.6	27.5	4.4
Sep	558.8	30.8	23.1	26.9	4.3
Oct	99.8	31.7	22.7	27.2	7.4
Nov	9.7	31.7	21.6	26.6	7.5
Dec	84.9	28.3	14.2	21.3	7.4

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2556)

ภาคผนวก ข

ผลข้อมูลของค่าความมีอายุยืนยาวของใบ ค่าพื้นที่ใบจำเพาะ และค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์

ตารางที่ ข.1 Effect of waterlogging during elongation stage on specific leaf area of six forage grasses

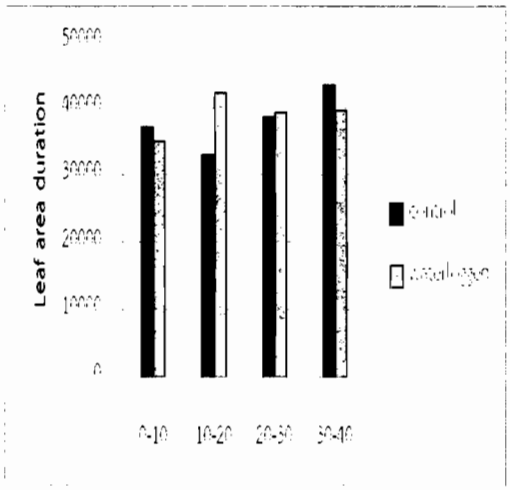
Factor	Treatment	Specific leaf area (cm^2/g)				
		0 DOW[1/]	10 DOW	20 DOW	30 DOW	40 DOW
Status	Control	278.9±15.5	248.4±9.4	224.5±5.6	200.9±4.3	189.3±8.7
(A)	Waterlogged	273.0±15.5	253.4±9.4	213.4±5.6	197.3±4.3	188.1±8.7
	Average	**276.0**	**250.9**	**219.0**	**199.1**	188.7
Grass	UP[2/]	202.4±26.9[c3/]	216.3±16.2[b]	193.3±9.7[b]	169.6±7.5[b]	153.6±15.0[b]
(B)	MG	199.3±26.9[c]	201.5±16.2[b]	188.0±9.7[b]	206.2±7.5[a]	209.3±15.0[a]
	PG	226.9±26.9[c]	218.8±16.2[b]	208.7±9.7[b]	206.2±7.5[a]	216.9±15.0[a]
	MU	309.3±26.9[b]	271.3±16.2[a]	228.5±9.7[ab]	189.0±7.5[b]	172.9±15.0[b]
	CM	388.8±26.9[a]	294.9±16.2[a]	242.0±9.7[a]	203.0±7.5[ab]	205.5±15.0[a]
	BH	329.1±26.9[ab]	302.5±16.2[a]	253.4±9.7[a]	220.6±7.5[a]	174.2±15.0[b]
	Average	**276.0**	**250.9**	**219.0**	**199.1**	**188.7**
CV (%)		27.6	18.3	12.6	10.6	22.5
5% LSD	A	ns[4/]	ns	ns	ns	ns
($p< 0.05$)	B	77.2	46.6	27.9	21.4	43.1
	A x B	ns	ns	ns	ns	ns

[1/] Days of waterlogging

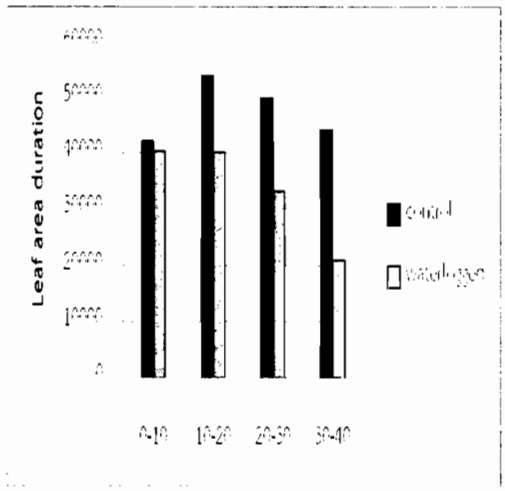
[2/] UP=Ubon paspalum MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

[3/] Within a column for each effect, values followed by different letters are significantly different ($P<0.05$)

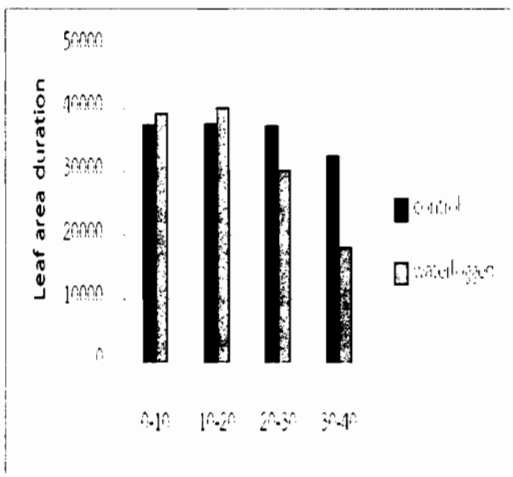
[4/] ns=non significant



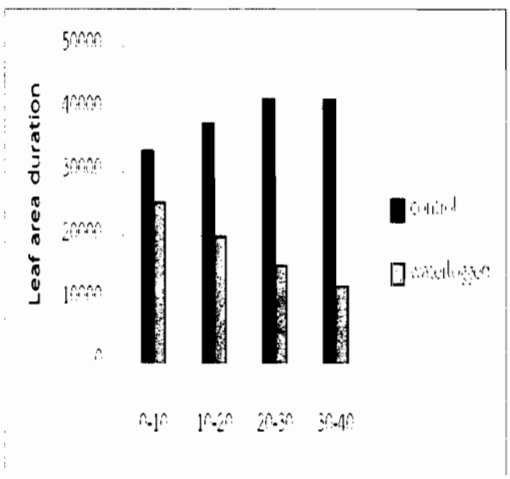
Ubon paspalum



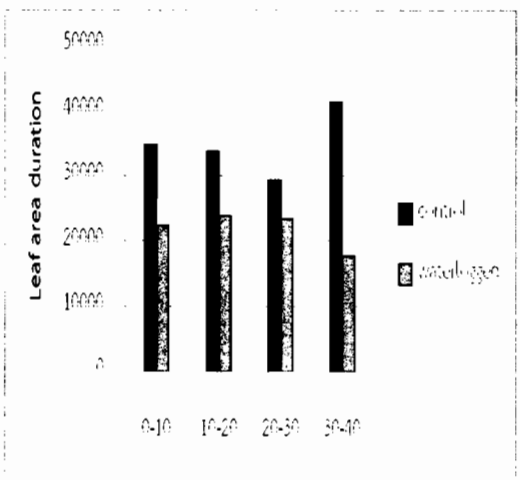
Mombasa guinea



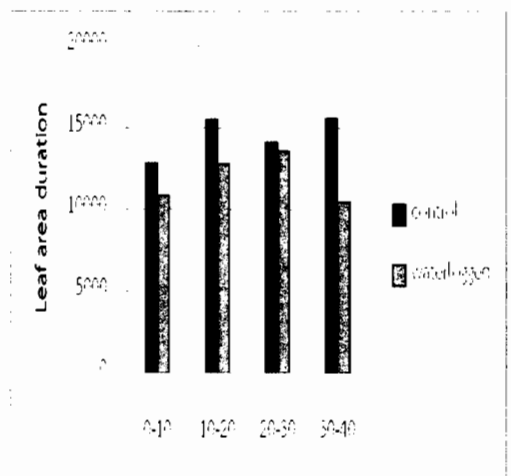
Purple guinea



Mulato II



Cayman



Brachiaria humidicola

ภาพที่ ข.1 Effect of waterlogging during elongation stage on leaf area duration of six forage grasses

ตารางที่ ข.2 Interaction between waterlogging and number of tillers of six forage grasses at 40 days of waterlogging

Number of tillers/hill		
Grass	40 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged
UP[1/]	6.50	5.50
MG	9.10	8.30
PG	10.90	6.30
MU	23.80	15.10
CM	33.30	22.60
BH	36.30	21.30

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.3 Interaction between waterlogging and leaf area of six forage grasses at 20 and 40 days of waterlogging

Leaf area (cm^2/hill)				
Grass	20 days of waterlogging		40 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[1/]	3056.78	4056.49	5249.13	4105.28
MG	5578.06	3772.17	4391.50	1321.32
PG	4091.87	3598.05	3156.41	1172.72
MU	4443.10	1489.85	4447.53	855.16
CM	3050.51	2814.59	5441.36	1668.30
BH	1408.90	1602.32	1700.27	985.19

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.4 Interaction between waterlogging and senesced leaf dry weight of six forage grasses at 30 and 40 days of waterlogging

Grass	Senesced leaf dry weight (g/hill)			
	30 days of waterlogging		40 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[1/]	14.08	9.81	17.92	13.95
MG	10.57	16.27	19.45	29.55
PG	7.57	11.39	12.62	23.66
MU	10.02	17.78	16.53	15.83
CM	10.19	19.35	16.52	20.40
BH	3.15	4.09	5.28	4.85

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.5 Interaction between waterlogging and green leaf dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging

Grass	Green leaf dry weight (g/hill)	
	20 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged
UP[1/]	15.96	20.57
MG	27.33	21.97
PG	21.70	15.88
MU	18.42	6.95
CM	11.81	12.81
BH	5.68	6.65

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.6 Interaction between waterlogging and stem dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging

Grass	Stem dry weight (g/hill)	
	20 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged
UP[1/]	10.45	12.41
MG	29.53	23.03
PG	47.82	23.74
MU	23.28	13.72
CM	20.54	26.84
BH	15.10	20.99

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.7 Interaction between waterlogging and total dry weight of six forage grasses at 20 days of waterlogging

Grass	Total dry weight (g/hill)	
	20 days of waterlogging	
	Control	Waterlogged
UP[1/]	30.00	37.98
MG	61.29	51.99
PG	74.08	44.60
MU	46.58	29.05
CM	38.79	51.88
BH	24.46	31.56

[1/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.8 Interaction between waterlogging and plant height of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging

Grass	Plant height (cm)									
	W10R30[1/]		W20R30				W30R30			
	1		1		2		1		2	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	91.23	90.99	91.23	96.74	99.04	107.06	96.30	105.21	100.10	115.52
MG	109.16	107.46	109.16	101.39	119.85	128.46	116.53	107.56	123.50	112.43
PG	97.82	97.62	97.82	95.18	109.01	100.75	104.64	96.83	114.68	108.96
MU	76.34	80.06	76.34	70.22	79.10	87.86	78.14	71.66	81.44	81.35
CM	78.38	81.84	78.38	78.68	94.06	103.18	81.66	88.31	101.06	110.38
BH	141.26	185.28	141.26	190.15	233.59	277.16	171.51	218.75	257.92	298.10

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.9 Interaction between waterlogging and number of tillers of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging

Grass	Number of tillers/hill							
	W10R30[1/]		W20R30				W30R30	
	2		1		2		1	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	12.12	8.87	12.02	10.18	11.00	10.12	11.43	10.56
MG	17.95	12.37	16.72	9.62	18.25	16.50	17.53	9.54
PG	17.62	14.50	14.75	10.18	16.06	11.37	16.21	10.35
MU	35.67	18.00	26.55	12.81	37.16	20.50	28.34	15.75
CM	32.45	16.50	25.30	17.87	38.12	21.87	25.93	20.56
BH	33.62	36.62	24.30	19.50	32.25	31.00	26.53	19.68

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.10 Interaction between waterlogging and leaf area of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging

Grass	Leaf area (cm2/hill)									
	W10R30[1/]		W20R30				W30R30			
	2		1		2		1		2	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	8659.37	5781.63	7428.21	4633.58	6597.33	4054.53	6455.33	4317.61	6918.15	4480.07
MG	9232.30	4562.09	7030.59	2516.76	8678.14	3566.27	7913.58	2917.03	7434.64	3309.03
PG	10244.00	4126.64	6162.47	2957.04	9553.34	3433.82	7866.08	2836.10	7865.55	3089.20
MU	9109.29	1337.01	6536.02	1490.58	6908.94	3545.22	8603.06	2184.16	9019.24	2905.75
CM	6957.84	2114.48	5544.02	1159.79	5488.82	3594.79	4734.02	2459.19	6088.90	3951.68
BH	3303.98	3075.00	2437.23	2609.56	3168.72	4078.75	2213.43	2678.19	4156.22	3848.47

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.11 Interaction between waterlogging and green leaf dry weight of six forage grasses at 10, 20, and 30 days of waterlogging

Grass	Green leaf dry weight (g)									
	W10R30[1/]				W20R30		W30R30			
	1		2		2		1		2	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	29.60	33.52	61.08	37.84	53.71	33.20	29.60	33.52	38.77	36.02
MG	22.81	15.62	54.03	23.81	48.26	19.09	22.81	15.62	32.25	11.55
PG	13.46	16.87	52.41	20.86	49.91	17.22	13.46	16.87	26.72	15.82
MU	18.70	16.59	49.52	7.52	37.52	19.22	18.70	16.59	24.58	10.16
CM	20.75	14.98	35.88	13.01	31.14	19.47	20.75	14.98	28.37	11.26
BH	8.43	11.44	15.69	20.21	21.83	24.36	8.43	11.44	10.79	16.62

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.12 Interaction between waterlogging and stem leaf dry weight of six forage grasses at 10, 20 and 30 days of waterlogging

Grass	Stem dry weight (g)											
	W10R30[1/]				W20R30				W30R30			
	1		2		1		2		1		2	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	10.59	15.75	25.99	18.24	12.91	16.26	21.72	15.72	14.34	18.62	26.87	17.88
MG	13.66	11.02	29.17	18.57	19.68	12.68	29.52	16.90	18.70	11.48	37.67	24.59
PG	8.37	14.19	36.79	17.30	17.05	13.45	29.33	14.94	16.83	15.44	31.82	19.19
MU	12.32	13.32	46.10	10.02	20.49	9.16	35.73	19.16	19.99	12.47	54.35	19.48
CM	17.13	17.83	39.49	23.35	24.91	19.01	41.86	32.48	33.94	20.40	62.11	42.05
BH	18.18	38.76	38.44	64.11	22.27	34.17	62.17	83.15	32.03	63.63	74.06	90.67

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ตารางที่ ข.13 Interaction between waterlogging and green total dry weight of six forage grasses at 10, 20 and 30 days of waterlogging

Grass	Total dry weight (g)									
	W10R30[1/]				W20R30		W30R30			
	1		2		2		1		2	
	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged	Control	Waterlogged
UP[2/]	41.69	59.14	101.31	81.89	99.96	91.52	59.59	76.40	128.17	107.17
MG	41.21	42.69	95.61	69.44	101.97	56.14	58.00	48.17	117.48	79.27
PG	24.73	47.84	103.08	61.19	98.55	54.22	52.83	51.97	105.10	60.82
MU	32.89	37.09	108.43	51.79	89.68	57.19	52.44	41.65	136.62	57.78
CM	41.87	45.79	93.30	62.41	91.39	81.28	72.04	54.14	141.81	96.98
BH	27.41	54.41	60.98	97.18	100.98	125.08	49.87	89.58	127.44	143.40

[1/] W...=days of waterlogging and R...days of recovery (twice)

[2/] UP=Ubon paspalum, MG=Mombasa guinea, PG=Purple guinea, MU=Mulato II, CM=Cayman, and BH=*Brachiaria humidicola*

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวสุภาพรรณ เพ็งเพชร

ประวัติการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2547

ผลงานทางวิชาการ

Hare, M.D., Tatsapong, P. and Phengphet, S. 2008. "Effect of storage duration, storage room and bag type on seed germination of brachiaria hybrid cv. Mulato", **Tropical Grasslands.** 42: 224–228.

Hare, M.D., Tatsapong, P. and Phengphet, S. 2009. "Herbage yield and quality of *Brachiaria* cultivars, *Paspalum atratum* and *Panicum maximum* in north-east Thailand", **Tropical Grasslands.** 43: 65-72.

Hare, M.D., Phengphet, S., Songsiri, T. and Sutin, N. 2554. "Tropical forage seed development at Ubon Ratchathani University : Research to seed export", ใน **การประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่** 8. น. 1-24 . อุบลราชธานี: โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอน คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์.

สุภาพรรณ เพ็งเพชร กิตติ วงส์พิเชษฐ ไมเคิล แฮร์ และ สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร. 2557. การเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังและการฟื้นตัวหลังน้ำท่วมขังของหญ้าอาหารสัตว์หกสายพันธุ์. ใน **การประชุมวิชาการ มอบ. ครั้งที่ 8 17-18 กรกฎาคม 2557**. น. 51-52. อุบลราชธานี: ณ อาคารเทพรัตนสิริปภา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ประวัติการทำงาน ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการวิจัยพืชอาหารสัตว์ (Ubon Forage Seeds) พ.ศ. 2548– ปัจจุบัน