



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีว
มวลของหญ้าเนเปียร์เชิงพื้นที่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

Research and Technology Development for Increasing Biomass Yield
and Quality of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) in
Zonning Areas for Electric Energy

โดย นายนรุตน์ วรามิตร และคณะ

สิงหาคม 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของ
หญ้าเนเปียร์เชิงพื้นที่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

คณะผู้วิจัย

1. นายณัฐ วรามีตร คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์
2. นางสาวศุภิสรา นัตรีเที่ยง คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์
3. นางสาวจิราพร เชื้อกุล คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์
4. นางบงกชรัตน์ ปิตินันต์ คณะสิ่งแวดล้อม ม.เกษตรศาสตร์
5. นางสาวจุฑามาศ ร่มแก้ว คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์
6. นายชัยสิทธิ์ ทองจุ คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์
7. นายประชา ตรีอินทอง คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง
ประเทศไทย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

เมื่อ พ.ศ. 2556 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีแนวนโยบายพัฒนาและส่งเสริมการปลูกพืชชีวมวลผลผลิตสูงชนิดใหม่คือ หญ้าเนเปียร์ เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทนเทียบเท่าประมาณ 10,000 MW โดยเฉพาะตั้งเป้าหมายการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพจากหญ้าชนิดนี้ให้ได้ประมาณ 3,000 MW ภายในปี พ.ศ. 2564 ต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2558 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้มีปรับปรุงแก้ไขแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (AEDP 2015) ใหม่ โดยมีเป้าหมายของการผลิตพลังงานชีวมวล 5,570 MW และก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน 680 MW

หญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่แห้งแล้ง ดินเลวที่ไม่สามารถปลูกพืชไร่เศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ได้ดี อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติของหญ้าชนิดนี้มักเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงเต็มศักยภาพได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีน้ำเพียงพอ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้มอบหมายให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จัดทำโซนนิ่งการปลูกหญ้าเนเปียร์ใน 3 พื้นที่ทั่วประเทศ ได้แก่ พื้นที่แล้งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ปลูกข้าวที่ได้ผลผลิตต่ำ พื้นที่นำร่องดังกล่าวมีลักษณะพื้นที่ที่ค่อนข้างเสื่อมโทรมไม่เหมาะต่อการปลูกพืชอาหารทั่วไป ซึ่งสำหรับสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเหล่านี้ถ้าจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น จำเป็นต้องมีวิธีการปฏิบัติจัดการที่แตกต่างกันไป แนวทางที่ใช้เพิ่มผลผลิตและคุณภาพหญ้าเขตร้อนที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือการใช้วิธีการเขตกรรม (cultural practices) ที่เหมาะสมกับพันธุกรรมพืช สภาพแวดล้อม และเงื่อนไขของเกษตรกร ซึ่งได้แก่ การใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องตามสมรรถนะของดิน ร่วมกับการจัดการน้ำ และวิธีการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสมกับพันธุกรรมพืชในสภาพแวดล้อมนั้น โดยเป็นการบูรณาการกันไปอย่างเป็นระบบ การศึกษาวิธีการเขตกรรมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ในแต่ละสภาพแวดล้อมจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายการผลิตพลังงานชีวมวล และเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรในการผลิตหญ้าเนเปียร์ภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่กำหนด (Zoning) ที่มีสมบัติดินและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเขตกรรมสำหรับปลูกหญ้าพลังงานเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับสภาพนิเวศเกษตรของพืชและการออกแบบชุดเทคโนโลยีองค์ประกอบการผลิตพืชชีวมวลเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพชีวมวลที่เหมาะสม และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันที่ต้องมีการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการ
เขตกรรมที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ในสภาพพื้นที่นาร่อง
ได้แก่ พื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่อุดมสมบูรณ์ต่ำ และพื้นที่เป้าหมายของ กฟผ. และมี
วัตถุประสงค์รอง ได้แก่

- 1) เพื่อศึกษาศักยภาพของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่เป้าหมาย
นาร่อง
- 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นต่อผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์
ในพื้นที่นาร่อง
- 3) เพื่อศึกษาระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลใน
สภาพพื้นที่นาร่อง
- 4) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายสด

เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยดังกล่าว โครงการวิจัยนี้จึงได้แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินการตอบสนองของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อสภาพแวดล้อม
ของพื้นที่นาร่อง 3 แห่ง

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการ
จัดการน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

การทดลองที่ 3 การจัดการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมในพื้นที่เสื่อมโทรม

การทดลองที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อ
จำหน่ายสด

ในการศึกษานี้ ทำการศึกษาในปี 2557/2558 ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช
เศรษฐกิจ 3 แห่ง ได้แก่ 1) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เป็นพื้นที่ตัวแทนพื้นที่น้ำท่วมขังบาง
ฤดูกาล 2) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี เป็นตัวแทนพื้นที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 3) อ.สีคิ้ว จ.
นครราชสีมา เป็นตัวแทนพื้นที่แห้งแล้ง โดยมีพันธุ์หญ้าเนเปียร์ทดสอบ 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ต้น
เตี้ยจำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ และมวกเหล็ก) และพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต้นสูง
จำนวน 6 พันธุ์ (ได้แก่ พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา Tifton ปากช่อง 1 บาน่า จักรพรรดิ)

สรุปผลการศึกษาของโครงการวิจัยที่ 1

การประเมินการตอบสนองของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่นาร่อง

จากการศึกษา พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ของพันธุ์ทดสอบ ทั้ง 9 พันธุ์ขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและควบคุมโดยสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลกับผลผลิตหญ้าเนเปียร์มากที่สุด คือปริมาณน้ำฝน และพลังงานศักย์ของน้ำ ในดินหรือระดับความชื้นของน้ำในดิน มากกว่าปัจจัยทางดินอื่นๆ จากพื้นที่ทดสอบ 3 พื้นที่ ในช่วงที่ศึกษาพบว่าที่ จ.นครปฐม เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนและมีปริมาณน้ำในดินชุ่มที่หญ้าเนเปียร์สามารถดึงไปใช้อย่างมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ จ.นครราชสีมา ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนต่ำ และพื้นที่ จ.กาญจนบุรี ที่ซึ่งจัดเป็นพื้นที่ดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ ร่วมกับมีปริมาณน้ำฝนต่ำ ทำให้หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกที่ จ.นครปฐมให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยเฉพาะพันธุ์ที่ต้องการน้ำมากและไม่ทนแล้ง เช่น บาน่า จักรพรรดิ และสุราษฎร์ พื้นที่ให้ผลผลิตรองลงมาคือ จ.นครราชสีมา และ จ.กาญจนบุรี

สรุปผลการศึกษาของโครงการวิจัยที่ 2

ศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการจัดการน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

ผลการศึกษาพบว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับน้ำในดินได้แตกต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับความต้องการน้ำ ต่อไปนี้ กลุ่มที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง (Kc) ได้แก่ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 พันธุ์ยักษ์ พันธุ์จักรพรรดิ พันธุ์สุราษฎร์ และพันธุ์มวกเหล็ก กลุ่มที่สองมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำปานกลาง ได้แก่ พันธุ์ธรรมดา และพันธุ์บาน่า และกลุ่มที่สามมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำต่ำได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ และพันธุ์ทิพตัน เมื่อนำข้อมูลมาทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) โดยหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์มี WUE อยู่ในช่วง 1.35–2.50 g/L แตกต่างกัน โดยพบว่า พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำก็สูงตามไปด้วย ซึ่งค่า Kc ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในการกำหนดปริมาณการให้น้ำของหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในเขตพื้นที่ต่างๆ ในประเทศได้ต่อไป

นอกจากนี้ ยังพบว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีความสามารถตอบสนองต่อระดับน้ำในดินได้ต่างกัน โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นพันธุ์ทรงพุ่มเล็กจัดว่าเป็นพันธุ์ที่ทนต่อสภาพแล้งจัดมากที่สุด แต่อ่อนแอต่อสภาพน้ำขังมากที่สุด ในขณะที่พันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักลดลงน้อยที่สุดในกลุ่มหญ้าเนเปียร์พันธุ์ต้นสูงเมื่อดินมีสภาพแห้งจัด คือพันธุ์ธรรมดา ส่วนพันธุ์สุราษฎร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ทิพตัน บาน่า และจักรพรรดิอ่อนแอต่อสภาพแล้งจัดมากที่สุด สำหรับในสภาพดินน้ำขังพบว่า หญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 มีผลผลิตน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น แสดงว่าหญ้าพันธุ์นี้ชอบพื้นที่ชุ่มน้ำหรือทนน้ำท่วม นอกจากนี้ ยังพบว่าหญ้าพันธุ์บาน่า ทิพตัน และ ธรรมดา

สามารถปลูกได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำได้รองลงมา ดังนั้น หญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ เหล่านี้ น่าที่จะเป็นพืชชีวมวลทางเลือกที่มีศักยภาพปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมต่างๆ ทดแทนการปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีปัญหาได้

สรุปผลการศึกษาของโครงการที่ 3

การจัดการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในพื้นที่เสื่อมโทรม

การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์สามารถให้ผลผลิตได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเก็บเกี่ยว และสภาพแวดล้อม โดยสามารถแนะนำได้ว่า การจัดการหญ้าเนเปียร์ซึ่งปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมมาก โดยเฉพาะเป็นพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ และแห้งแล้ง รวมทั้งเป็นพื้นที่ที่ขาดปัจจัยด้านการเจริญเติบโตต่อพืช ควรใช้ความถี่ในการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 ครั้งต่อปี หรือเก็บเกี่ยวที่ทุกๆ 120 วัน ขึ้นไป น่าจะมีความเหมาะสมกับการผลิตหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดังกล่าวมากที่สุด โดยพื้นที่ จ.นครปฐม พันธุ์จักรพรรดิ บาน่า และยักษ์ ให้ผลผลิตสูงที่สุด 16,279 กก./น้ำหนักแห้ง/ไร่ ขณะที่พื้นที่ จ.กาญจนบุรี พันธุ์บาน่า ให้ผลผลิต 10,831 กก./น้ำหนักแห้ง/ไร่ สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพื้นที่ จ.นครราชสีมา พันธุ์บาน่า ให้ผลผลิตสูงที่สุดเช่นกัน (11,099 กก./น้ำหนักแห้ง/ไร่) นอกจากนี้ ยังพบว่า องค์ประกอบด้านคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ %วัตถุดิบแห้ง %ความชื้น %ของแข็งทั้งหมด %ของแข็งที่ระเหยง่าย %เถ้า %องค์ประกอบที่ย่อยได้ภายในเซลล์พืช %เซลลูโลส %เฮมิเซลลูโลส %ลิกนิน %การย่อยได้ทั้งหมด รวมทั้งแร่ธาตุ C H O N ในชีวมวล ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในกระบวนการแปรสภาพเป็นพลังงาน และก๊าซชีวภาพนั้น จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบเชิงคุณภาพและเคมีเหล่านี้มีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความถี่ในการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ รวมถึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกด้วย ซึ่งพบว่า เมื่อลดความถี่ในการเก็บเกี่ยวหญ้าต่อปีลง องค์ประกอบลิกนินเซลลูโลส %วัตถุดิบแห้ง และ %C ในหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้น แต่ %N เถ้า ความชื้น ลดลง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน แต่ค่าการย่อยได้ทั้งหมดของหญ้าเนเปียร์ลดลงด้วยเช่นกัน ซึ่งกรณีหลังนี้อาจไม่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพด้วยจุลินทรีย์

การศึกษานี้สามารถแนะนำว่า หากต้องการจัดการหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นวัตถุดิบชีวมวลในการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการเคมีความร้อน ควรตัดหญ้าในช่วงท้ายฤดู หรือตัดเพียง 1-2 ครั้งต่อปี สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหรือค่าความร้อนให้สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนของหญ้าเนเปียร์ พบว่า หญ้าพันธุ์เกษตรศาสตร์แม้จะสามารถให้ก๊าซมีเทนได้สูงสุด 317 m³ CH₄/dry ton รองลงมาได้แก่พันธุ์

จักรพรรดิ 286.7 m³ CH₄/ตันแห้ง แต่เมื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ แล้วอาจไม่ให้ผลผลิตพลังงานได้สูงสุด ซึ่งจากอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และความถี่ในการเก็บเกี่ยว ชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก (พันธุ์ต้นเตี้ย ใบดก) ที่เก็บเกี่ยวทุก 120 วัน ให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงกว่าการตัดทุก 45 90 และ 180 วัน มีปริมาณเฉลี่ย 1,394 –1,861 m³/ไร่ (เทียบเท่าผลผลิตไฟฟ้า 13,940–18,615 kWh/ไร่) ใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 360 วัน ยกเว้นในพันธุ์ปากช่อง 1 นอกจากนี้ ในบรรดา หญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์ พันธุ์บานาที่ตัดในระยะ 360 วัน เพียง 1 ครั้งต่อปี สามารถให้ผลผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 22,352 kWh/ไร่ ดังนั้น การเลือกพันธุ์ และระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก ควรพิจารณาจากการให้ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลร่วมกันจึงจะให้ศักยภาพการผลิตมีเทนได้สูงที่สุด

สรุปผลการศึกษาที่ 4

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่าย

การปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) มีต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ต่อปี ผลตอบแทนรวมต่อไร่ต่อปี และกำไรรวมต่อไร่ต่อปี มากกว่าในพื้นที่เขตภาคกลาง (อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม) ในเขตพื้นที่ภาคกลางการเก็บเกี่ยวผลผลิตหญ้าเพื่อให้ได้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุดสามารถกระทำได้ 2 ระยะการตัด กล่าวคือ ตัดหญ้าทุก 90 วันหรือจำนวน 4 ครั้งต่อปี ใน อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และตัดทุก 120 วันหรือจำนวน 3 ครั้งต่อปี ใน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ขณะที่พื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) การตัดทุก 120 วัน ให้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การนำพื้นที่เสื่อมโทรมหรือไม่มีความเหมาะสมต่อการผลิตพืชมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพืชพลังงานจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพ หากมีการจัดการที่เหมาะสม กรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกเขตพื้นที่ zoning พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช และพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ และนาข้าวอีกหลายประเภทเป็นจำนวนมาก จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มแนวทางในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เหล่านี้มาผลิตพืชพลังงานได้ต่อไป จากผลการศึกษา ยังชี้ให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์สามารถเป็นพืชพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่เสื่อมโทรม และ

ยังให้ชีวมวลที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นพลังงานได้หลายประเภท หากเลือกพันธุ์และวิธีการจัดการพืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

อย่างไรก็ตาม แนวทางในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนทั้งในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรมให้ได้ตลอดปีในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ ต้องควรมีการพิจารณาศึกษาวิจัยการจัดการน้ำชลประทาน และจัดการดินที่อย่างแม่นยำเหมาะสมต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ และเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุดิบชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้บรรลุตามเป้าหมายของนโยบายการเพิ่มปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนของประเทศต่อไป

บทคัดย่อ

(รหัสโครงการ) RDG57D0007

ชื่อโครงการ การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์เชิงพื้นที่ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

ชื่อนักวิจัย: นรณ วรามีตร คัทลียา ฉัตรเที่ยง จิราพร เชื้อกุล บงกชรัตน์ ปิตยนต์ จุฑามาศ ร่มแก้ว ชัยสิทธิ์ ทองจุ ประชา ตรีอินทอง

สถาบัน: ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน และคณะสิ่งแวดล้อม ม.เกษตรศาสตร์

E-mail Address : agmrw@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 20 เดือน

คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีแนวนโยบายพัฒนาและส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังขาดข้อมูลในการจัดการหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาศักยภาพของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่เป้าหมายนำร่อง 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นต่อผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่นำร่อง 3) เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาพดินในพื้นที่นำร่องต่อการผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 4) เพื่อศึกษาระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลในสภาพพื้นที่นำร่อง โดยศึกษาหญ้าเนเปียร์จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ มวกเหล็ก ธรรมดา ยักษ์ ทิพตัน บานา ปากช่อง 1 และจักรพรรดิ ในพื้นที่ 3 แห่ง ได้แก่ 1) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม (น้ำท่วมขังบางฤดูกาล) 2) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี (ดินขาดความอุดมสมบูรณ์) และ 3) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา (แห้งแล้ง) พ.ศ. 2557/2558 จากการศึกษา พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อสภาพอากาศและดินที่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำฝนต่อปีเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์ โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ และธรรมดาเป็นพันธุ์ที่ทนสภาพแห้งจัดที่สุด ขณะที่หญ้าพันธุ์ปากช่อง 1 ทนสภาพดินน้ำขังที่สุด หญ้าเนเปียร์มีประสิทธิภาพการใช้น้ำประมาณ 1.35–2.50 g/L หญ้าที่ปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมควรใช้ความถี่ในการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 ครั้งต่อปี (≥ 120 วัน ขึ้นไป) โดยพื้นที่ จ.นครปฐม พันธุ์จักรพรรดิ บานา และยักษ์ ให้ผลผลิตสูงที่สุด 16,279 กก./น้ำหนักแห้ง/ไร่ ขณะที่พื้นที่ จ.กาญจนบุรี และ จ.นครราชสีมา พันธุ์บานาให้ผลผลิต 10,831 และ 11,099 กก./น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ สูงกว่าพันธุ์ การเก็บเกี่ยวทุก 120 วัน ให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงกว่าการตัดทุก 45 90 และ 180 วัน มีปริมาณเฉลี่ย 1,394 –1,861 m^3 /ไร่ (เทียบเท่าผลผลิตไฟฟ้า 13,940–18,615 kWh/ไร่) ยกเว้นเกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก ใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 360 วัน แนวทางในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนทั้งในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรมให้ได้ตลอดปีในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ ต้องควรมีการพิจารณาศึกษาวิจัยการจัดการน้ำชลประทานและจัดการดินอย่างแม่นยำเหมาะสมต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ และเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุดิบชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้บรรลุตามเป้าหมายของนโยบายการเพิ่มปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนของประเทศต่อไป

Keywords : ชีวมวล เชื้อเพลิงชีวภาพ การจัดการพืช พลังงานไฟฟ้า หญ้าเขตร้อน

Abstract

Project Code : RDG57D0007

Project Title : Research and Technology Development for Increasing Biomass Yield and Quality of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) in Zonning Areas for Electric Energy

Investigator : Naroon Waramit, Cattaleya Chatueng, Jiraporn Chaukul, Bongkotrat Pitiyont, Jutamas Romkeaw, Pracha Tri-in-thong, Chaisit Thongjoo
Department of Agronomy, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, and Faculty of Environment Kasetsart University

E-mail Address : agrnrw@ku.ac.th

Project Period : 20 months

The National Energy Policy Council has raised target of biogas production from Napier Grass on degraded land. However, there is currently no information on crop management on these lands for biofuel production. Therefore, the objectives of this research project were to 1) determine the efficiency of napiergrass in response to environmental conditions of targeted areas, 2) study the effect of soil moisture level on biomass yield and quality of napiergrass, 3) determine the effect of soil condition of the targeted areas on napiergrass production, and 4) determine the optimal harvesting time for increasing yield and quality of napiergrass biomass on targeted areas. These research were conducted to examine 9 napiergrass cultivars (Kasetsart, KU; Surat, SR; Mauklek,M; Common,CM; King,K; Tifton,TT; Bana,BN; Pakchong1,PC; and Chakapadi, CP) on 3 locations including 1) Kamphaeng Saen, Nakhon pathom (flooded areas in some season) , 2) Panomthuan, Kanchanaburi (low soil fertility), and 3) Sikiew, Nakhonrachasima (Drough area) in 2014/2015. It was found that growth and yield of each cultivar differently responded to weather and soil conditions. Rainfall was the major limiting factor for growth and yield of all cultivar. KU and CM were tolerant to very dry soil while PC was tolerant to saturated water soil. Water use efficiency (WUE) of Napiergrass was 1.35–2.50 g/L, approximately. Napiergrass in which was grown on degraded areas should be harvested with <3 times/year (≥120 days). In Nakhon pathom, CP, BN, and K provided the highest dry biomass yield of 16,279 kg/rai/y. In Kanchanaburi and Nakhonrachasima, among 9 cultivars, BN gave the highest dry biomass yield of 10,831 and 11,099 kg/rai/y, respectively. All cultivar with exception of KU and ML harvested at every 120 day/y produced higher CH₄ production (1,394 –1,861 m³/rai, equal to 13,940–18,615 kWh/rai) than those harvested at every 45, 90, and 180 day/y which was similar to those harvested at 360 day. The future research on irrigation system and soil management on degraded areas would be one of promising strategies for all year round biofuel production from napiergrass both in community and industrial scales. Finally, these would increase biomass feedstock for electric power production to meet the policy target of biofuel production and use in Thailand.

Keywords: biomass, biofuel, crop management practices, electric power, warm-season grass

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย	5
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
บทที่ 4 การประเมินการตอบสนองของพันธุ์ หญ้าเนเปียร์ต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่ นาร่อง	30
บทที่ 5 ศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการจัดการน้ำต่อ ลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและ คุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์	66
5.1 การตรวจสอบและประเมิน ประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ	
5.2 ศึกษาผลกระทบของระดับความชื้น ในดิน ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์	
บทที่ 6 การจัดการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในพื้นที่ เลื่อมไทร	92
บทที่ 7 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการ ผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายสด	157
บทที่ 8 บทสรุป	179
เอกสารอ้างอิง	181

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก กอปรกับความกังวลเกี่ยวกับปัญหาสภาวะโลกร้อน (global warming) และสภาวะเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก (climate change) ซึ่งเกิดจากผลกระทบของการใช้น้ำมันปิโตรเลียมตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา ด้วยเหตุนี้ จึงนำไปสู่ความตื่นตัวเพื่อแสวงหาแหล่งพลังงานสะอาดทดแทนการใช้พลังงานฟอสซิล ลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก (greenhouse gases) ความเป็นมิตรยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถผลิตได้เองในปริมาณเพียงพอกับความต้องการในประเทศ พลังงานจากชีวมวล (lignocellulosic biomass) เป็นทางเลือกที่กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม วัตถุดิบชีวมวลได้จากพืชผลทางการเกษตรมากมาย ได้แก่ มูลสัตว์ ฟางข้าว และยอดอ้อย เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเศษเหลือทิ้งของพืชดังกล่าวมีศักยภาพที่จะนำมาผลิตพลังงานทดแทนได้ แต่วัตถุดิบเหล่านี้มีปริมาณจำกัดในบางฤดูกาล อาจมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตพลังงานทดแทนได้ตลอดปี คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติจึงมีแนวนโยบายส่งเสริมและพัฒนากการปลูกพืชพลังงานผลผลิตชีวมวลสูง เพื่อเพิ่มความสะดวกของปริมาณความต้องการวัตถุดิบ พืชชีวมวลซึ่งกำลังมีการกล่าวถึงมากที่สุดขณะนี้ คือ พืชจำพวกหญ้าโตเร็ว ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ โดยใน พ.ศ. 2555 มีการกำหนดแผนโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานทดแทนจากหญ้าพลังงานครบวงจร โดยมีเป้าหมายเพิ่มศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากหญ้าชนิดนี้เกือบ 10,000 MW โดยนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเทียบเท่า 3,000 MW และยังสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานความร้อนชีวมวล 4,800 MW ภายในปี พ.ศ. 2564 (ตารางที่ 1) เพื่อจะช่วยลดการใช้ก๊าซผลิตไฟฟ้าจากปัจจุบัน 70% ให้เหลือเพียง 45% (กรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2556)

ต่อมา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558) ได้ปรับปรุงเป้าหมายการผลิตพลังงานทดแทน ระหว่าง พ.ศ. 2557-2579 ขึ้นใหม่ โดยกำหนดเป้าหมายของการผลิตพลังงานชีวมวล 5,570 MW และก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน 680 MW (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ปรับเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทน (25%) เพื่อการผลิตไฟฟ้าใน 10 ปี (2555-2564)

ประเภทไฟฟ้า	เป้าหมาย (MW)		Capacity Factor (CF)	Energy (ล้านหน่วย)		ktoe	
	เดิม	ใหม่		เดิม	ใหม่	เดิม	ใหม่
1. พลังงานลม	1,200.00	1,800.00	0.15	1,576.80	2,365.20	134.36	201.54
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,000.00	3,000.00	0.15	2,628.00	3,942.00	223.93	335.90
3. พลังงานน้ำ (ขนาดเล็ก)	324.00	324.00	0.35	993.38	993.38	84.65	84.65
พลังงานน้ำแบบสูบกลับ	1,284.00	-	0.70	7,873.49	-	670.90	-
4. พลังงานชีวมวล	3,630.00	4,800.00	0.70	22,259.16	29,433.60	1,896.70	2,508.04
5. ก๊าซชีวภาพ	600.00	600.00	0.60	3,153.60	3,153.60	268.72	268.72
หญ้าเนเปียร์	-	3,000.00	0.80	-	21,024.00	-	1,791.46
6. พลังงานจากขยะ	160.00	400.00	0.60	840.96	2,102.40	71.66	179.15
7. พลังงานรูปแบบใหม่	3.00	3.00	0.40	10.51	10.51	0.90	0.90
รวม	9,201.00	13,927.00		39,335.90	63,024.70	3,351.81	5,370.33

ที่มา: คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (2556)

ตารางที่ 2 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง(2557-79)

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557* (เมกะวัตต์)	เป้าหมายปี 2579 (เมกะวัตต์)
1. ชยะชุมชน	65.72	500.00
2. ชยะอุตสาหกรรม	-	50.00
3. ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.50	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	142.01	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680.00
7. พลังงานลม	224.47	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	-	2,906.40**
รวมเมกะวัตต์ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	4,494.03	19,684.40
รวมพลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	17,217	65,588.07
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ (ล้านหน่วย)	174,467	326,119.00
สัดส่วนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (%)	9.87	20.11

* รวมการผลิตไฟฟ้านอกกริด (Including off grid power generation) และไม่รวมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดใหญ่

** เป็นกำลังการผลิตติดตั้งที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน โดยพลังงานน้ำขนาดใหญ่ถูกรวมเป็นเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ในแผน AEDP2015 (ที่มา: <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/AEDP2015.pdf>)

หญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ไม่มากนักในพื้นที่แห้งแล้ง ดินเลวที่ไม่สามารถปลูกพืชไร่เศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ได้ดี อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติของหญ้าชนิดนี้มักเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง โดยเฉพาะในเขตชลประทาน เช่นเดียวกับพืชไร่อื่นทั่วไป จากรายงาน พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ สามารถให้ผลผลิตแปรปรวนอยู่ระหว่าง 8-80 ตันต่อไร่ต่อปี จากการคำนวณหญ้าเนเปียร์ 1 ตัน สามารถผลิตไบโอแก๊สได้ 160-190 ลูกบาศก์เมตร หากต้องการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 1 เมกะวัตต์ ต้องใช้พื้นที่ปลูกหญ้าประมาณ 438 ไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์, 2556)

เนื่องจากพื้นที่ทางการเกษตรของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา การเพิ่มผลผลิตพืชด้วยการเพิ่มพื้นที่ปลูกอาจเป็นไปได้ยากในสภาวะปัจจุบัน นอกจากนี้ การส่งเสริมการปลูกพืชชีวมวลในพื้นที่ปลูกพืชอาหารอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ถูกต้องเช่นกัน เพราะอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงด้านอาหารของประเทศได้ ดังนั้น เมื่อไม่นานมานี้ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) มอบหมายให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จัดทำโซนนิ่งการปลูกหญ้าเนเปียร์ใน 3 พื้นที่ทั่วประเทศ ได้แก่ พื้นที่แล้งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ปลูกข้าวที่ได้ผลผลิตต่ำ เพื่อคัดเลือกพื้นที่นำร่องในการปลูกและการตั้งโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพผลิตไฟฟ้าจากหญ้าชีวมวลชนิดนี้ ในเบื้องต้นนำร่องปลูกหญ้าเนเปียร์ใน 10 ชุมชนทั่วประเทศ ชุมชนละ 1 พันไร่ เพื่อไม่มีการเข้าไปแย่งพื้นที่ปลูกพืชอาหาร(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556) พื้นที่นำร่องดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ค่อนข้างเสื่อมโทรมไม่เหมาะต่อการปลูกพืชอาหารทั่วไปหรือไม่เมื่อปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นแล้วมีความเสี่ยงต่อความล้มเหลวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสี่ยงต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ นอกจากนี้ ดินในพื้นที่ดังกล่าวยังมีสมบัติที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างของสภาพอากาศและสมบัติของดินเหล่านี้มีผลทำให้หญ้าชีวมวลมีระดับความสามารถในการให้ผลผลิตและคุณภาพมากน้อยแตกต่างกันไป ซึ่งสำหรับสภาพพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือมีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำเหล่านี้ ถ้าจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น จำเป็นต้องมีวิธีการบริหารจัดการที่แตกต่างกันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำหนดหรือใช้วิธีการเขตกรรม (cultural practices) เพื่อให้ได้ผลผลิตชีวมวลในระดับสูงอย่างยาวนานต่อเนื่องไปนั้น จะต้องพิจารณาถึงการใช้วิธีการจัดการดิน น้ำ และพืชบูรณาการกันไปอย่างเป็นระบบสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ในดินแต่ละประเภทและภายใต้สภาพอากาศที่มีอยู่จริงในพื้นที่นั้นๆ ผลการศึกษาถึงวิธีการเขตกรรมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ในแต่ละสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพิจารณาจัดทำคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการปลูกหญ้าในพื้นที่ต่างๆ (Zoning) ที่มีประเภทดินและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันได้อย่างแม่นยำมากกว่าที่จะจัดทำคำแนะนำเพื่อใช้สำหรับการปลูกหญ้าอย่างไม่มีขอบเขตแบบครอบจักรวาล โดยไม่มีการกำหนดขอบเขตหรือลำดับความสำคัญของปัจจัยการผลิตทางธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยการผลิต

ที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ เช่น สภาพอากาศและภูมิประเทศรวมทั้งชนิดดิน จากที่มีเป้าหมายในช่วง 10 ปี (2556-2565) เพื่อผลิตไฟฟ้าได้ 3000 เมกะวัตต์ ประเมินว่าอาจจะต้องใช้พื้นที่ในการปลูกหญ้าเนเปียร์มากถึง 10 ล้านไร่ โดยต้องไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ปลูกพืชอาหาร คงเป็นเรื่องท้าทายอย่างยิ่งในอนาคต คำแนะนำในการผลิตหญ้าเนเปียร์ในปัจจุบันใช้เพื่อผลิตเป็นพืชอาหารสัตว์ ซึ่งวัตถุดิบพืชอาหารสัตว์ที่ได้มีคุณภาพไม่เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานรูปต่างๆ ทั้งด้วยวิธีการทางชีวเคมี เช่น แก๊สชีวภาพ และเอทานอล และวิธีการทางเคมีความร้อน เช่น การเผา หรือแก๊สซิฟิเคชัน เป็นต้น การจัดการพืชอย่างเหมาะสมตามพื้นที่ นอกจากสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตพืชแล้ว ยังสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพวัตถุดิบชีวมวลตรงตามความต้องการของกระบวนการผลิตพลังงานประเภทต่างๆ อีกด้วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพเป็นหลัก

จากข้อมูลดังกล่าว เป้าหมายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำนวน 3,000 MW ด้วยการใช่วัตถุดิบชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่กำหนด (zoning) จึงเป็นเรื่องยาก หากขาดข้อมูลและความเข้าใจในการปฏิบัติอย่างถูกต้องตามสภาพปัจจัยที่ต่างกัน แต่เพื่อแก้ปัญหาการแข่งขันและขาดแคลนวัตถุดิบในอนาคต จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการจัดการพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่และพัฒนาคุณภาพให้เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการ คำนวณค่าต่อการลงทุน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาการจัดการเขตกรรมในสภาพพื้นที่ต่างๆ ซึ่งอาจเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับสภาพนิเวศเกษตร ให้มีความเหมาะสมกับการปลูกหญ้าพลังงานให้ได้ผลผลิตและคุณภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ และสร้างแบบโมเดลการผลิตพืชชีวมวลเพื่อสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันที่ต้องจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และปลอดภัยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นเป้าหมายหลักของโครงการนี้ และมีความสำคัญต่อความสำเร็จของแผนนโยบายด้านการใช้พลังงานทดแทน 30% ภายใน พ.ศ. 2579

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการเขตกรรมที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ในสภาพพื้นที่นาร่อง ได้แก่ พื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่อุดมสมบูรณ์ต่ำ และพื้นที่เป้าหมายของ กฟผ.

1.2.2 วัตถุประสงค์รอง

1.2.2.1 เพื่อศึกษาศักยภาพของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อการตอบสนองต่อสภาพพื้นที่เป้าหมายนำร่อง

1.2.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นต่อผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่นำร่อง

1.2.2.3 เพื่อศึกษาระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลในสภาพพื้นที่นำร่อง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1.3.1 โครงการวิจัยนี้จะทดสอบสายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 2 กลุ่ม คือ ต้นสูง และต้นเตี้ย จำนวน 8 สายพันธุ์ และมีพันธุ์ย่อยพลังงานเป็นพืชเปรียบเทียบ 1 พันธุ์ รวมทั้งหมด 9 พันธุ์

1.3.2 วิธีการเขตกรรมในโครงการวิจัยนี้ใช้วิธีการที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตหญ้าได้อย่างชัดเจน ได้แก่ การชลประทาน อัตราปลูก ระยะการเก็บเกี่ยว โดยจะทำการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการเขตกรรมเหล่านี้ต่อคุณภาพชีวมวลและผลผลิตก๊าซชีวภาพ (m^3 ไร่ $^{-1}$) จากหญ้าเนเปียร์ควบคู่กันไปด้วย

1.3.3 สถานที่ศึกษาวิจัยจะทำในพื้นที่จัดว่าเป็นพื้นที่นำร่องของกระทรวงพลังงานที่กำหนดเพื่อปลูกหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ พื้นที่ชุ่มน้ำ (จ.นครปฐม) พื้นที่แห้งแล้ง (จ.นครราชสีมา) และพื้นที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ (จ. กาญจนบุรี)

1.3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและประมาณรายได้สุทธิจากการผลิตหญ้าเนเปียร์จำหน่ายในรูปวัตถุดิบชีวมวลโดยมีอัตราการรายได้สุทธิมาตรฐานที่ 3,500 บาทต่อไร่เป็นอัตราเปรียบเทียบ (ตามที่รัฐได้กำหนดไว้ในแผนฯ)

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

หญ้าเนเปียร์ถือเป็นพืชชีวมวลประเภทหนึ่งสามารถนำมาผลิตพลังงานชีวภาพ เนื่องจากเป็นหญ้าที่มีเยื่อใยสูง (lignocellulosic material) ซึ่งสามารถผลิตเป็นพลังงานได้ทั้งการนำไปเผาตรง (direct combustion) หลังจากผ่านกระบวนการลดความชื้นแล้ว และการนำไปหมัก (anaerobic digestion) เป็นก๊าซชีวภาพหรือมีเทน หญ้าเนเปียร์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* จัดอยู่ในวงศ์ Poaceae หรือมีชื่อเรียกทั่วไปอีกชื่อหนึ่งเรียกว่าหญ้าเลี้ยงช้าง มีลักษณะลำต้นคล้ายต้นอ้อย โตเร็ว เป็นหญ้าในกลุ่มเดียวกับหญ้าโมเดลเพื่อผลิตพลังงานของประเทศเยอรมนี คือ miscanthus (*Miscanthus giganteus*) หญ้าเนเปียร์ถือว่าเป็นหญ้าอเนกประสงค์สามารถใช้ประโยชน์ได้ใน 2 รูปแบบ คือ พืชอาหารสัตว์ และพืชพลังงาน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โตเร็ว ให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถให้ผลผลิตได้สูงถึง 80 ตันต่อไร่ สามารถตัดได้ 8 ครั้งต่อปีโดยพื้นที่ปลูกหญ้า 1 ไร่สามารถนำมาเลี้ยงโคได้ประมาณ 5-6 ตัว ดังนั้น เมื่อคิดจากการเก็บเกี่ยวได้นานถึง 10 ปีต่อการปลูก 1 ครั้ง จึงทำให้มีต้นทุนในการปลูกต่ำมาก (ธนสิทธิ์, 2556) ผลผลิตหญ้าเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative character) ที่สภาพแวดล้อม (environment) มีอิทธิพลอย่างมากต่อการแสดงออกของแต่ละพันธุกรรม (genetics) ที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ดังนั้น การแสดงออกเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจึงเป็นไปตามกฎของพันธุศาสตร์ร่วมกับการจัดการเพื่อเสริมสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ การจัดการด้านการเกษตรกรรม จากพื้นฐานของการใช้ผลผลิตของหญ้า อันประกอบด้วยพันธุกรรมของหญ้าและสภาพแวดล้อม ที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของผลผลิตและคุณภาพ ทำให้การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่จะต้องพิจารณาถึงวิธีการปฏิบัติต่างๆ ที่เรียกว่าการเกษตรกรรม (cultural practices) ที่จะเอื้ออำนวยให้หญ้ามีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์และให้ผลผลิตสูง ปัจจัยสำคัญทางเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของหญ้าชีวมวล ได้แก่ การเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ การใช้ระยะปลูกและอัตราปลูกที่เหมาะสม การใช้ปุ๋ยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการน้ำ การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาผลผลิต เป็นต้น (Tilman et al., 2002)

พันธุ์หญ้าเนเปียร์ (Variety)

ข้อจำกัดที่สำคัญที่เป็นอุปสรรคต่อความสำเร็จในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพแปลงหญ้า คือ ความหลากหลายของชนิดและพันธุ์หญ้า ซึ่งหญ้าแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ความท้าทายอยู่ที่การเลือกชนิดหรือพันธุ์หญ้าที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และการใช้ประโยชน์ (Sanderson et al., 2004) ความสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีต่อศักยภาพสูงสุดของหญ้าเนเปียร์มีค่อนข้างจำกัด หญ้าชนิดนี้ให้ผลผลิตสูงเมื่อเจริญเติบโตใน

พื้นที่อุดมสมบูรณ์ ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอ และไม่ชอบดินทรายจัด ไม่ทนสภาพร่มเงา และไม่ทนน้ำท่วมขัง (กรมปศุสัตว์, 2553) จึงอาจมีความเสี่ยงต่อความล้มเหลวในเชิงนโยบายที่ทำการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสภาพไม่เหมาะสมตามธรรมชาติของพืช โดยขาดความเข้าใจในความสามารถของการปรับตัวต่อสภาพพื้นที่ปลูกแต่ละแห่ง โดยปกติแล้วการเลือกพันธุ์หรือชนิดพืชปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จะช่วยให้พืชแสดงศักยภาพสูงสุดออกมาได้เต็มที่ ในประเทศไทยมีการรวบรวมพันธุ์หญ้าเนเปียร์ไว้หลายสายพันธุ์ (ตารางที่ 2) พันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบัน ได้แก่ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ต้นเตี้ย เช่น เนเปียร์แคระ สุราษฎร์ เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก นอกจากนี้ ยังมีหญ้าเนเปียร์ต้นสูง ได้แก่ เนเปียร์ธรรมดา เนเปียร์ยักษ์ Wruck wona, Kampangsae, Tifton, ปากช่อง 1, เนเปียร์สีม่วง และบาน่า เป็นต้น

ตารางที่ 2 พันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่ได้รับคำแนะนำโดยกรมปศุสัตว์

พันธุ์	ความสูง (เมตร)	ผลผลิต (ตัน น้ำหนักแห้งต่อไร่)
1. ต้นเตี้ย (dwarf) เช่น เนเปียร์แคระ มวกเหล็ก เกษตรศาสตร์ และ สุราษฎร์	1-3	27-35
2. ธรรมดา (common)	2-6	13-51.4
3. ลูกผสม (P. purpureum x P. americanum) เช่น บาน่า ปากช่อง 1 Wruck wona อัลล่า ฟิล และ Tifton เป็นต้น	3-4	10-58.4

ที่มา: Kannika et al. (2011) และ กรมปศุสัตว์ (2553)

จากการศึกษาของ Kannika et al. (2013) พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ต้นสูงให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่าพันธุ์ต้นเตี้ย โดยระหว่างพันธุ์ต้นสูงยังสามารถให้ผลผลิตแตกต่างกัน ในบรรดาพันธุ์ต้นสูงทั้งหมด พันธุ์ Wruck wona ให้ผลผลิตสูงที่สุดประมาณ 12.4 ตันต่อไร่ รองลงมาเป็นพันธุ์กำแพงแสน (11.1 ตันต่อไร่) บาน่า (10.4 ตันต่อไร่) Tifton (10.3 ตันต่อไร่) ปากช่อง 1 (9.9 ตันต่อไร่) และเนเปียร์ธรรมดา (9.1 ตันต่อไร่) ตามลำดับ ขณะที่ Rengsirikul et al. (2013) รายงานว่า ในพื้นที่ชลประทาน อำเภอปากช่อง หญ้าเนเปียร์พันธุ์ Tifton ให้ผลผลิตสูงที่สุด 9.34 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ พันธุ์ Wruck wona ธรรมดา ปากช่อง 1 บาน่า กำแพงแสน มวกเหล็ก เฉลี่ย 8.34 8.22 8.24 7.86 7.41 5.62 และ 4.34 ตันต่อไร่ จากการ

ตัด 4 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งต่างจากรายงานของกรมปศุสัตว์ และสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ ซึ่งรายงานว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ให้ผลผลิตสูงที่สุดถึง 80 ตันต่อไร่ (ธนสิทธิ์, 2556) ความแปรปรวนในการให้ผลผลิตดังกล่าวยังเป็นที่สงสัยเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการจัดการเป็นสำคัญ

ระยะและอัตราการปลูก (Spacing and planting rate)

การใช้เทคโนโลยีการปลูกพืชที่เหมาะสมเป็นการจัดการทรัพยากรที่ดินในบริเวณที่ขาดแคลนพื้นที่ปลูกที่มีประสิทธิภาพ การเลือกใช้อัตราปลูกพืชที่เหมาะสมส่งผลให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้สูงสุด การกำหนดอัตราปลูกขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และสมรรถนะดินของพื้นที่นั้น (Cosgrove and Collins, 2003) งานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์บานาซึ่งปลูกด้วยระยะ 75x50 ซม. เมื่อตัดที่ระยะ 90 วันให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด เนื่องมาจากมีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่า และยังมีปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในชีวมวลสูงที่สุด แต่มีปริมาณเถาและไนโตรเจนซึ่งเป็นปัจจัยลบต่อกระบวนการผลิตพลังงานอยู่ในระดับต่ำกว่าการปลูกด้วยระยะปลูก 100 x 50, 100 x75 และ 75x75 ซม.

ระยะเวลาในการตัดหญ้าที่เหมาะสม (Harvest date)

การเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งของพืชเป็นผลมาจากการขยายขนาดของใบ ลำต้น และส่วนสืบพันธุ์ ซึ่งเรียกว่าการเจริญเติบโต ระยะการเจริญเติบโตของพืชเป็นปัจจัยหลักซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ (Nelson and Moser, 1994) ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องเข้าใจกระบวนการนี้เพื่อใช้ตัดสินใจในการจัดการพืชด้านต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง เช่น เวลาเก็บเกี่ยว และการใช้ปุ๋ย (Moore et al, 1991) Kannika et al. (2013) รายงานว่าหญ้าเนเปียร์พันธุ์ธรรมดา ยักษ์ บานา Wruck wona, Merkeron และพันธุ์แคระสามารถให้ผลผลิตเกิน 4 ตัน/ไร่/ปี เมื่อตัดที่ทุกระยะ 30 วัน (Ketkamalas, 2006) แต่ Hoshino (1975) รายงานไว้ว่าหญ้าเนเปียร์สามารถให้ผลผลิตได้สูงถึง 12 ตัน/ไร่/ปี เมื่อตัดทุกระยะ 60 วัน ที่พื้นที่ชลประทานของอำเภอหมากเหล็ก ในพื้นที่เดียวกันนี้ Kannika et al. (2011) รายงานว่า การตัดหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์บานา พันธุ์ธรรมดา และ พันธุ์หมากเหล็ก ที่ระยะทุก 3 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งได้สูงสุดประมาณ 8.03 ตันต่อไร่ ขณะที่การตัดหญ้าเนเปียร์ที่ระยะทุก 6 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 7.39 ตันต่อไร่

อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยต่อพืชชีวมวล (Fertilization)

ในสภาพแปลงหญ้าที่ถูกใช้โดยการตัดสดหลายครั้งต่อปีเพื่อนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทน ดินจะสูญเสียธาตุอาหารไปเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการดูดใช้ของพืช รายงานจากต่างประเทศพบว่า แปลงหญ้าที่ปลูกหญ้าล้วน และตัดสดทุก 60 วัน ดินจะสูญเสียธาตุอาหาร

ไปเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเทียบเท่ากับปุ๋ย 16-6-25 อัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ และยังมีธาตุอื่นๆ อีก เช่น Ca Mg และ P ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารที่หญ้าคูดใช้ต่อปี (Vincete-Chandler, 1974)]

ชนิด หญ้า	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	N	P	K	Ca	Mg
		----- (กิโลกรัมต่อไร่) -----				
รูซี่	5.3	53	9	74	24	12
เนเปียร์	4.4	53	12	89	17	11
กินนี	4.0	51	8	64	26	17

การใช้ปุ๋ยบำรุงดินแก่พืชเป็นวิธีการเกษตรกรรมที่สำคัญที่สุดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการธาตุอาหารของพืชเพื่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงสุด ในบรรดาธาตุอาหารจำเป็นหลักที่พืชต้องการจากดิน 9 ธาตุทั้งหมด ได้แก่ C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, และ S โดยทั่วไปหญ้าที่ปลูกในเขตร้อนต้องการธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณมากที่สุด (ตารางที่ 4) ดังนั้น การใช้ N และ K จึงเป็นแนวทางมีศักยภาพที่สุดวิธีหนึ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตในหญ้าเขตร้อนได้ (Brejda, 2000)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต้องการในยอดของหญ้าเขตร้อน

N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na
----- (กรัมต่อกิโลกรัม) -----							
20	2.1	18.7	2.5	1.9	1.8	NA	NA

ที่มา: Mathews et al. (2004)

Overman (1995) รายงานว่า การตรวจสอบการตอบสนองของผลผลิตของหญ้าเขตร้อนต่อการใส่ไนโตรเจนเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพโดยทำการศึกษาช่วงอัตราของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน หญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็วต้องการการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเช่นเดียวกับพืชทั่วไป ความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชคือปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำที่สุดในส่วนชีวมวลของพืช (ตารางที่ 2) ซึ่งการใส่ปุ๋ย N ในระดับที่สูงขึ้นสามารถให้ผลผลิตได้สูงที่สุด (Brejda, 2000) ประวิทย์ (2511) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ลูกผสมที่ได้รับปุ๋ย N อัตรา 0 30 60 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีสามารถเพิ่มผลผลิต

จาก 3.6 6.8 7.3 และ 16.4 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ และการใช้ N ยังช่วยเพิ่มคุณภาพวัตถุดิบชีวมวลให้เหมาะสมต่อการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนได้ โดยเฉพาะมีผลต่อค่า C/N และค่าการย่อยได้ (in vitro dry matter digestibility, IVDMD) โดยจุลินทรีย์ (Waramit et al., 2011) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตาม การใช้ไนโตรเจนผิดระยะหรือผิดอัตรามีผลกระทบต่อความคงทนของแปลงหญ้า เนื่องจากส่งเสริมการระบาดของวัชพืช เพิ่มต้นทุน และอาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยการปนเปื้อนลงดินและแหล่งน้ำ (Brejda, 2000)

การตอบสนองต่อโพแทสเซียมของหญ้ามักจะน้อยกว่าไนโตรเจน แต่สัดส่วนของปุ๋ย N:K ควรจะอยู่ระหว่าง 4:2 โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ N ติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน แต่การตอบสนองของพืชต่อ K แตกต่างกันไปตามชนิดพืชและความอุดมสมบูรณ์ของดิน สายัณห์ (2540) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยเพิ่มผลผลิตจาก 929 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อไม่ใช้ปุ๋ยเป็น 1678 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใช้ปุ๋ย K อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งของการตัด การสูญเสียธาตุไนโตรเจนและโปแตสเซียมจากดินส่วนใหญ่เกิดจากการดูดใช้ของพืช และถ้าพืชนั้นถูกตัดออกไปใช้ในรูปแบบการตัดสด ทำให้ระดับธาตุทั้งสองลดลงอย่างรวดเร็ว

อิทธิพลของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตหญ้า

(Water requirement and use)

น้ำเป็นปัจจัยหลักที่จำเป็นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ภายในพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นตัวทำละลาย (solvent) ธาตุอาหารพืชในดินเพื่อให้รากพืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ พืชทุกชนิดจึงต้องการน้ำเพื่อสร้างความเตโชโต นอกจากนี้ น้ำยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดปริมาณการให้ผลผลิตของพืชอีกด้วย พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิด พันธุ์ และอายุของพืชชนิดนั้น ๆ ดังนั้นในการปลูกพืช จึงจำเป็นต้องให้น้ำแก่พืชตามปริมาณความต้องการของพืช ทั้งนี้เพราะ ถ้าให้น้ำน้อยไป ก็จะส่งผลทำให้พืชเตโชโตช้าและให้ผลผลิตต่ำ แต่ถ้าให้น้ำมากเกินไปเกินความต้องการก็จะทำให้สิ้นเปลืองน้ำและค่าใช้จ่ายในการให้น้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด (สายัณห์, 2553)

ปัจจัยที่มีผลต่อการให้น้ำแก่พืช

1. สภาพแวดล้อมรอบๆ ต้นพืช ได้แก่ ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ
2. ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น

3. พีช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพีช พีชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน

สำหรับพีชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ ซึ่งเป็นระยะที่พีชโตเต็มที่ จากนั้นความต้องการน้ำจะค่อยๆ ลดลง

4. ดิน ซึ่งได้แก่ ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความ

เข้มข้นของเกลือในดินหรือสารเป็นพิษอื่นๆในดิน เป็นต้น

5. องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำ การเตรียมดิน ฯลฯ เป็นต้น

พื้นที่เกษตรหลายแห่งในประเทศไทยมีทรัพยากรจำกัดและขาดแคลน ส่วนใหญ่มักอาศัยน้ำฝนเป็นหลักในการเพาะปลูก และบางครั้งทรัพยากรน้ำถูกใช้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ มีการสูญเสียมาก การปลูกสร้างแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ก็เช่นเดียวกัน แหล่งน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตพีช แต่ข้อมูลด้านความต้องการน้ำและการให้น้ำของหญ้าเนเปียร์ในประเทศไทยยังมียู่งจำกัด วิรัช และคณะ (2538) รายงานว่า การขยายช่วงเวลาการให้น้ำจาก 7 และ 14 วัน เป็น 21 วัน มีผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ลดลง เกียรติศักดิ์ และคณะ (2546) รายงานว่า หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน 7 ชนิด มีปริมาณความต้องการใช้น้ำต่างกัน โดยพบว่า หญ้ากินนีสีม่วงต้องการน้ำมากที่สุดที่ 1297 มิลลิเมตร ขณะที่หญ้าเนเปียร์ต้องการน้ำต่ำที่สุด ประมาณ 1,207 มิลลิเมตร ต่อการตัด 8 ครั้ง อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของ Rengsirikul et al. (2013) พบว่า หญ้าเนเปียร์จำนวน 8 สายพันธุ์ที่ตัดในช่วงฤดูแล้งโดยไม่การให้น้ำชลประทานให้ผลผลิตลดลงมากเหลือเพียง 0.83 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดหญ้าช่วงฤดูฝนซึ่งให้ผลผลิตสูงถึง 2.48 ตันต่อไร่

กรมปศุสัตว์ (2556) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ตอบสนองต่อการให้น้ำได้ดี หากมีการให้น้ำแบบระบบพ่นฝอยทุก 3-5 วัน หรือปล่อยน้ำเข้าแปลง ทุกๆ 7-10 วัน จะสามารถผลิตหญ้าสดได้ตลอดทั้งปี เมื่อเก็บเกี่ยวหญ้าครั้งแรกเมื่ออายุ 75 วัน จากนั้นตัดใช้ประโยชน์ทุกๆ 60 วัน การปลูกหญ้าในพื้นที่ชลประทาน หรือให้น้ำโดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม จะสามารถผลิตหญ้าสดได้ตลอดปี ตัดหญ้าได้ 5-6 ครั้งต่อปี มีผลผลิตน้ำหนัสดประมาณ 70-80 ตันต่อไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 10-12 ตันต่อไร่ ดังนั้น การให้น้ำในช่วงฤดูแล้งจะช่วยให้พีชสามารถรักษาระดับผลผลิตไว้ได้ทั้งปี และสามารถเพิ่มปริมาณวัตถุดิบในรอบปีเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานผลิตพลังงานได้โดยไม่หยุดชะงัก

โดยทั่วไป เกษตรกรในเขตพื้นที่ชลประทานภายในประเทศเลือกใช้ระบบชลประทานในการปลูกพืชเศรษฐกิจแตกต่างกัน ส่วนใหญ่นิยมใช้ระบบชลประทานแบบระบบร่องคู (furrow

irrigation system) ระบบชลประทานแบบสปริงเกลอร์ (sprinkler irrigation system) และระบบชลประทานแบบหยดบนดิน (surface drip irrigation system) ซึ่งแต่ละระบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป (สมเกียรติ, 2546) โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจอย่างมันสำปะหลัง และอ้อย ซึ่งมีการใช้ระบบชลประทานที่หลากหลายแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มหันมาใช้ระบบชลประทานแบบหยดน้ำบนผิวดินมากขึ้นเนื่องจากสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าระบบชลประทานแบบร่องคูและแบบสปริงเกลอร์ และลดปัญหาโรคพืช อย่างไรก็ตาม จากรายงานทางวิชาการ พบว่า ข้อจำกัดที่สำคัญของระบบชลประทานแบบหยดบนดิน ก็คือการให้น้ำแบบนี้จะทำให้ดินในบริเวณรากเปียกชื้นเพียงบางส่วนเท่านั้น (Lamm and Trooien, 2003) การแผ่ขยายของรากพืชส่วนใหญ่จึงจำกัดอยู่แต่ในส่วนของดินที่เปียกชื้น และนอกจากนั้นยังทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยการซึมลึก (water percolation) ลงไปในดิน จากข้อจำกัดต่างๆ ของระบบชลประทานแบบต่างๆ เหล่านี้ จึงเป็นที่มาของคำถามที่สำคัญในการวิจัยและพัฒนาเพื่อหาทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวหรือจุดบกพร่องของระบบชลประทานแบบหยดบนผิวดินที่นิยมใช้กันอยู่ในประเทศไทย ซึ่งแนวทางในการวิจัยจะมุ่งเน้นเพื่อหาระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบชลประทานที่เกษตรกรนิยมใช้กันอยู่แล้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำการเกษตร และลดปัญหาข้อบกพร่องของระบบชลประทานที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทย ซึ่งระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่เป็นวิธีการชลประทานระบบใหม่ที่ใช้ในปัจจุบัน ยังไม่มีการใช้กันในประเทศไทย ทั้งๆ ที่ ระบบการชลประทานนี้มีการพัฒนาและใช้กันในประเทศอื่น ซึ่งระบบนี้อาจสามารถแก้ปัญหาบางประการของระบบการชลประทานระบบที่นิยมใช้ในประเทศไทยดังกล่าวได้ โดยการออกแบบระบบชลประทานที่จะทำให้ให้น้ำซึมผ่านเฉพาะจุดที่หัว (emitter) ในบริเวณใกล้รากพืช และยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นมายังระดับที่รากพืชสามารถใช้น้ำได้นอกจากนั้น ยังช่วยลดปัญหาการระเหยของน้ำจากการโดนแดดเผา เพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำกับพืช ซึ่งสามารถยืนยันได้จากรายงานผลการวิจัยของ Sakellariou *et al.* (2002) ที่พบว่า ประสิทธิภาพการให้น้ำกับพืชของระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ มีประสิทธิภาพการชลประทานและต่อการให้ผลผลิตของชูการ์บีต (sugar beet) มากกว่าระบบการให้น้ำแบบร่องคู และลดปัญหาวัชพืชได้ดีกว่าวิธีการให้น้ำแบบร่องคู ทำให้เกษตรกรมีปัญหาในการกำจัดวัชพืชน้อยลง ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็คือ เกษตรกรสามารถให้ปุ๋ยเคมีผ่านระบบชลประทานพร้อมน้ำไปด้วยก็ได้ทำให้ประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมี

พื้นที่แห้งแล้ง และพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นกลุ่มพื้นที่โซนนิ่งในการปลูกหญ้าเนเปียร์ ตามนโยบายของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช) การคัดเลือกพันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกมีความสำคัญต่อศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์มาก เนื่องจากหญ้าแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน หญ้าบางชนิดให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ดินอุดมสมบูรณ์ มีปริมาณน้ำพอเพียง บางชนิด

สามารถทนต่อสภาพความแห้งแล้ง หรือน้ำท่วมขัง ปัจจุบันยังขาดข้อมูลการตอบสนองของหญ้าเนเปียร์แต่ละชนิดต่อสภาพการขาดน้ำ และน้ำท่วมขัง ทำให้ไม่สามารถเลือกใช้พันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกได้

ในการเจริญเติบโตของพืช ต้นพืชเป็นต้นกลางที่มีปลายด้านหนึ่งคือรากที่อยู่ในดินที่เป็นแหล่งน้ำและธาตุอาหาร ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นใบที่สัมผัสอากาศ อากาศเป็นแหล่งดูดรับน้ำจากใบ การจะเข้าใจการตอบสนองของพืชจำเป็นต้องศึกษาทั้งสภาพน้ำในดิน ต้นพืช และสภาพอากาศปลายทางที่รับน้ำ จึงจะได้ภาพครบถ้วน เพื่อให้เข้าใจการตอบสนองของหญ้าเนเปียร์แต่ละชนิดต่อสภาวะน้ำในดินที่แตกต่างกันและการคัดเลือกพันธุ์หญ้าที่เหมาะสมกับพื้นที่แห้งแล้งและชุ่มน้ำ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาสภาพอากาศและสภาพน้ำในดิน ทั้งในสภาพควบคุมในโรงเรือน และสภาพแปลงปลูกจริง

คุณภาพชีวมวลจากหญ้าสำหรับผลิตพลังงานชีวภาพ (Biomass quality)

โดยปกติ หญ้าเนเปียร์ความสามารถในการให้ผลผลิตสูงทำให้หญ้าชนิดนี้มีความโดดเด่นเหนือกว่าพืชอื่นในการนำมาผลิตก๊าซมีเทนหรือเป็นวัตถุดิบร่วมกับถ่านหินสำหรับผลิตไฟฟ้า สายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่กรมปศุสัตว์ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก คือพันธุ์ปากช่อง 1 เป็นพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตและมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ที่ดี แต่วัตถุดิบของหญ้าอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพนั้น มีความแตกต่างจากคุณภาพของพืชพลังงานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการเผาด้วยความร้อน (thermo-chemical conversion) เพื่อผลิตไฟฟ้า หากนำวัตถุดิบชีวมวลที่มีคุณภาพดีในแง่ของพืชอาหารสัตว์มาผ่านกระบวนการผลิตพลังงาน นอกจากจะลดประสิทธิภาพและเพิ่มต้นทุนการผลิต เนื่องจากวัตถุดิบพืชอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการและผลผลิตควบคู่กัน คุณสมบัติของพืชอาหารสัตว์บางอย่างเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการแปรรูปเป็นพลังงานความร้อนได้แก่ มีองค์ประกอบลิกโนเซลลูโลสต่ำ แต่มีแร่ธาตุ เถ้า และปริมาณความชื้นสูง การนำวัตถุดิบชีวมวลอาหารสัตว์มาเผายังก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้ เช่น การปลดปล่อยแก๊ส NO_x HCl และ SO_x สู่บรรยากาศ เป็นต้น ขณะที่แร่ธาตุที่มีอยู่ในหญ้าอาหารสัตว์อาจเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ แต่เป็นปัจจัยลบต่อการผลิตเป็นพลังงานชีวภาพ ได้แก่ Si Ca Mg K Na Si และ P แร่ธาตุเหล่านี้เมื่อหลอมรวมเป็นเถ้า (ash) ทำให้เกิดตะกอนเคลือบเตาเผาลดประสิทธิภาพการทำงานและเพิ่มต้นทุนในการดูแลรักษาเตาเผา (Naik et al., 2010) ในทางตรงกันข้าม คุณภาพวัตถุดิบชีวมวลที่จะนำไปผลิตพลังงานด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (biochemical conversion) เช่น แก๊สชีวภาพ และเอทานอล ควรประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในปริมาณสูงเป็นหลัก ขณะที่ลิกนินเป็นปัจจัยขัดขวางการทำงานย่อยหรือหมักของจุลินทรีย์ รวมทั้งสัดส่วน C/N ratio ที่เหมาะสมเป็นปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์เช่นกัน ซึ่งปกติแล้วการจัดการหญ้าเพื่อเป็นพืชอาหารสัตว์มักจะได้รับสัดส่วน C/N ratio ต่ำหรือมีปริมาณ N สูง แต่

หากนำวัสดุติดดังกล่าวไปผลิตพลังงานจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง การจัดการเขตกรรมพืช ได้แก่ การเลือกชนิดพืช การใช้ปุ๋ย และระยะการตัดที่เหมาะสมกับชนิดพืชและสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานได้ (Waramit et al., 2011) จากงานวิจัยของ Kannika et al. (2011) พบว่า จากการตัดที่ระยะทุก 3 เดือน แม้ว่าให้ผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์สูงสุด แต่คุณภาพของชีวมวลที่ได้ต่ำกว่าการตัดที่ระยะ 6 และ 12 เดือน Waramit et al. (2012) รายงานว่า การตัดหญ้าเขตร้อน 4 ชนิดครั้งเดียวต่อปี ในช่วงปลายฤดูกลางจะให้ได้วัสดุชีวมวลที่เหมาะสมที่สุด

การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากพืชพลังงาน

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ผลิตขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารแบบปราศจากออกซิเจน (anaerobic process) โดยมีกลุ่มแบคทีเรียที่ เรียกว่า แบคทีเรียไร้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) จะทำการย่อยอินทรีย์สารและจะผลิตก๊าซชีวภาพออกมา อินทรีย์สาร หมายถึง สิ่งที่ใช้ในการหมัก อาจหมายถึงมูลสัตว์ เช่น มูลช้าง มูลสุกร มูลวัว มูลควาย เป็นต้น พืชต่าง ๆ เช่น เศษเหลือทิ้งจากพืช ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ผักตบชวา หญ้า หรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำเสียทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

กลุ่มแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลาย มีด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่

- 1) Psychrophilic แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญเติบโตและผลิตก๊าซได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 0–10 °C แต่จะผลิตก๊าซได้ปริมาณน้อยและเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากนี้
- 2) Mesophilic แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญเติบโตและผลิตก๊าซได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 30–40 °C ผลิตก๊าซได้ในปริมาณปานกลาง แต่จะทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี ถึงแม้อุณหภูมิจะแตกต่างกันเล็กน้อย
- 3) Thermophilic แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญเติบโตและผลิตก๊าซได้ในช่วงอุณหภูมิ 50–58 °C ผลิตก๊าซได้ในปริมาณมากที่สุดในบรรดาแบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่ม แต่แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความอ่อนแอมากที่สุด เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่สามารถทนได้

โดยที่องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจะประกอบด้วย มีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลัก มีประมาณ 50–70 % คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีประมาณ 30–40 % H_2 ประมาณ 5–10% N_2 ประมาณ 1–2% มีน้ำประมาณ 0.3% และมี H_2S อีกเล็กน้อย ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ปัจจุบันสารอินทรีย์ที่นิยมนำมาผ่านกระบวนการนี้แล้วให้ก๊าซชีวภาพคือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานเปียร์โรงงานผลไม้กระป๋อง เป็นต้น รวมทั้งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ จากกระบวนการดังกล่าวมีค่า COD ลดลงมากกว่า 80% และได้ก๊าซชีวภาพ 0.3 – 0.5 ลบ.ม./กิโลกรัม COD ที่ถูกกำจัดทั้งนี้ขึ้นกับ

คุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภท โดยทั่วไป ก๊าซมีเทนมีค่าความร้อนประมาณ 39.4 เมกะจูล/ลบ.ม.สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตรซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 kWh

ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

1) อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating temperature)

เมทาโนเจนไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 °C แบคทีเรียจะหยุดทำงาน อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) อุณหภูมิที่เหมาะสมที่เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือประมาณ 20–45 °C แต่ที่เหมาะสมที่สุด คือ ช่วง 37–41 °C โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก เทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ ประมาณ 50–52°C แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 °C แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า เทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิก จะเสถียรกว่า แต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิที่สูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่าข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิก คือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบ ทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ระหว่าง 7.0–7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดขึ้นเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะทำให้กระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรด-ด่างมาก และจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น อาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8–8 (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557)

3) องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

3.1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือ ตั้งแต่ 8–30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สูงมากไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีน

ให้ตัวเองและจะหมดย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมาก ๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนียซึ่งจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะมีปฏิกิริยากับแบคทีเรียที่ทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้ หาก C/N ratio อยู่เหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่น ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น มูลสัตว์โดยเฉพาะวัวควายมีอัตราส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาได้แก่ พืชดอกจอก ผักตบชวา และเศษอาหาร ขณะที่พางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูง อย่างไรก็ตาม สามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบ ที่มีอัตราส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไนโตรเจนต่ำได้ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

3.2 Biodegradability หรือ digestibility

ค่าการย่อยได้เป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์ต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ค่าการย่อยได้นี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดและพันธุ์พืช การจัดการพืช อายุพืช และสภาพแวดล้อม เป็นต้น ค่าการย่อยได้ของหญ้าเนเปียร์ลดลงตามระยะเวลาในการตัดที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีรายงานว่าพืชบางชนิดอาจให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน (Kaparaju *et al.*, 2002 และ Prochnow *et al.*, 2005) ซึ่งต่างจากหญ้าส่วนใหญ่ที่ผลผลิตก๊าซชีวภาพจะเพิ่มขึ้นหากเก็บเกี่ยวเมื่อหญ่ายังอ่อนอยู่ (Lehtomäki *et al.*, 2008)

3.3 ปริมาณ lignin

ลิกนินเป็นสารที่ขัดขวางการย่อยสลายโครงสร้างของ lignocellulose ในพืช โดยปริมาณลิกนินในพืชต่ำเป็นคุณสมบัติที่ต้องการสำหรับการนำพืชไปย่อยสลายแบบปราศจากอากาศ โดยทั่วไปปริมาณลิกนินในพืชผันแปรตาม ชนิดและพันธุ์พืช การจัดการพืช อายุพืช และสภาพแวดล้อม ซึ่งมักจะแปรผกผันกับค่าการย่อยได้ของพืช (Stewart *et al.*, 1984; Jones and Lazenby, 1988; Gunaseelan, 1997)

3.4 Soluble cell contents

เป็นองค์ประกอบที่อยู่ภายในเซลล์พืช บางครั้งเรียกว่า Neutral detergent-solubles ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน และน้ำตาลที่ละลายได้ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้สามารถถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น วัตถุดิบชีวมวลจากพืชที่มี soluble cell contents ในปริมาณสูงจะสามารถให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้นตามไปด้วย (Triolo *et al.*, 2011).

4) ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ คือปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป (เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ Acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา) จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก Methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

5) ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention time)

ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบถังหมัก หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะมีผลสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไป ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลง ขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14-60 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ค่า TSC อุณหภูมิขนาดและประเภทของ Digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไรโดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลากักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมด ดังนั้น เมื่อไรก็ตามที่แบคทีเรียย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

6) ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)

Solid content ของสารอินทรีย์ในการผลิตก๊าซชีวภาพแบ่งเป็นสองระดับคือ

High-solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า ~ 20%

Low-solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า ~ 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ High solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่า พื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่า ในทางกลับกัน ถังหมัก Low solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอน แต่ก็ต้องใช้พื้นที่ที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้น การที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อย และการผลิตก๊าซได้เร็วขึ้น

7) การคลุกเคล้า (Mixing)

การคลุกเคล้าตะกอน น้ำ และ สารอินทรีย์ เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

8) สารอาหาร (Nutrient)

สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโต นอกเหนือไปจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม สังกะสี โคบอลต์ ซีลีเนียม ทังสเตน และนิกเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ ในระดับที่สมดุลพอเพียง เพราะฉะนั้น ในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใด ๆ ลงไป

9) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic materials)

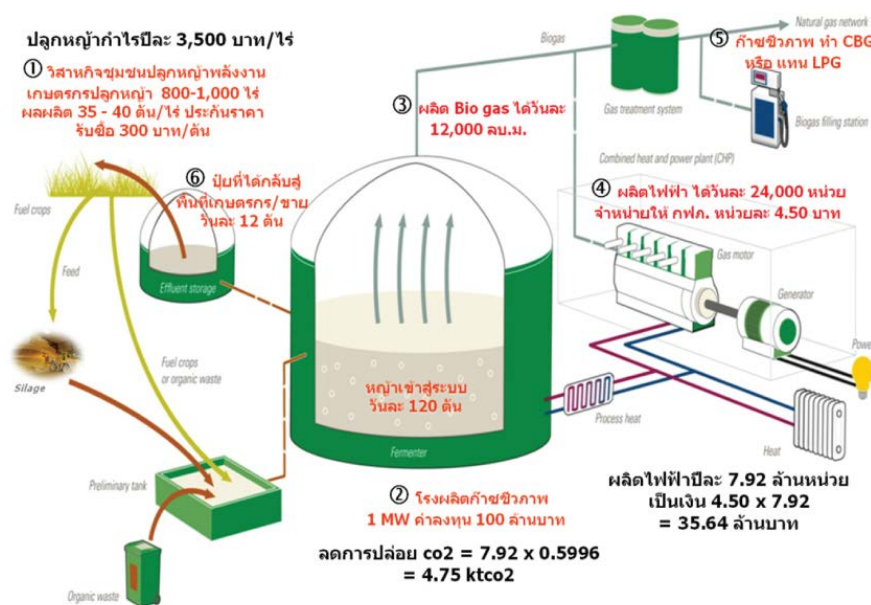
สารยับยั้งและสารพิษ เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจนหรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน สารพิษ โลหะหนัก สารทำความสะอาดต่าง ๆ เช่นสบู่ น้ำยาล้างต่าง ๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557)

การผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

ก๊าซชีวภาพ (biogas) จัดเป็นพลังงานทดแทนทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย โดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดให้เพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพสูงถึง 3600 MWไว้ในแผนการใช้พลังงานทดแทน 30% ภายใน 20 ปี (AEDP2015) อีกด้วย โดยทั่วไป ประเทศไทยมีผลผลิตชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม เกษตร ขยะอินทรีย์ และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบเหล่านี้มีอยู่ในปริมาณจำกัด ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ของกระทรวงพลังงาน ดังนั้น หญ้าเนเปียร์เป็นพืชพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่จะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในสภาวะไร้อากาศ (anaerobic digestion) โดยได้ก๊าซมีเทนสูงกว่า 50% มีต้นทุนในการเพาะปลูกต่ำ โดยโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานแต่ละแห่ง

ต้องมีแหล่งวัตถุดิบที่แน่นอน โดยเฉพาะจากหญ้าเนเปียร์ ในขนาด 1 M W นั้น จำเป็นต้องมีวัตถุดิบที่เข้าสู่ระบบอย่างน้อยประมาณ 120–140 ตันต่อวัน และควรมีวัตถุดิบสำรองในระบบ 10 วัน โดยใน 1 ปี จะเดินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 330 วัน (ภาพที่ 1) ใช้วัตถุดิบหญ้าเนเปียร์สดอย่างน้อย 39,600–46,200 ตันต่อปี และถือเป็นการันตีรายได้ที่ชัดเจนแก่เกษตรกรที่ต้องการเพาะปลูก

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับของกรมปศุสัตว์ รายงานว่า ต้นทุนเฉลี่ยสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ ประมาณ 271 บาทต่อตันหญ้าสด และราคารับซื้อหญ้าเนเปียร์ที่ไร่ของเกษตรกร 300 บาทต่อตันหญ้าสด โดยราคารับซื้อจะเพิ่มขึ้นทุกปีในอัตราร้อยละ 2.5 บาทต่อปี กล่าวคือโดยเฉลี่ยแล้วภายในระยะเวลา 20 ปี เกษตรกรจะมีรายได้เฉลี่ย 13,410 บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นกำไร 3,920 บาทต่อไร่ต่อปี ณ ผลผลิต 35 ตันหญ้าสดต่อไร่ต่อปี (เมื่อหักต้นทุนค่าไถเตรียมดิน ค่าปลูก ค่าบำรุงรักษา ค่าท่อนพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าจัดหาวัสดุประทัน ค่าเช่าพื้นที่ปลูก ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน)



ภาพที่ 1 ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ระยะเวลาที่ผ่านมา การผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยผลิตจากของเสียที่เกิดขึ้นจากภาคการผลิตทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเป็นพลังงานทดแทนได้ โดยเฉพาะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยฟาร์มเหล่านี้มีความต้องการใช้พลังงานที่มากขึ้นเนื่องจากการพัฒนารูปแบบการ

เลี้ยงเป็นแบบอัตโนมัติประกอบกับแรงจูงใจจากราคาขายไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความต้องการพลังงานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ของเสียที่เหลือทิ้งจากภาคการผลิตเหล่านั้นมีปริมาณจำกัด ไม่สามารถตอบสนองต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถหมักย่อยของเสียอินทรีย์ดังกล่าวได้มากกว่า 95% ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบมวลชีวภาพอื่นมาทำการหมักร่วม (co-digestion) ได้แก่ ขยะอินทรีย์ เศษอาหาร หรือขยะชีวภาพของเสียจากโรงงานผลิตภัณฑ์การเกษตรหรืออุตสาหกรรม รวมทั้งเศษพืชที่เหลือทิ้งในไร่นาในบริเวณใกล้เคียงโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้มากยิ่งขึ้น

ปัจจุบัน กระบวนการย่อยสลายร่วมเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง Hoe et.al (2003) และ Fernandez et al (2005) ได้นำขยะอินทรีย์ เศษอาหาร ไขมัน มาเป็นวัสดุหมักร่วมกับตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งและสารอินทรีย์จากขยะเทศบาลซึ่งสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่มีปัญหาได้เป็นอย่างดี และสามารถเพิ่มอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพได้ Lehtomaki (2006) รายงานว่า การใช้มูลวัวผสมกับหญ้าที่อัตราส่วน 70:30 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดก๊าซชีวภาพจาก $0.15 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ สำหรับการหมักย่อยเฉพาะมูลวัวเพียงอย่างเดียวเป็น $0.268 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$

Lehtomaki et al. (2006) พบว่า การนำหญ้ามาผ่านกระบวนการ pre-treatment ทั้งวิธีทางกายภาพและทางเคมีช่วยเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซมีเทนได้ โดยการนำหญ้าและฟางข้าวมาสับให้มีขนาดเล็กลงช่วยเพิ่มอัตราการเกิดก๊าซมีเทนเพียงเล็กน้อย แต่การแช่วัตถุดิบลงใน NaOH 2% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นจาก $0.23 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ เป็น $0.27 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ คิดเป็นร้อยละ 17% ในปี 2007 Letomaki et al. ยังพบอีกว่า การใช้วัตถุดิบผสมระหว่างมูลวัวกับฟางข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ในอัตราส่วน 30:70 จะให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนสูงสุดที่ $0.268 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ VS}$ สำหรับมูลวัวกับหญ้า และ $0.213 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ สำหรับมูลวัวกับฟางข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับมูลวัวอย่างเดียวจะให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ $0.15 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$ และการกำจัด VS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างหญ้าและฟางข้าวต่อมูลวัวด้วย

ในประเทศไทย ได้มีการศึกษาวิจัยโดยการใช้พืชมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยหญ้าเนเปียร์เป็นพืชพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากเมื่อนำมาทำหญ้าหมักได้ปริมาณก๊าซมีเทนสูง โดยสามารถเปรียบเทียบกับวัตถุดิบชนิดต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ และมีเทน ของวัตถุดิบชีวมวลประเภทต่างๆ

วัตถุดิบ	ความชื้น (%)	% ของแข็งที่ระเหยได้ (VS)	อัตราการเกิดก๊าซมีเทน ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS added}$)	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ($\text{m}^3 \text{biogas/ton fresh mass added}$)
มูลสุกร	–	24.84	0.13	58.71
มูลไก่	–	22.34	0.145	58.90
ฟางข้าว	59.4	32.31	0.34	199.73
ทะลายปาล์ม เปล่า	65.7	31.73	0.37	213.46
กากมัน สำปะหลัง	81.6	18.04	0.37	121.36
ผักตบชวา	91.27	7.36	0.35	46.84
ข้าวโพด	–	27.08	0.34	167.40
หญ้าเนเปียร์	79.23	21.34	0.30	116.40

ที่มา ศูนย์บริการข้อมูลโครงการศึกษา วิจัย ต้นแบบวิสาหกิจชุมชน (2556)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหญ้ามักมีปริมาณ N และสัดส่วน VFA: alkalinity ต่ำ จึงเป็นเหตุให้การใช้เศษพืชมาทำการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซมีเทนจะไม่สามารถให้ผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรมีการหมักมาหมักร่วม (co-digestion) กับวัตถุดิบอินทรีย์อื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จากการศึกษาของสถาบันและพัฒนาพลังงาน (2552) รายงานว่า วัสดุหมักร่วมระหว่างระหว่างเนเปียร์กับน้ำเสียฟาร์มสุกรด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP) โดยใช้อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ 30% VS ให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ $0.589 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{VS add}$ โดยหากใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรอย่างเดียวจะให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนน้อยกว่าซึ่งเท่ากับ $0.42 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{VS add}$

จักรพันธ์ (2553) รายงานว่า สภาวะที่ใช้ น้ำเสียฟาร์มสุกรเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนต่ำกว่าสภาวะที่ใช้วัสดุหมักร่วมอย่างมีนัยสำคัญ การใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรอัตราส่วน 30:70 ให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด เท่ากับ $0.629 (\pm 0.16) \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{VS}$ ซึ่งสูงกว่าสภาวะที่ใช้ น้ำเสียฟาร์มสุกรเพียงอย่างเดียวซึ่งมีค่าการเกิดก๊าซมีเทนจำเพาะเท่ากับ $0.240 (\pm 0.02) \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{VS}$

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2557) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยได้มีการตรวจสอบข้อมูลและวิจัยหญ้าจำนวน 20 ชนิดที่มีอยู่ในประเทศ อาทิ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าบาน่า หญ้า

ชน หญ้าแฝก เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ปัจจุบันนิยมนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์นั้นโดยตัดที่ระยะ 45 วันให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด โดยมีผลผลิตประมาณ 70 – 80 ตันสด/ไร่/ปี ซึ่งมากกว่าหญ้าชนิดอื่นเกือบ 7 เท่า นอกจากนี้ ยังพบว่ามีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น โดยมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ประมาณ 6,860 – 7,840 ลบ.ม./ไร่/ปี สามารถผลิตเป็นก๊าซไบโอมีเทนอัด (CBG) ได้ประมาณ 3,118 – 3,563 กก./ปี เหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนมากกว่าหญ้าชนิดอื่นๆ

จากการศึกษาของ ณัฐกาญจน์ (2557) ได้ตรวจสอบการผลิตก๊าซชีวภาพของปฏิกิริยารีดอกซ์แบบขั้นตอนเดียว โดยใช้หญ้าอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ 7 ชนิดได้แก่ หญ้าธัญชี กินีสีม่วง อะตราดัม พลิแคทูลัม หญ้าไรต์ แพงโกล่า และเนเปียร์ยักษ์ เป็นวัตถุดิบหลักร่วมกับมูลวัวในอัตราส่วน 75:25 จากการศึกษาพบว่า การใช้หญ้าเหล่านี้หมักร่วมกับมูลวัวทำให้ได้รับอัตราการผลิตก๊าซมีเทน 0.115, 0.170, 0.127, 0.131, 0.144, 0.140, และ 0.110 m³ CH₄ kg⁻¹ VS ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้มูลวัวเพียงชนิดเดียวเป็นวัตถุดิบในการหมัก ซึ่งมีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.088 m³ CH₄ kg⁻¹ VS จากการทดลองของ พิญาณี และคณะ (2557) พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่มีค่า TS 16.07 % และค่า TVS 87.69 % of TS เมื่อนำมาหมัก การใช้หญ้าเนเปียร์ผสมมูลโค (Co-digestion) ให้ผลผลิตมีเทน (Methane yield) สูงกว่าการหมักโดยใช้หญ้าเนเปียร์อย่างเดียว การผลิตก๊าซมีเทนที่ให้ผลดีที่สุดได้จากการหมักโดยใช้หญ้าเนเปียร์ผสมมูลโค ด้วยสัดส่วนหญ้าเนเปียร์ : มูลโค : น้ำ = 10 : 10 : 80 โดยใช้แหล่งเชื้อจุลินทรีย์จาก Rumen โค ได้ผลผลิตมีเทน 300 ลิตรต่อกิโลกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด หรือ 371 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งที่ระเหยที่ถูกกำจัด หรือ 194 ลิตรต่อกิโลกรัมหญ้าเนเปียร์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ที่เติมเข้าระบบ อย่างไรก็ตาม การหมักจำเป็นต้องมีการปรับ pH ให้เหมาะสมตลอดระยะเวลาการหมัก

ยุวดี และคณะ (2557) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทนได้ในการเดินระบบหมักแบบสองขั้นตอนอัตรากระบวนการบรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.97 กิโลกรัม ชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ระยะเวลาเก็บกักในถังหมักกรด 20 วัน และในถังสร้างมีเทน 25 วัน ผลผลิตก๊าซมีเทนที่ได้มีค่า 210 ลิตรต่อกิโลกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด หรือคิดเป็น 272 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยที่ถูกกำจัด และ 160 ลิตรต่อกิโลกรัมหญ้าแห้งที่เติมเข้าระบบ ดังนั้นการผลิตก๊าซมีเทนบริสุทธิ์ 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้หญ้าเนเปียร์ 6.25 กิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง

นอกจากนี้ สัดส่วน C/N ในชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ มักอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมสำหรับระบบการย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่อการผลิตก๊าซมีเทน (Callaghana et al., 2557) Wilawan et al. (2557) ตรวจสอบการผลิตก๊าซมีเทนด้วยสภาวะไร้อากาศโดยใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับมูลไก่โดยมี TS = 4% และมีการเปรียบเทียบสัดส่วน C/N ระดับต่างๆ ผลการศึกษา

ชี้ให้เห็นว่าผลผลิตก๊าซมีเทนได้รับสูงสุด ($0.27 \pm 0.01 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS added}$) เมื่อปรับค่า C/N ratio ด้วยยูเรียให้มีค่าอยู่ที่ระดับ 20 ซึ่งให้ก๊าซมีเทนสูงกว่าวัตถุดิบที่มีค่า C/N ratio เท่ากับ 30 ซึ่งให้ก๊าซมีเทนเท่ากับ $0.23 \pm 0.02 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS added}$ ที่ระดับ OLR เท่ากับ $1.1 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$

สืบสกุล และคณะ (2555) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์หรือของแข็งที่ระเหยง่ายต่อของแข็งทั้งหมดสูงถึง 90% และยังพบว่า อัตราส่วน C/N และ %TS ต่างๆ จะให้ปริมาณก๊าซมีเทนแตกต่างกัน การหมักย่อยหญ้าเนเปียร์ด้วยอัตราส่วน C/N=30 โดยมี %TS=4% และ C/N=54 ที่ TS=8% ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด (0.3034 และ $0.2975 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS added}$ ตามลำดับ) หากคิดที่ปริมาณหญ้า 1 กิโลกรัม จะให้ปริมาณก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.0647 และ $0.0634 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ ของหญ้า เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ ดังนั้น การเลือกใช้อัตราส่วน C/N=54 ที่ TS=8% มาเดินระบบเพื่อให้ขนาดของถังปฏิกรณ์มีขนาดเล็กที่สุดและยังเป็นการลดต้นทุนในส่วนของสารเคมีที่ต้องใช้ในการเดินระบบด้วย

Pranot and Pitipong (2557) ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเซตร้อน 7 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เนเปียร์ไต้หวัน A148 เนเปียร์ยักษ์ หญ้าบาน่า เนเปียร์แคระ เนเปียร์มวกเหล็ก และหญ้างินนิบอมมาซ่า จากการศึกษาพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์หญ้าและระยะปลูกต่อผลผลิตชีวมวลและผลผลิตก๊าซชีวภาพ โดยหญ้าเนเปียร์แคระให้ผลผลิตสูงที่สุด ($13.92 \text{ ตัน ไร่}^{-1} \text{ ปี}^{-1}$) เมื่อปลูกด้วยระยะปลูก 50×50 เซนติเมตร แต่หญ้าบาน่าและเนเปียร์ยักษ์สามารถให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด ขณะที่หญ้าเนเปียร์แคระให้ area-specific biogas สูงที่สุด ($1,430 \text{ m}^3 \text{ ไร่}^{-1} \text{ ปี}^{-1}$) เมื่อปลูกด้วยระยะ 50×50 เซนติเมตร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 โครงการวิจัยย่อย โดยมีอุปกรณ์และวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ประเมินการตอบสนองของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่นาร่อง

ขั้นตอนการดำเนินการ

1) **คัดเลือกพื้นที่ทำการทดลอง** จำนวน 3 แห่ง ในพื้นที่ตัวแทน จ.นครราชสีมา (พื้นที่แห้งแล้ง) จ.กาญจนบุรี (พื้นที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ปลุกข้าวได้ผลผลิตต่ำ) และ จ.นครปฐม (พื้นที่น้ำท่วมถึงบางช่วง)

2) **พืชทดสอบ** รวบรวมและเพาะต้นกล้าพันธุ์หญ้าทดสอบ จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ต้นเดียว จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ และมวกเหล็ก) และพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต้นสูง จำนวน 6 พันธุ์ (ได้แก่ พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา Tifton ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ) ซึ่งพันธุ์พืชทั้ง 9 สายพันธุ์เหล่านี้จะถูกใช้เป็นตัวรับทดลอง

3) **การจัดการแปลงปลูก** เตรียมดินอย่างประณีต ปลูกพืชทดสอบ

4) **การเก็บบันทึกข้อมูล**

4.1 บันทึกภูมิอากาศพืชและน้ำในดินของแปลงหญ้าเนเปียร์

ติดตั้งสถานีวัดสภาพอากาศแบบอัตโนมัติ โดยตรวจวัด ความชื้นในดิน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 แห่ง และติดตั้งเครื่องวัดพลังงานกำกับกอนดิน (watermark) ที่ 3 ระดับความลึกคือ 30 60 และ 90 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อวัดระดับพลังงานของน้ำในดินที่เป็นต้นทาง และสภาพอากาศที่เป็นปลายทางรับน้ำ ตลอดฤดูปลูกเพื่อความเข้าใจธรรมชาติการทำงานและการปรับตัวของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ในสภาพแปลงปลูกจริง

4.2 การจัดทำดินตัวแทนของพื้นที่ศึกษา (Site characterization) เพื่อประโยชน์ในการอ้างอิง และขยายผลงานวิจัย

4.3 วิเคราะห์สมบัติดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และหลังการปลูก เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก (Avail. P, Exch. K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg Ca) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่า pH, CEC-1N NH₄OAc, สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ soil texture

4.4 บันทึกตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างพืชที่อายุ 4 เดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุ C H O N ในใบ (nutrient concentration) ของหญ้าเนเปียร์ และความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง

4.5 วัดอัตราการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตต่อพื้นที่ต่อปี

วัดความสูงด้วยไม้วัดความสูงพืช พื้นที่ใบด้วยเครื่อง Portable Leaf Area Meter (Li-3100 บริษัท Licor Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา) บันทึกผลผลิตน้ำหนัสด โดยการตัดหญ้าที่ระดับพื้นดินที่อายุ 4 เดือน (3 ครั้งต่อปี) และนำมาหาผลผลิตน้ำหนักรวมต่อไร่ โดยนำตัวอย่างพืชสดมาอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ด้วย hot-air oven และคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักรวมต่อพื้นที่ด้วยสมการ

$$\begin{aligned} & \text{ผลผลิตน้ำหนักรวมต่อไร่ต่อรุ่น} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักรวมต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว} \times 1,600 \text{ ตารางเมตร}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ตารางเมตร)}} \end{aligned}$$

หมายเหตุ การหาผลผลิตน้ำหนักรวมต่อไร่ต่อปี ได้จากการนำผลผลิตน้ำหนักรวมต่อไร่ของแต่ละรุ่นมาบวกกัน (3 ครั้ง/ปี)

$$\begin{aligned} & \text{ความชื้นในวัตถุดิบชีวมวล (ขณะเก็บเกี่ยว)} \\ &= \frac{(\text{ผลผลิตน้ำหนัสด} - \text{ผลผลิตน้ำหนักแห้ง}) \times 100}{\text{ผลผลิตน้ำหนัสด}} \end{aligned}$$

ก่อนนำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการบันทึกสัดส่วนใบต่อดินโดยน้ำหนัก

5) สถานที่ปลูกทดสอบ

ปลูกในพื้นที่เป้าหมาย 3 แห่ง ได้แก่ จ.นครราชสีมา จ.กาญจนบุรี และ จ.นครปฐม

การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการจัดการน้ำ ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

โครงการวิจัยย่อยนี้ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

2.1) การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์

2.2) การศึกษาผลกระทบของระดับความชื้นในดิน ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิต
และคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ต่างๆ

1) แผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ โดยศึกษาพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ต้นเตี้ย 3 พันธุ์ ได้แก่ เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ และมวกเหล็ก พันธุ์ต้นสูง 6 พันธุ์ ได้แก่ ธรรมดา ปากช่อง 1 ยักษ์ บาน่า ทิปตัน และจักรพรรดิ ทำการทดลองในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ถึง 6 เมษายน 2559

2) ติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ (percolation type lysimeter)

ติดตั้งถังวัดปริมาณการใช้น้ำของหญ้าจำนวน 40 ชุด โดยถังมีขนาด 30 x 35 เซนติเมตร ชุดหลุมขนาด 1x1 เมตร วางถัง 4 ชุด ลงในหนึ่งหลุม ซึ่งแต่ละหลุมห่างกัน 3 เมตร ปลูกหญ้านวลน้อยจำนวน 4 ชุด และชุดหลุมห้องตรวจวัดปริมาณน้ำระบายขนาด 0.5 x 0.5 เมตร ด้านล่างของถังปลูกบรรจุ หินกรวด และทรายตามลำดับ หนาชนิดละ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำดินชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Soil series , Ks) ซึ่งจัดจำแนกอยู่ใน Typic Haplustalfs ; fine-silty , mixed isohyperthermic (Soil Survey Staff , 1975) ใส่ถัง ถังละ 20 กิโลกรัมดินแห้ง ทุกถังมีการต่อท่อจากกัน

ถึงไปยังห้องตรวจวัดปริมาณน้ำที่ระบายออก โดยในห้องตรวจวัดจะมีภาชนะรองรับน้ำจากถังปลูก ขนาด 2.5 ลิตร (ภาพที่ 19)

3) การปลูก

เตรียมท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์อายุประมาณ 3 เดือน ตัดเป็นท่อนให้มี 1 ตา เพาะลงในถาดเพาะที่ใช้ ขุยมะพร้าวร่วมกับดินเป็นวัสดุปลูก หลังจากต้นกล้ามีอายุ 2 สัปดาห์ ย้ายลงปลูกในถังที่เตรียมไว้ โดยใช้ระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร และนำหญ้านวลน้อยปลูกให้เต็มพื้นที่ในถัง หลังจากปลูกพืช 1 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ถึงละ 5 กรัม

4) การบันทึกผลและเก็บข้อมูล

4.1 บันทึกปริมาณน้ำเข้า และน้ำที่ระบายออก

เติมน้ำทุก 2 วัดบันทึกปริมาณน้ำที่เติม เก็บตัวอย่างน้ำที่ระบายออกจากถังปลูกหญ้าอังกิงและหญ้าเนเปียร์ทุก 7 วันจดบันทึก ตลอดระยะเวลา 2 เดือน และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวล นำค่าปริมาตรน้ำเข้าออกจากถังปลูกคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำเพื่อคำนวณหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) และประสิทธิภาพการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์และพืชอังกิง (หญ้านวลน้อย)

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) ของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์โดยเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอังกิง โดยใช้สมการ

$$K_c = E_{tc} / E_{to}$$

เมื่อ K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (หญ้าเนเปียร์)

E_{tc} = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (หญ้าเนเปียร์)

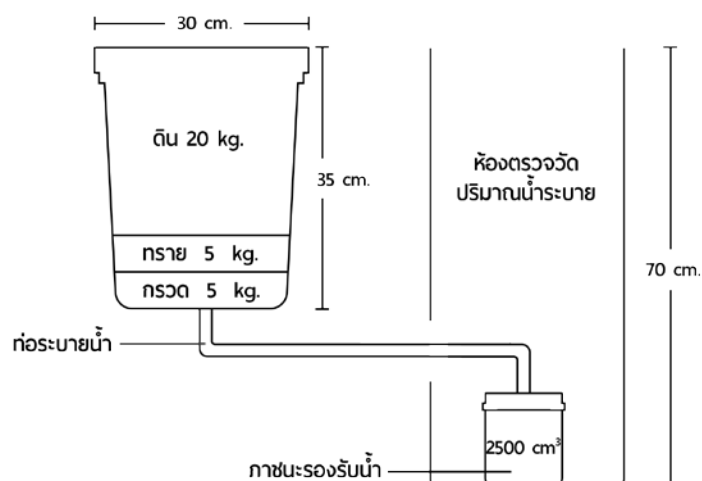
E_{to} = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอังกิง หรือ potential evapotranspiration

ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) คำนวณได้จากสมการ (Viets, 1962) ดังต่อไปนี้

$$WUE = \frac{\text{Crop yield (usually the economic yield)}}{\text{Water used to produce the yield}}$$

4.3 บันทึกการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวล ดังนี้

1. ความสูง บันทึกข้อมูลความสูงของทรงพุ่มของหญ้าเนเปียร์จากระดับพื้นดินจนถึงส่วนที่สูงที่สุดของทรงพุ่ม ด้วยไม้วัดความสูง และนำมาหาค่าความสูงเฉลี่ย ทำการวัดทุกๆ 2 สัปดาห์ จนเก็บเกี่ยว
2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น บันทึกข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นหญ้าเนเปียร์ วัดทุกๆ 2 สัปดาห์ จนเก็บเกี่ยว ทำการวัดทุก tiller ด้วย Vernier Calipers และนำมาหาค่าเฉลี่ย
3. จำนวนต้นตอกอ นับจำนวนต้นตอกอ ทำทุกๆ 2 สัปดาห์ จนเก็บเกี่ยว และนำมาหาค่าเฉลี่ย
4. พื้นที่ใบ ตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 60 วันหลังปลูก วัดพื้นที่ใบโดยใช้เครื่อง Portable Leaf Area Meter (Li-3100 บริษัท Licor Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา)
5. ชั่งน้ำหนักสดลำต้น และใบ โดยเก็บเกี่ยวทุก ๆ 60 วัน นำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแห้ง (ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) จากนั้นคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อปี โดยนำผลผลิตน้ำหนักแห้งแต่ละรุ่น (แต่ละระยะ 60 วัน) มาบวกกันจำนวน 6 ครั้ง



ภาพที่ 19 วิธีการติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ (percolation type lysimeter)

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดินต่อลักษณะทางสรีรวิทยา

ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์

1) **สถานที่และระยะเวลา** ทำการทดลองในเรือนทดลอง ณ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม

2) **พืชทดสอบ** ประกอบด้วย พันธุ์หญ้าเนเปียร์จำนวน 9 พันธุ์ (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) ซึ่งพันธุ์พืชเหล่านี้จะใช้เปรียบเทียบภายใต้สภาวะน้ำระดับต่างๆ โดยปลูกในสภาพเรือนทดลอง

3) การจัดการน้ำในดิน โดยการควบคุมและวัดระดับความน้ำในดิน ด้วยเครื่องวัดพลังงาน กำกับกอนดิน (soil matric potential, Ψ_m) โดยมีตำรับการทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1 ดินแฉะและอิมตัวด้วยน้ำ ($0 \text{ kPa} < \Psi_m < -10 \text{ kPa}$)

ตำรับที่ 2 ดินแฉะกำลังดี ($-10 \text{ kPa} < \Psi_m < -30 \text{ kPa}$)

ตำรับที่ 3 ดินแห้ง ($-30 \text{ kPa} < \Psi_m < -50 \text{ kPa}$)

ตำรับที่ 4 ดินแห้งมาก ($-50 \text{ kPa} > \Psi_m$)

4) บันทึกการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการให้ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของ หน่อกาเนเปียร์

4.1 ประเมินศักยภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชในระดับใบ เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างอาหารและชีวมวลของหน่อกาในสภาพน้ำที่ระดับต่างๆ

4.2 วัดพลังงานศักย์ของน้ำในดิน ต้น และอากาศ เพื่อประเมินความสามารถปรับตัวใน สภาวะแล้งและน้ำท่วมขัง

4.3 บันทึกเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต วัดความสูง พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ต่อพื้นที่ น้ำหนักแห้งใบต่อต้น เพื่อประเมินศักยภาพในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของหน่อกา 9 สายพันธุ์ (ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1)

การทดลองที่ 3 การจัดการเก็บเกี่ยวหน่อกาเนเปียร์ที่เหมาะสมในพื้นที่เสื่อมโทรม

1) สถานที่และระยะเวลา ปฐกในพื้นที่เป้าหมาย 3 แห่ง ได้แก่ จ.นครราชสีมา จ.นครปฐม และ จ.กาญจนบุรี (เริ่มปีที่ 1 เพื่อนำผลศึกษาที่ได้ไปใช้กำหนดวิธีการเก็บเกี่ยวในการทดลองอื่น ๆ ต่อไปในการวิจัยระยะที่ 2)

2) พืชทดสอบ ประกอบด้วย พันธุ์หน่อกาจำนวน 9 สายพันธุ์ (เช่นเดียวกับ การทดลองที่ 1) พันธุ์ พืชเหล่านี้จะใช้เปรียบเทียบช่วงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่ต่างกัน

3) เปรียบเทียบระยะเวลาและจำนวนครั้งในการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ ในพื้นที่ต่างๆ กรรมวิธีทดลองคือความถี่ในการเก็บเกี่ยว (Cutting frequency/ interval) ได้แก่ การเก็บเกี่ยว 1 ครั้ง, 2 ครั้ง (180 วัน), 3 ครั้ง (120 วัน), 4 ครั้ง (ทุก 90 วัน) และ 8 ครั้ง (ทุก 45 วัน) ต่อปี

4) การบันทึกข้อมูล

4.1 บันทึกสภาพอากาศ สมบัติดิน และความชื้นในดินของแปลงหญ้า เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4.2 บันทึกอัตราการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตต่อพื้นที่

วัดความสูง จำนวนแขนง และสุ่มตัดหญ้าตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อวัดน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งรวมต่อพื้นที่ สัดส่วนใบต่อต้น (ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1)

4.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางพลังงาน

ตัวชี้วัดในกระบวนการชีวเคมี (แก๊สชีวภาพ) ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณ cellulose, hemicellulose lignin, total solid (TS), volatile solid (VS), soluble cell content (ได้แก่ carbohydrates, lipids, pectin, starch, soluble proteins and non-protein nitrogen) วิเคราะห์ปริมาณ C H N O และ วิเคราะห์ปริมาณการย่อยได้ทั้งหมด (Total Digestibility) วิเคราะห์ค่าความร้อน (โดยน้ำหนักแห้ง) (higher heating value , dry basis) ตามวิธี AOAC (1980) ปริมาณความชื้น (ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173) และศึกษาปริมาณก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ด้วยวิธี Buswell (1952)

5) ศึกษาประเมินต้นทุนและผลตอบแทน

5.1 ทำการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตชีวมวลหญ้าเนเปียร์

5.2 ทำการรวบรวมข้อมูลการผลิตและทางเศรษฐศาสตร์ โดยการใช้แบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างผู้ปลูกแปลงหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งแบบสัมภาษณ์ประกอบด้วย 3 ส่วน

1) บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว

- 2) ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการผลิต ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร
- 3) ข้อมูลเกี่ยวกับผลตอบแทนการจำหน่ายชีวมวลหญ้าเนเปียร์

5.3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative analysis) เพื่อศึกษาค่าใช้จ่ายจากการลงทุนและรายได้จากผลตอบแทน เป็นการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาคำนวณหาต้นทุนและรายได้เฉลี่ยต่อไร่ต่อปี จากการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นวัตถุดิบชีวมวล

บทที่ 4

การประเมินการตอบสนองของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อ สภาพแวดล้อมของพื้นที่นำร่อง

การทดลองที่ 1 การประเมินการตอบสนองของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่นำร่อง

4.1. สภาพภูมิอากาศพืช

ข้อมูลอากาศและน้ำในดิน ณ พื้นที่ศึกษาของ อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม เริ่มบันทึกตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2558 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2558 และที่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา เริ่มบันทึกตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2558 ถึงวันที่ 1 มีนาคม 2559 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสภาพอากาศรายวันในแต่ละพื้นที่แสดงดังภาพที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามพื้นที่ จากการศึกษา พบว่า พลังงานแสงแดด ความเข้มแสงสูงสุดรายในพื้นที่ อ. สีคิ้ว และ อ. กำแพงแสน มีค่าสูงกว่า $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เกือบตลอดช่วงที่ศึกษา ยกเว้นในช่วงต้นเดือนมกราคม ถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์ และวันที่มีฝนตก (ในพื้นที่ อ. สีคิ้ว เครื่องบันทึกความเข้มแสงไม่บันทึกข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม ถึง กุมภาพันธ์) สำหรับ อ. พนมทวน ในช่วงเดือนมกราคม ถึงปลายธันวาคม มีค่าความเข้มแสงสูงสุดต่ำกว่าในอีก 2 พื้นที่ มีค่าประมาณ $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ได้ ซึ่งแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ทดลอง 3 พื้นที่ มีลักษณะและปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันชัดเจน ที่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา มีฝนตกค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีปริมาณสูงในช่วงตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึง กลางเดือนมิถุนายน และมีฝนเพียงเล็กน้อยในช่วงกรกฎาคม ถึง มกราคม และทิ้งช่วงในประมาณ 1 เดือน ปริมาณน้ำฝนรวม 311. มิลลิเมตร ใน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม เริ่มมีฝนตั้งแต่ช่วงกลางเดือนมีนาคมถึงกลางเมษายน และทิ้งช่วงประมาณ 1 เดือนและมีฝนตกชุกและมีปริมาณมากในช่วงกลางพฤษภาคมถึงกลางมิถุนายน ทิ้งช่วงอีก 2 เดือนในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมและมีฝนตกชุกอีกครั้งในเดือนกันยายนถึงปลายเดือนธันวาคม ปริมาณน้ำฝนรวม 866 มิลลิเมตร ส่วนในพื้นที่ อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี มีฝนตกน้อยมาก ปริมาณน้ำฝนทั้งปีรวม 83 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ซึ่งปริมาณน้ำฝนนี้จะส่งผลต่อปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ปลูกทั้ง 3 พื้นที่

สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20–35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 40–80% สังเกตเห็นความแตกต่างของแต่ละพื้นที่เพียงเล็กน้อย ซึ่งจะดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ต่อไป

แรงดึงระเหยน้ำ (air vapor pressure deficit, VPDair) เป็นค่าคำนวณจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะนั้นๆ แสดงถึงสถานะของน้ำที่ปลายทางของการสูญเสียจากต้นพืช ซึ่งอธิบายค่าได้ดังนี้

$$VPD_{air} = e_0 - e$$

เมื่อ

$$VPD_{air} = \text{แรงดึงระเหยน้ำของอากาศ, kPa}$$

$$e = \text{แรงดันไอน้ำจริง ณ อุณหภูมินั้น, kPa}$$

$$e_0 = \text{แรงดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมินั้น, kPa}$$

โดยที่ค่า e_0 เป็นค่าขึ้นกับอุณหภูมิอากาศขณะหนึ่ง ๆ คำนวณใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$e_0 (T_{air}) = 0.61083 \times 10$$

เมื่อ

$$T = \text{อุณหภูมิ, } ^\circ\text{C}$$

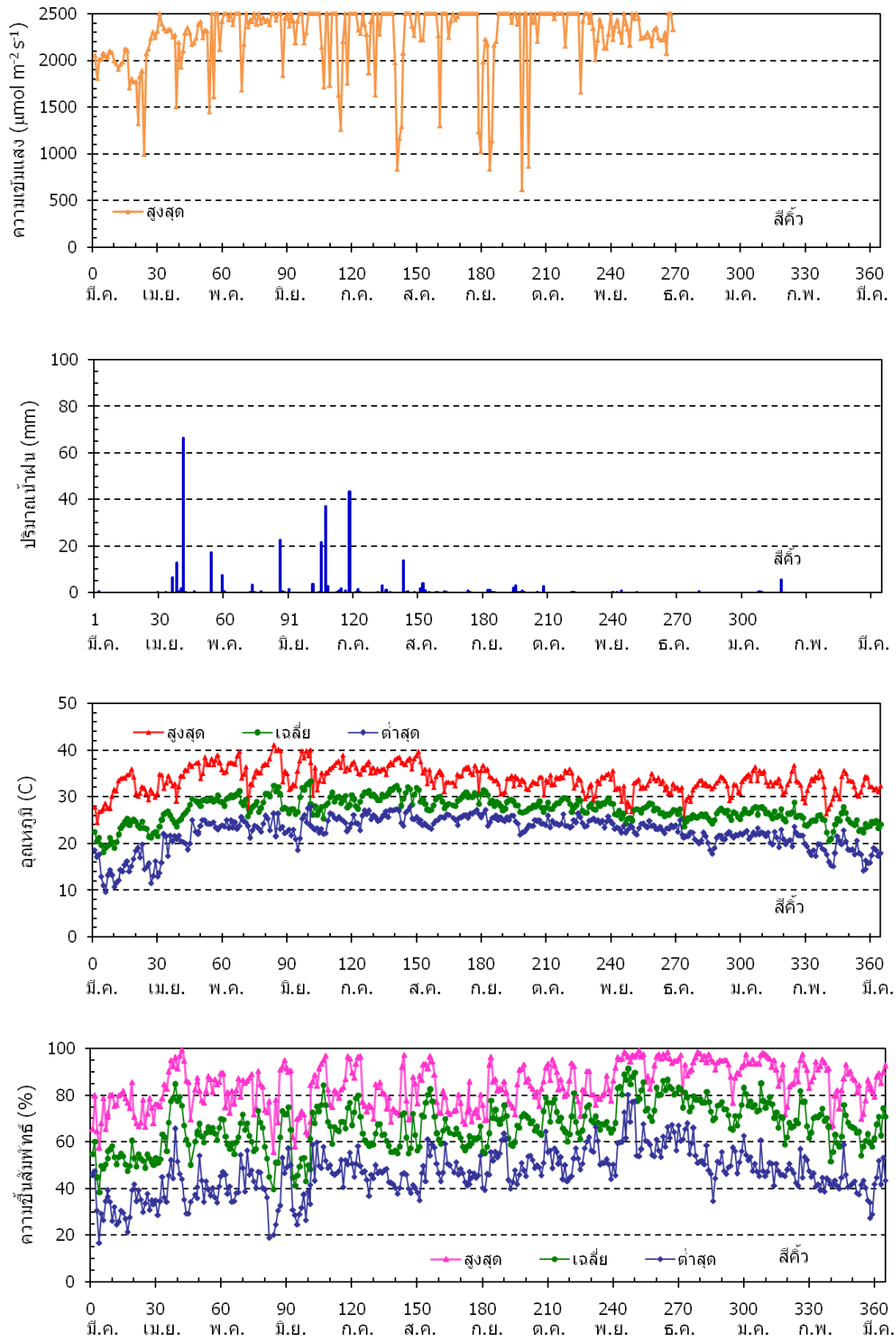
และ ค่า e สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะนั้น (RH, ค่าเป็นสัดส่วน)

$$e = e_0 T_{air} \times (1 - RH_{air})$$

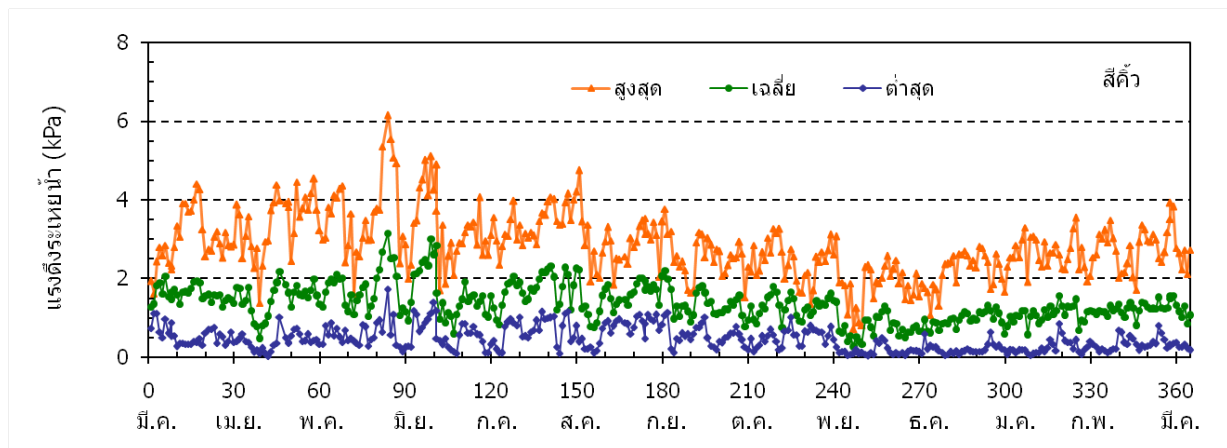
จากภาพแรงดึงระเหยน้ำรายวันทั้งปีในพื้นที่ อ.สีคิ้ว ภาพที่ 4.2 อ.กำแพงแสน ภาพที่ 4.4 และ อ.พนมทวน ภาพที่ 4.6 พบว่าค่าแรงดึงระเหยน้ำของอากาศของทั้ง พื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันคือมีค่าสูงในช่วงเดือนกลางเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนสิงหาคมและลดลงในช่วงปลายเดือนสิงหาคม แต่ในพื้นที่ อ.พนมทวนมีค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยสูงกว่า อ.กำแพงแสน และ อ.สีคิ้ว เมื่อแยกพิจารณารายพื้นที่พบว่าที่ อ.สีคิ้วมีค่าแรงดึงระเหยน้ำสูงสุดในรอบวันที่มีค่ามากกว่า 4 kPa ซึ่งแสดงถึงสภาพอากาศรุนแรงมาก เพียงไม่กี่วันและเป็นช่วงระยะเวลาอันสั้น ในเดือนมิถุนายน ถึงกรกฎาคม 2558 และมีค่าเฉลี่ยเกิน 2 ในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งเป็นฤดูร้อนของประเทศไทย ในขณะที่ อ.กำแพงแสน มีค่าแรงดึงระเหยน้ำสูงสุดเกิน 4 kPa ตั้งแต่เดือนเมษายนต่อเนื่องถึงเดือนสิงหาคม และมีจำนวนวันที่อากาศรุนแรงมากกว่าสีคิ้ว สำหรับ อ.พนมทวน มีสภาพอากาศรุนแรง มีแรงดึงระเหยน้ำของอากาศสูงและต่อเนื่องยาวนานกว่า อ.กำแพงแสน และ อ.สีคิ้วมาก



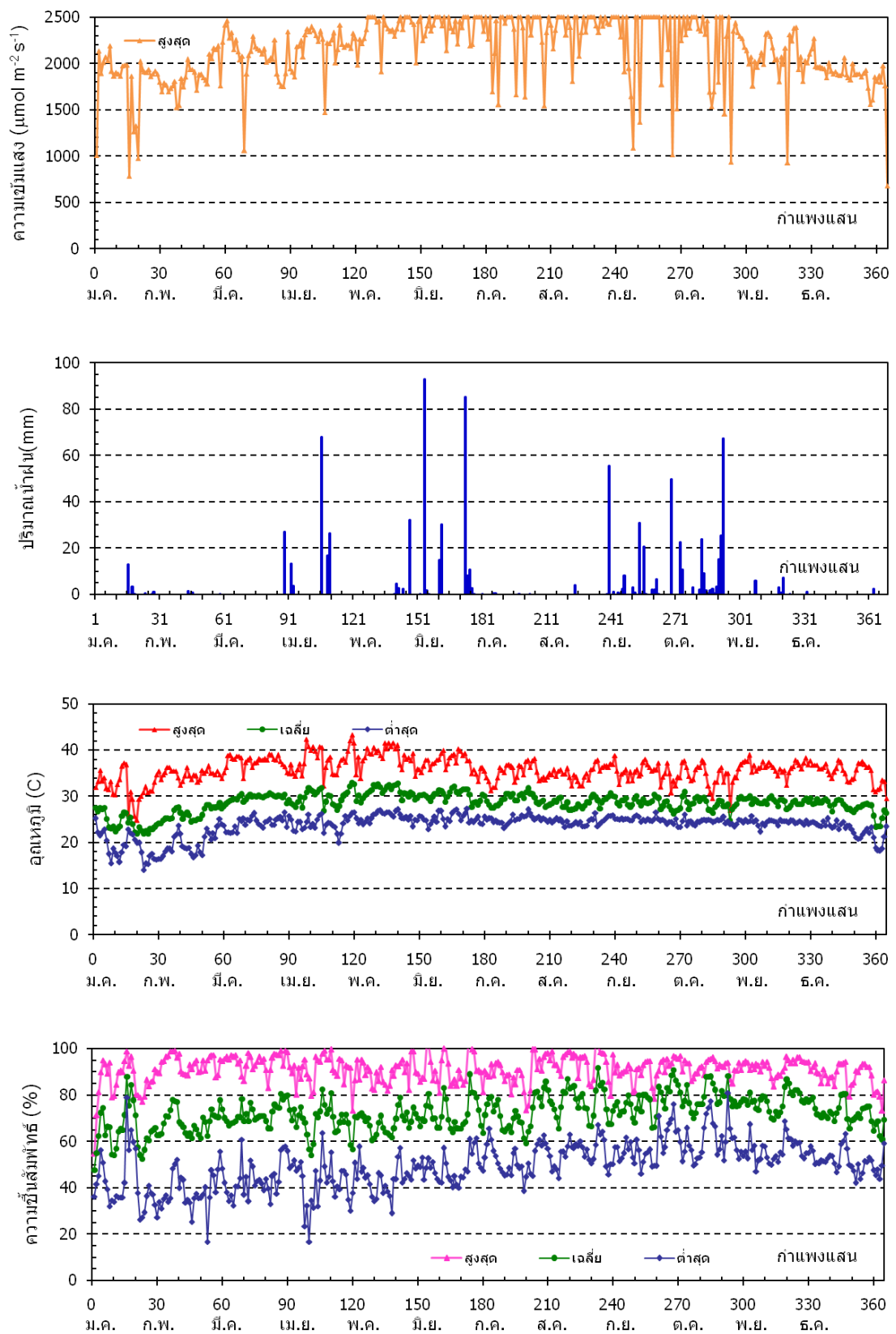
ภาพ A อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศในแปลงทดลอง โดยติดตั้งในพื้นที่ 3 แห่ง



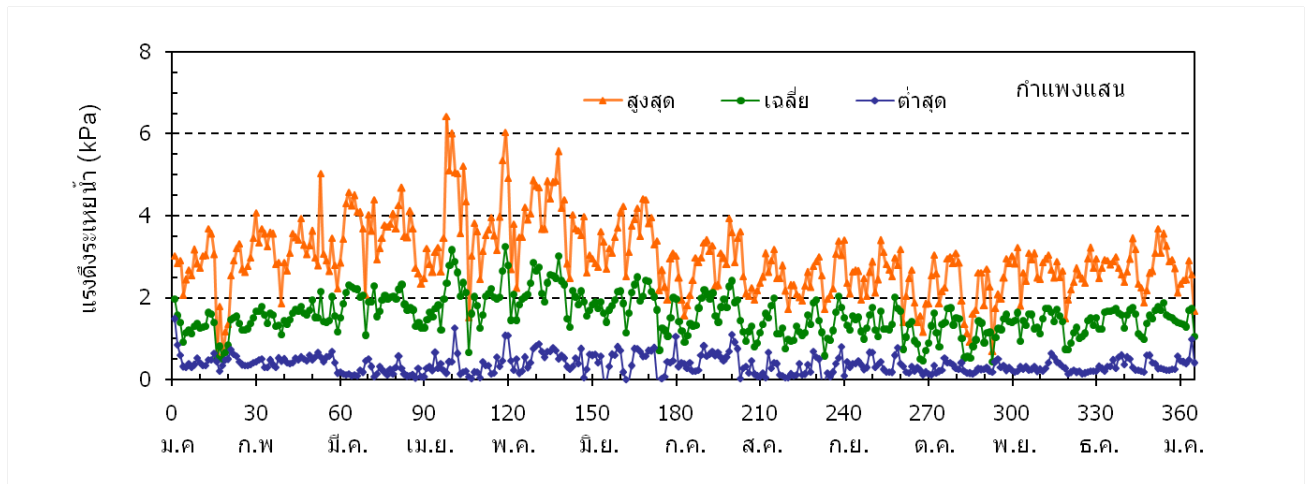
ภาพที่ 4.1 ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์รายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2558 ถึง 1 มีนาคม 2559 ในแปลงทดลองที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



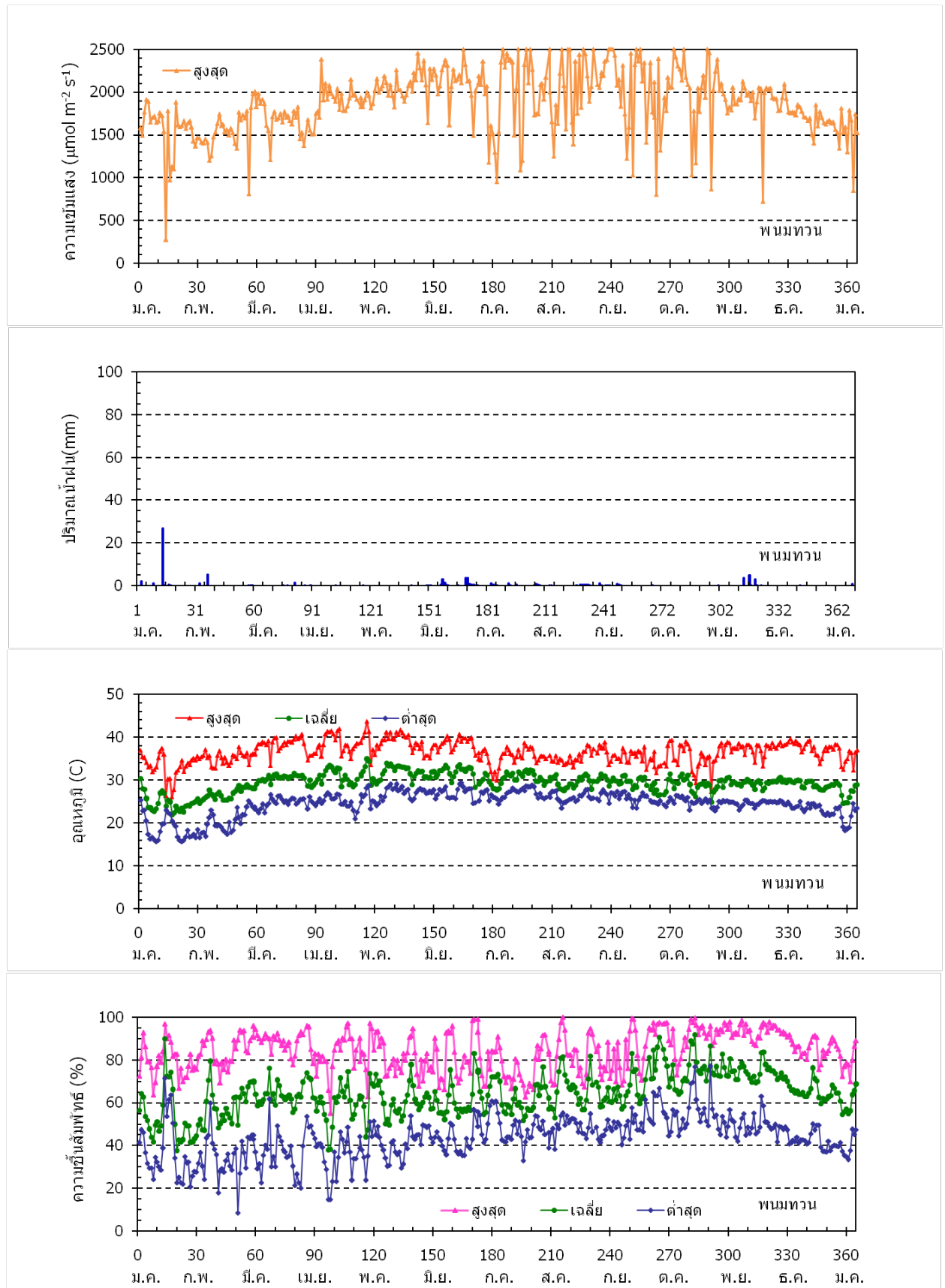
ภาพที่ 4.2 แรงดึงระเหยน้ำ (VPDair) รายวันตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2558 ถึง 1 มีนาคม 2559 ในแปลงทดลองที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



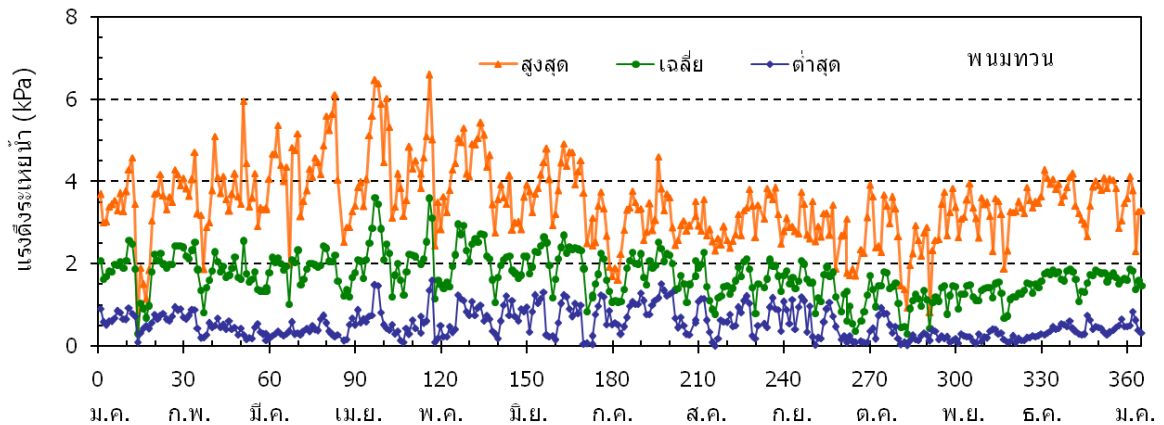
ภาพที่ 4.3 ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์รายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



ภาพที่ 4.4 แรงดึงระเหยน้ำ (VPD_{air}) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.ก้ำพวงแสน จ.นครปฐม



ภาพที่ 4.5 ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์รายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี



ภาพที่ 4.6 แรงดึงระเหยน้ำ (VPDair) รายวันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

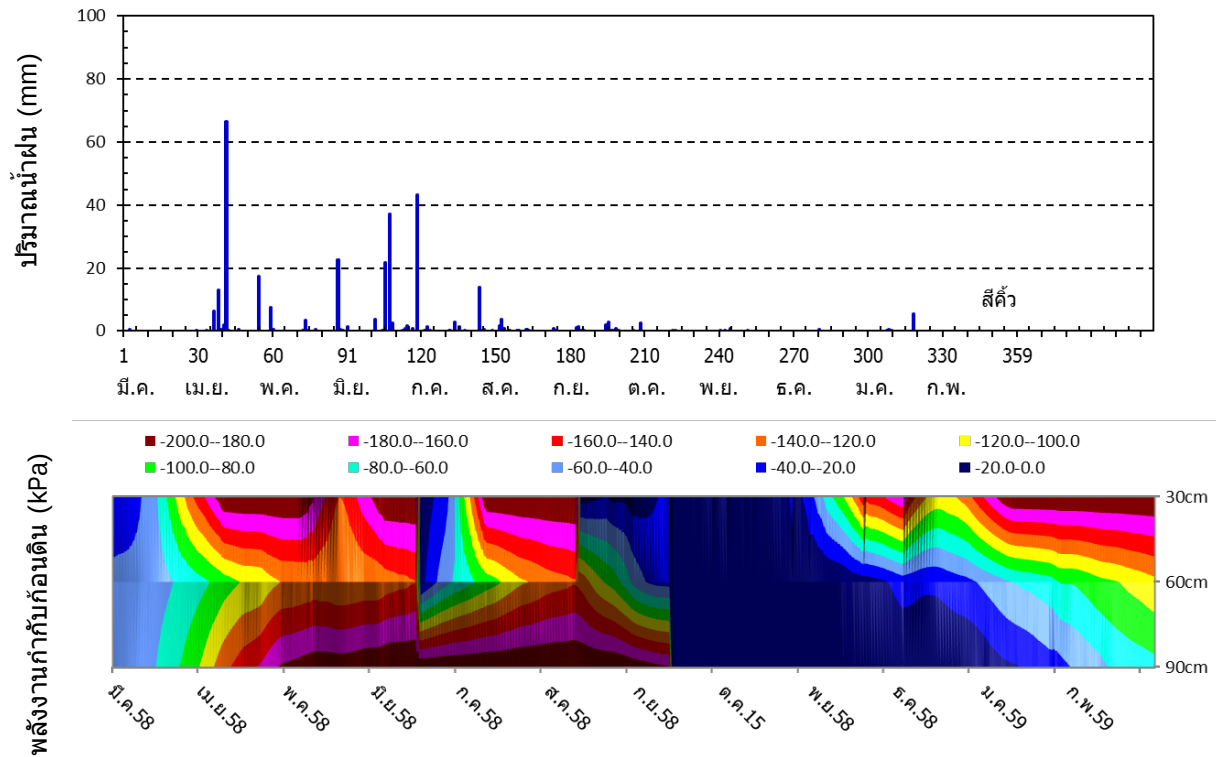
4.2 สภาพน้ำในดิน

เนื่องจากชุดดินในแต่ละพื้นที่การทดลองมีความแตกต่างกันทางโครงสร้างทางฟิสิกส์และเคมีแสดงผลในหัวข้อ 2.2.1.3 ดังนั้นการวัดสภาพน้ำในดินจึงวัดด้วยเครื่องวัดแรงดึงน้ำ (water mark) ซึ่งวัดค่าแรงดึงน้ำหรือพลังงานศักย์ของน้ำในดินหรือพลังงานก่อกับก้อนดิน (Soil matric potential, Ψ_m) ค่าพลังงานนี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความยากง่ายที่น้ำจะไหลในดิน ถ้าน้ำในดินมีพลังงานสูงจะไหลเข้าสู่รากได้ง่าย ค่าติดลบมากหมายถึงมีระดับพลังงานต่ำมาก รากดึงน้ำได้ยากมาก ค่าที่เท่ากับ 0 แสดงถึงดินอิ่มตัวด้วยน้ำพืชสามารถดึงน้ำไปใช้ได้ง่าย ค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินนี้วัดที่ความลึกทุก 30 เซนติเมตร จนถึง 90 เซนติเมตร บันทึกค่าทุก 30 นาที ค่าที่แสดงในภาพที่ 4 5 และ 6 เป็นค่าเฉลี่ยรายวัน ค่าที่อยู่ในช่วง -30 ถึง 0 แสดงว่าดินเปียกพืชดึงน้ำไปใช้ได้ง่าย ค่าที่อยู่ในช่วง -70 ถึง -30 แสดงว่าดินเริ่มแห้ง ค่าที่ต่ำกว่า -70 แสดงว่าดินแห้งมากรากดึงน้ำไปใช้ได้ยาก ค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินขึ้นกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ปริมาณน้ำฝน การจัดการน้ำในพื้นที่ และการดึงน้ำไปใช้ของพืช

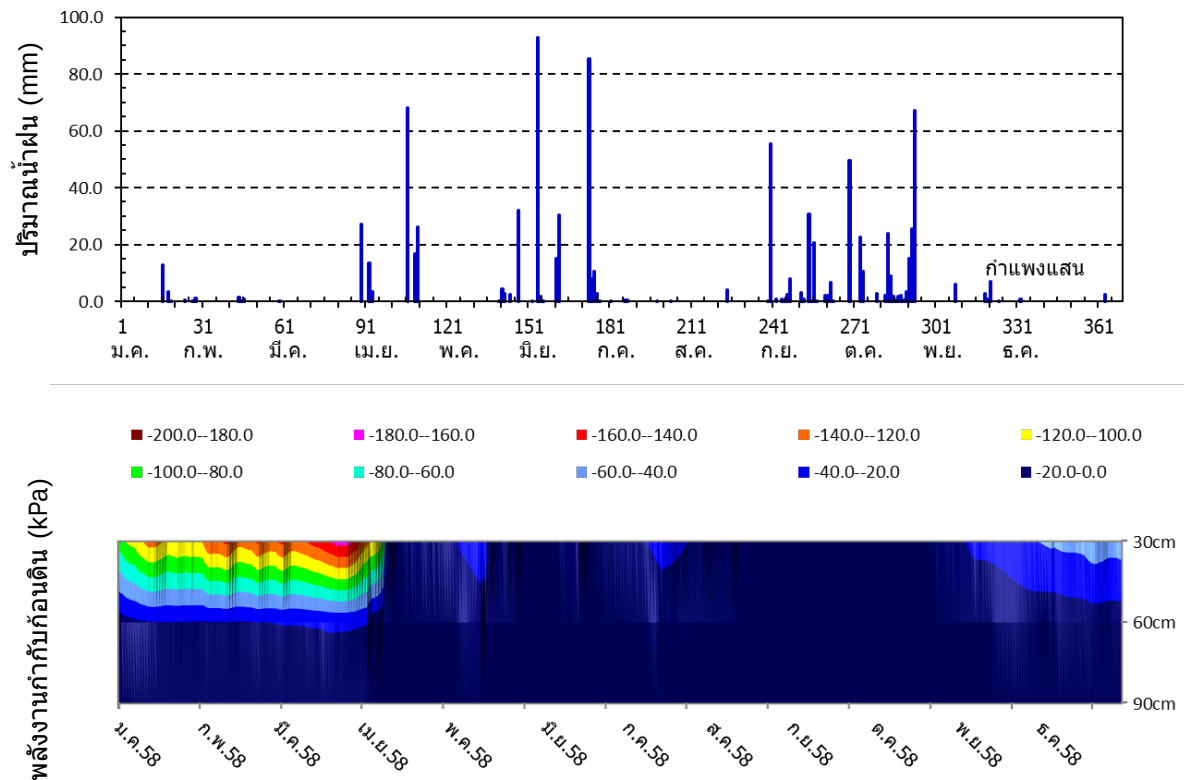


ภาพ B การติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงน้ำในดิน (watermark) ที่ 3 ระดับความลึกคือ 30 60 และ 90 เซนติเมตร จากผิวดิน

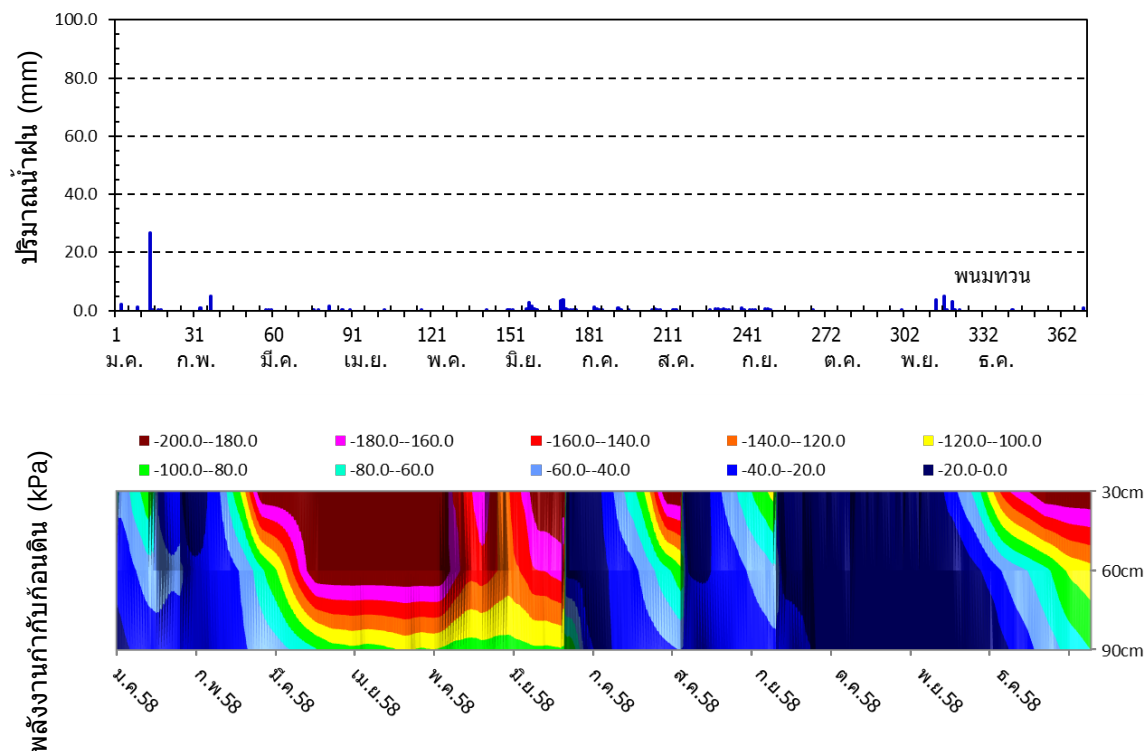
จากการศึกษาพบว่า พลังงานกักเก็บกอนดินหรือพลังงานศักย์ของน้ำในดินในแปลงทดลอง อ.สีคิ้ว มีค่าสูงตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงกลางเดือนมีนาคม เนื่องจากการให้น้ำหลังปลูกและมีฝนตก ดินเริ่มแห้งในช่วงปลายเดือนมีนาคม โดยจะมีค่าต่ำมากที่ระดับความลึก 30 ซม. เนื่องจากเป็นเขตรากพืชและใกล้ผิวดินที่มีการคายระเหยน้ำ และดินที่ระดับความลึกที่ 30 ซม. เริ่มมีค่ามากกว่า -20 kPa ช่วงต้นเดือนสิงหาคมเป็นต้นไปจนถึงต้นเดือนพฤศจิกายน หลังจากนั้นค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินจะเริ่มมีค่าน้อยกว่า -100 kPa จนจบการทดลองเนื่องจากมีฝนทิ้งช่วงทำให้พลังงานศักย์ของน้ำในดินน้อยลงตามไปด้วย (ภาพที่ 7) ค่าที่ได้ในแปลงทดลอง อ.พนมทวน มีลักษณะคล้ายกับที่ อ.สีคิ้ว (ภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9) เนื่องจากการให้น้ำในช่วงแรกเริ่มปลูกพืช และปล่อยให้เจริญเติบโต โดยเป็นไปตามธรรมชาติไม่มีการให้น้ำช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้ค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินมีค่าลดลง และมีค่าต่ำมากในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์เป็นต้นไป ทั้งที่ความลึก 30 และ 60 ซม. ซึ่งพื้นที่พนมทวนไม่มีฝนตกทำให้ดินแห้งมากทั้ง 3 ระดับความลึก สำหรับพื้นที่แปลงทดลอง อ.กำแพงแสน มีสภาพที่ที่ลุ่มน้ำท่วมถึงบางช่วง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากอีก 2 พื้นที่คือค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินที่ระดับความลึก 30 ซม. มีค่าต่ำมากตั้งแต่เริ่มทดลองจนถึงกลางเดือนเมษายนที่มีฝนตกทำให้มีค่าสูงขึ้น แต่ที่ระดับความลึก 60 และ 90 ซม. ค่าพลังงานกักเก็บกอนดินมีค่ามากกว่า -20 kPa แสดงว่าดินชั้นล่างเปียกและมีน้ำ หากหาญาเนเปียร์มีรากยาวถึง 60 ซม. จะสามารถดึงน้ำไปใช้ได้ง่ายมาก



ภาพที่ 4.7 ปริมาณน้ำฝนและพลังงานก่อกับกอนดิน ตั้งแต่ 11 มกราคม ถึง 24 พฤศจิกายน 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



ภาพที่ 4.8 ปริมาณน้ำฝนและพลังงานกำกับก้อนดิน ตั้งแต่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



ภาพที่ 4.9 ปริมาณน้ำฝนและพลังงานกำกับก้อนดิน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2558 ในแปลงทดลองที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

4. 3 สมบัติดินของพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์

จากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า ดินในพื้นที่ศึกษาที่พนมทวน มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน ฟีเอยเป็นกลาง ดินมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำหรือไม่มีปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง มีปริมาณ Ca ที่แลกเปลี่ยนได้สูง มีปริมาณ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้สูง ค่า CEC ต่ำมากและปริมาณ N ทั้งหมดต่ำมาก (ตารางที่ 4.1)

ส่วนสมบัติดินของพื้นที่ศึกษา อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย pH เป็นด่างเล็กน้อย ดินมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำหรือไม่มีปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ มีปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ปานกลาง มีปริมาณ K ที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก มีปริมาณ Ca ที่แลกเปลี่ยนได้สูง มีปริมาณ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้สูง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (CEC) และมีปริมาณ N ทั้งหมดต่ำมาก (ตารางที่ 4.2)

ขณะที่ สมบัติดินของพื้นที่ศึกษา อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วน pH เป็นด่างเล็กน้อย ดินมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำหรือไม่มีปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีปริมาณ

P ที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ มีปริมาณ K ที่แลกเปลี่ยนได้สูง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง มีปริมาณ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้สูง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (CEC) และมีปริมาณ N ทั้งหมดต่ำมาก (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.1 สมบัติดินของพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ ที่ อ.พนมทวน จ. กาญจนบุรี

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์
เนื้อดิน (texture)	Loamy Sand
อนุภาคขนาดทราย (%sand)	80.90
อนุภาคทรายแป้ง (%silt)	12.10
อนุภาคดินเหนียว (%clay)	7.00
pH (ดิน:น้ำ, 1:1)	7.37
ค่าสภาพการนำไฟฟ้าดิน(ECe; dS/m)	0.26
อินทรีย์วัตถุ (%)	0.87
Avail P; (mg/kg)	13.29
Exch. K (mg/g)	74.76
Exch. Ca (mg/kg)	4001.57
Exch. Mg (mg/kg)	165.87
CEC; cmolc/kg	1.68
Total N (%)	0.024
Total P (%)	0.007
Total K (%)	0.381

ตารางที่ 4.2 สมบัติดินของพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ ที่อำเภอสีคิ้ว จ.นครราชสีมา

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์
เนื้อดิน (texture)	Sandy Loam
อนุภาคขนาดทราย (%sand)	57.548
อนุภาคทรายแป้ง (%silt)	23.596
อนุภาคดินเหนียว (%clay)	18.86
pH (ดิน:น้ำ, 1:1)	7.67
ค่าสภาพการนำไฟฟ้าดิน(EC _e ; dS/m)	0.38
อินทรีย์วัตถุ (%)	1.06
Avail P; (mg/kg)	11.71
Exch. K (mg/g)	154.79
Exch. Ca (mg/kg)	3379.12
Exch. Mg (mg/kg)	320.53
CEC; cmolc/kg	4.17
Total N (%)	0.044
Total P (%)	0.0010
Total K (%)	0.547

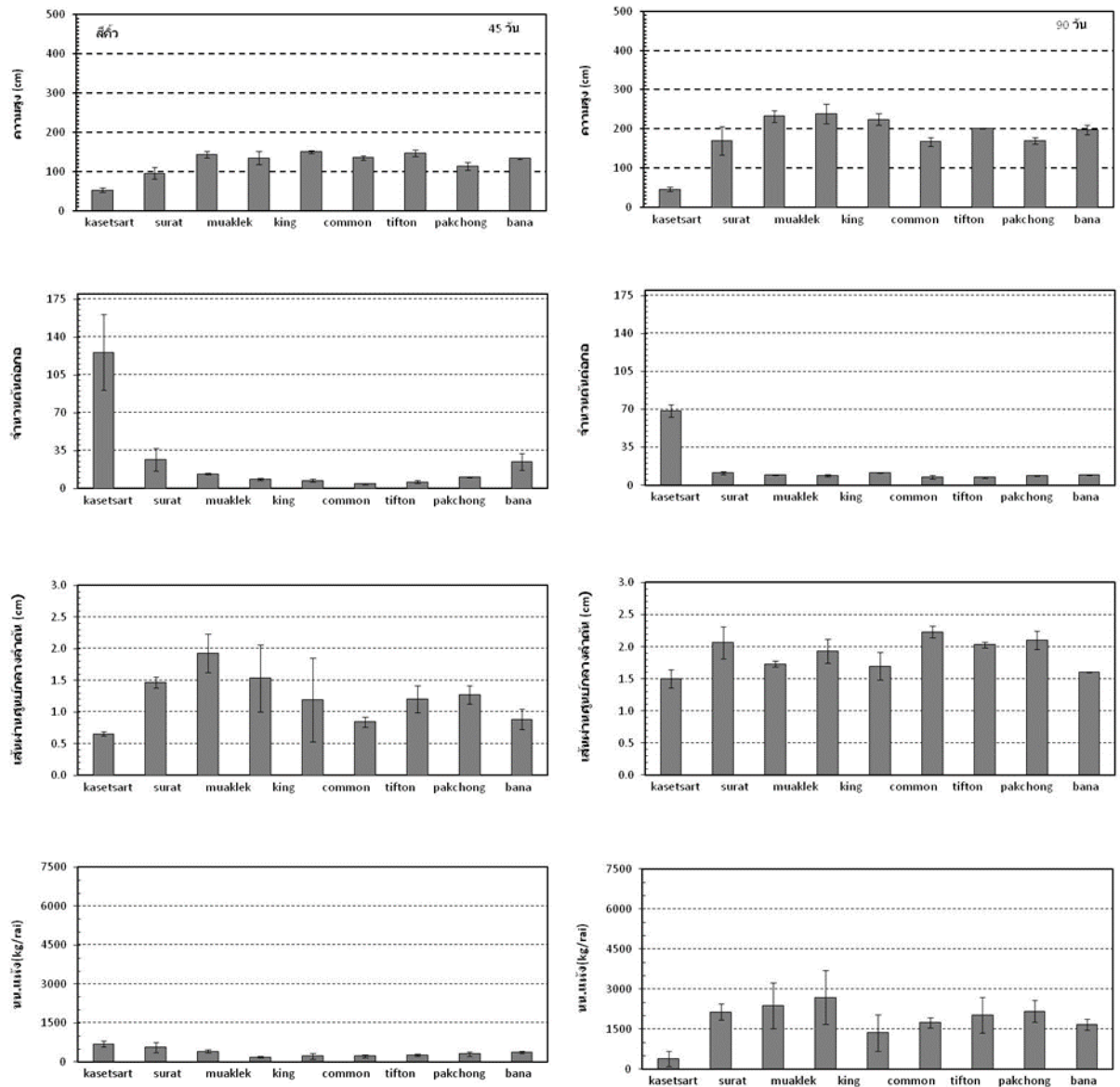
ตารางที่ 4.3 สมบัติดินของพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ ที่อำเภอกำแพงแสน จ. นครปฐม

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์
เนื้อดิน (texture)	Loam
อนุภาคขนาดทราย (%sand)	37.98
อนุภาคทรายแป้ง (%silt)	39.12
อนุภาคดินเหนียว (%clay)	22.89
pH (ดิน:น้ำ, 1:1)	7.55
ค่าสภาพการนำไฟฟ้าดิน(EC _e ; dS/m)	1.06
อินทรีย์วัตถุ (%)	1.82
Avail P; (mg/kg)	9.00
Exch. K (mg/g)	111.78
Exch. Ca (mg/kg)	4442.14
Exch. Mg (mg/kg)	446.51
CEC; cmolc/kg	4.26
Total N (%)	0.048
Total P (%)	0.019
Total K (%)	1.037

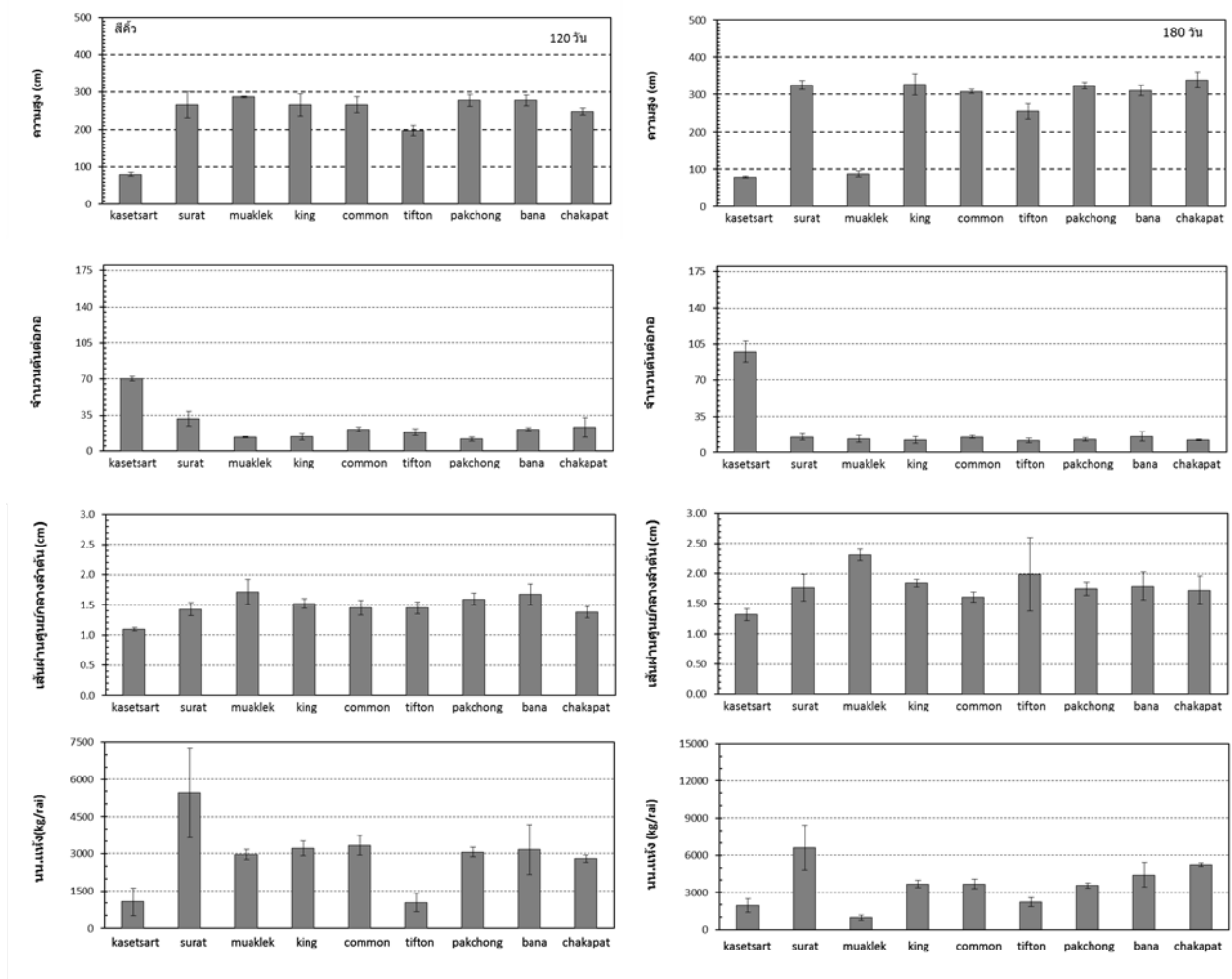
4.4 การเจริญเติบโตและชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนต้นต่อกอของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม 3 แห่งแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.10 4.11 4.12 4.13 4.14 4.15 4.16 4.17 และ 4.18) สภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ น้ำในดิน การจัดการมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักรากหรือชีวมวลของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์แตกต่างกัน รวมทั้งอายุการตัดที่ 45

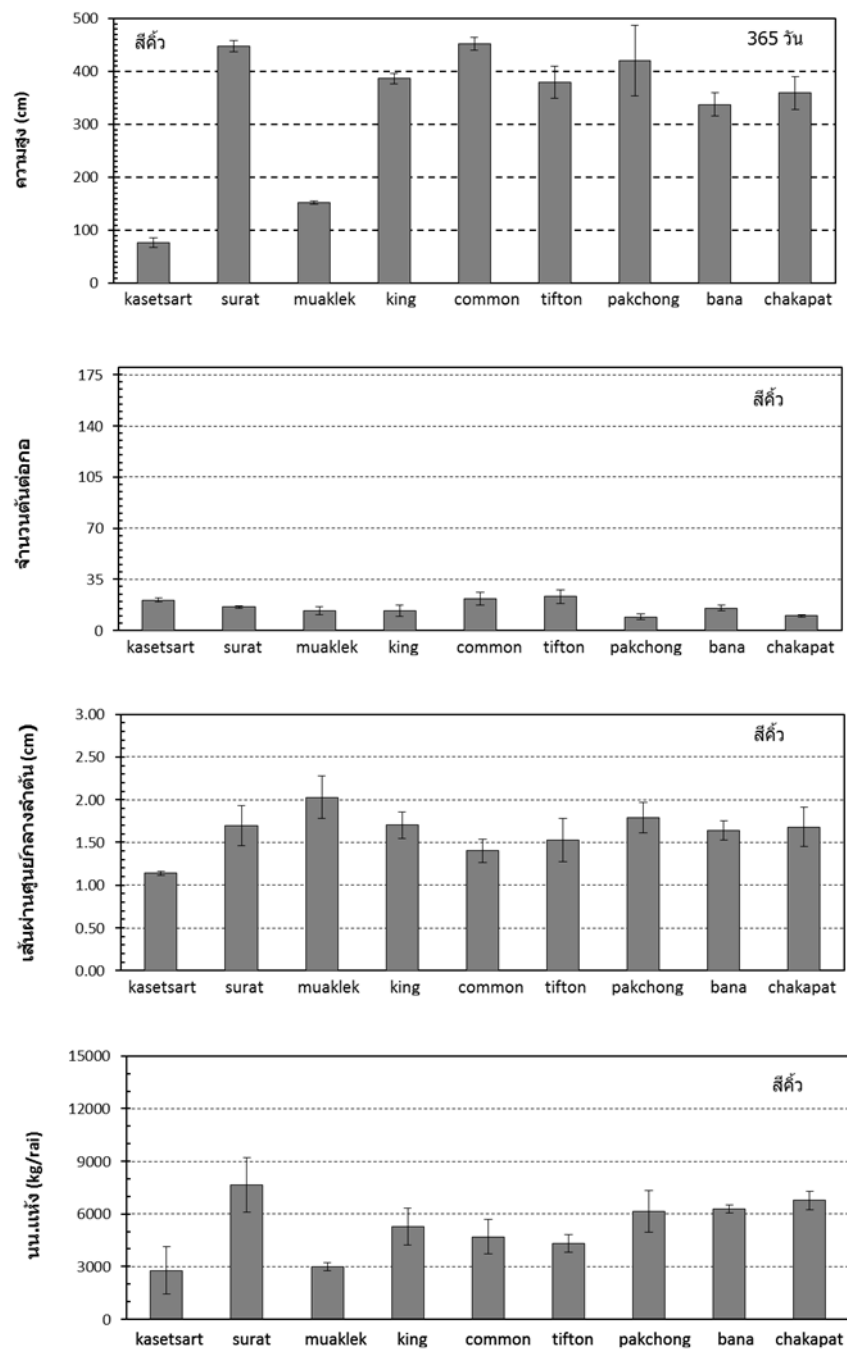
90 120 180 และ 365 วันมีผลต่อผลผลิตด้วย เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตน้ำหนักแห้ง ระหว่างพื้นที่ปลูกทั้ง 3 แห่ง พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในพื้นที่ อ.สีคิ้ว มีแนวโน้มให้ผลผลิตชีวมวลแห้งสูงกว่าพื้นที่ อ.พนมทวน และ อ.กำแพงแสน



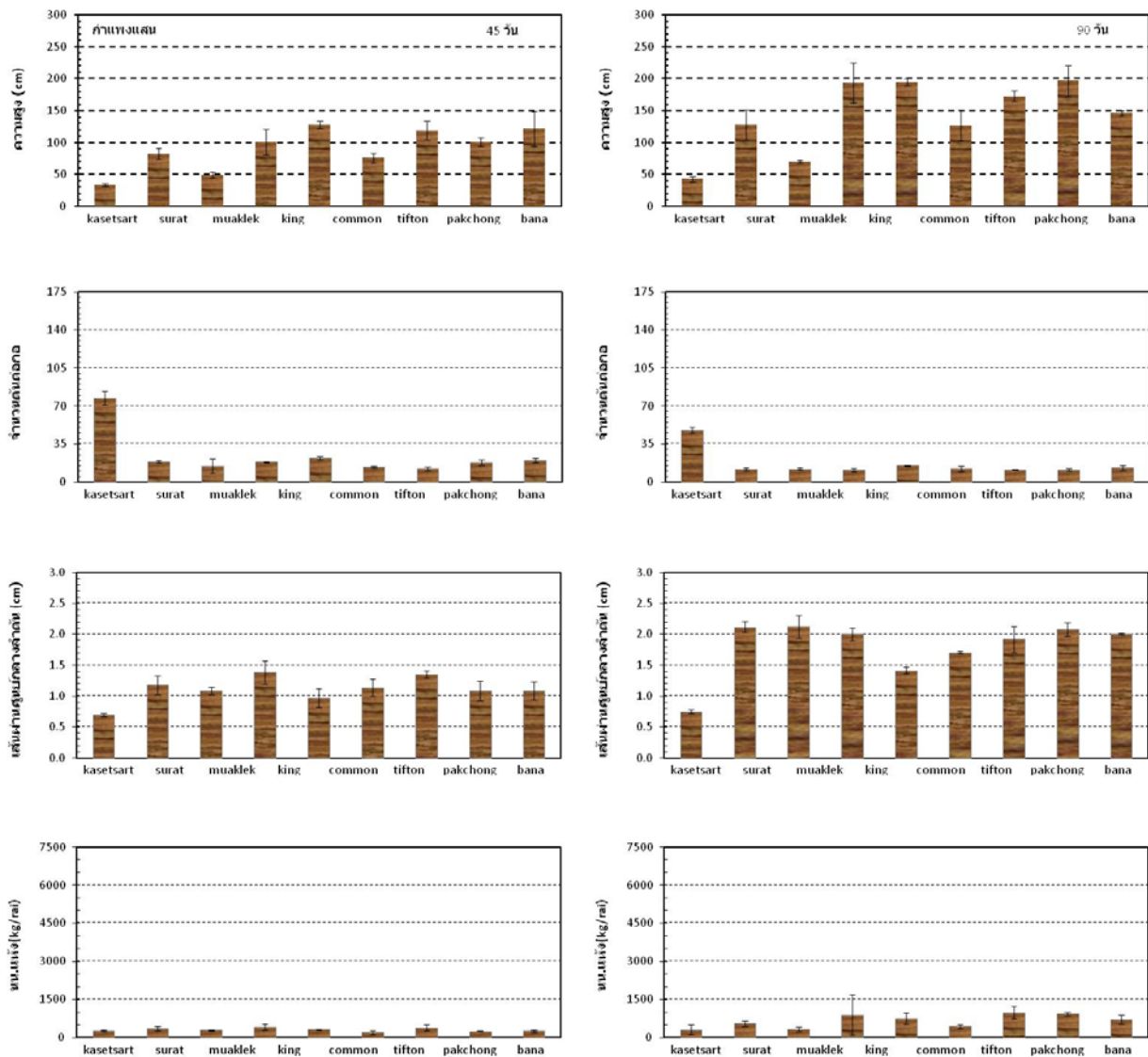
ภาพที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอกอ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 45 วัน และ 90 วัน ที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



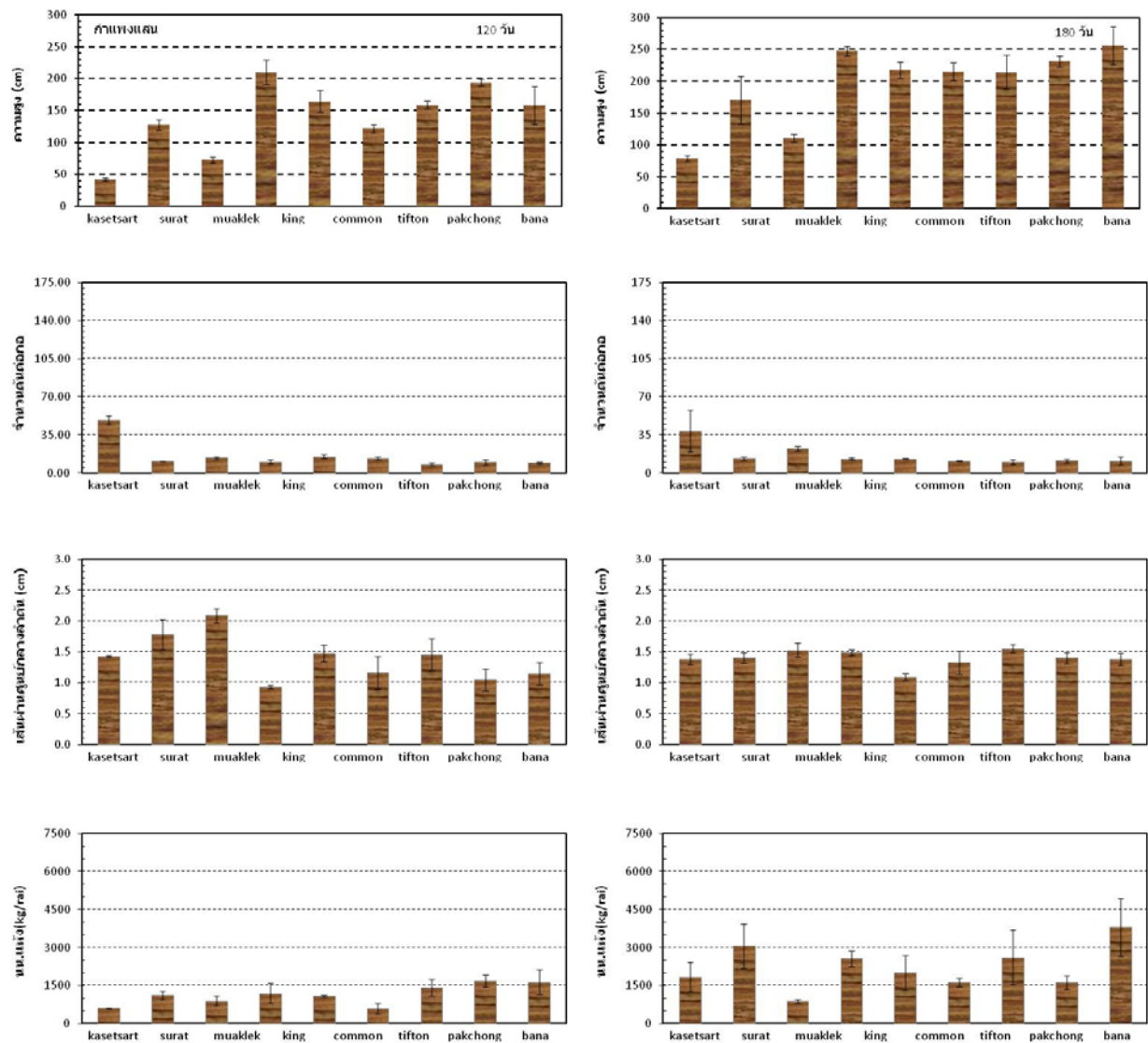
ภาพที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอกอ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 120 วัน และ 180 วัน ที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



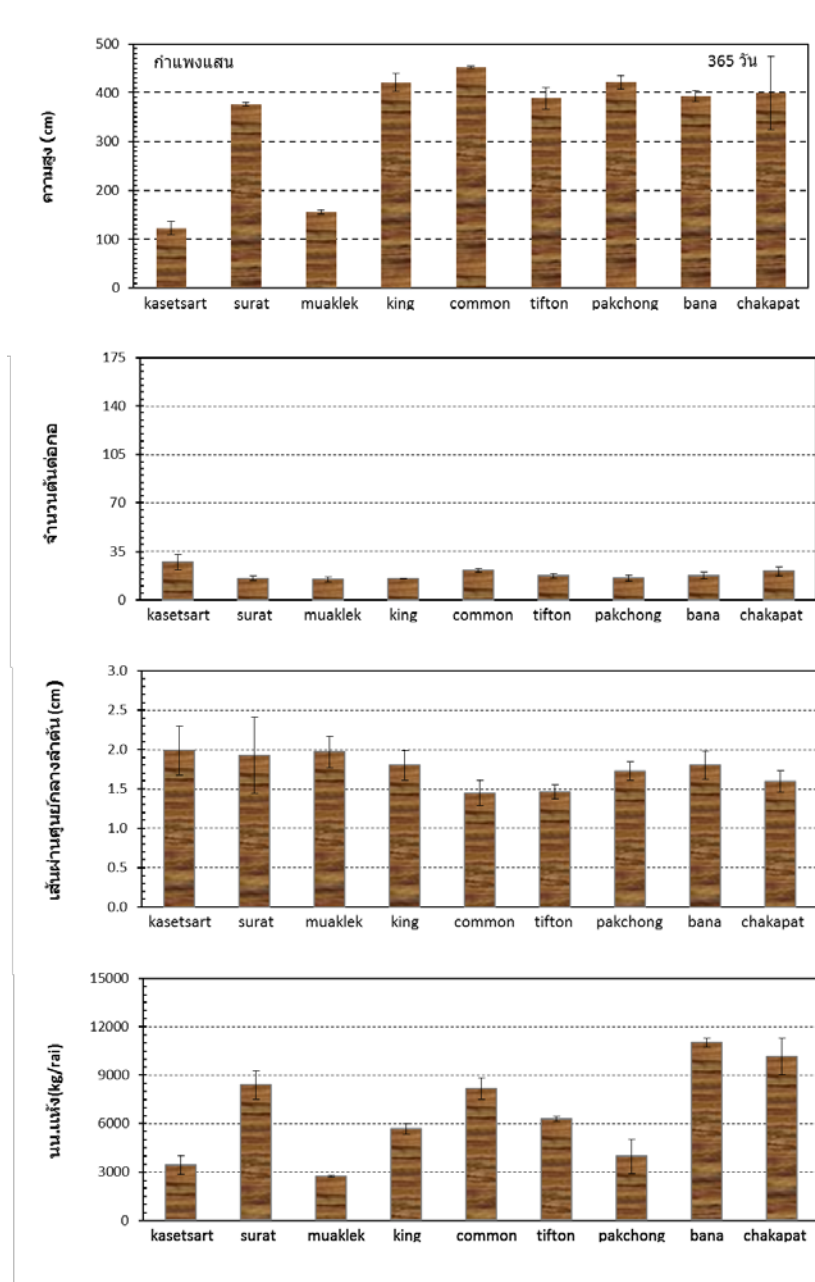
ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 365 วัน ที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



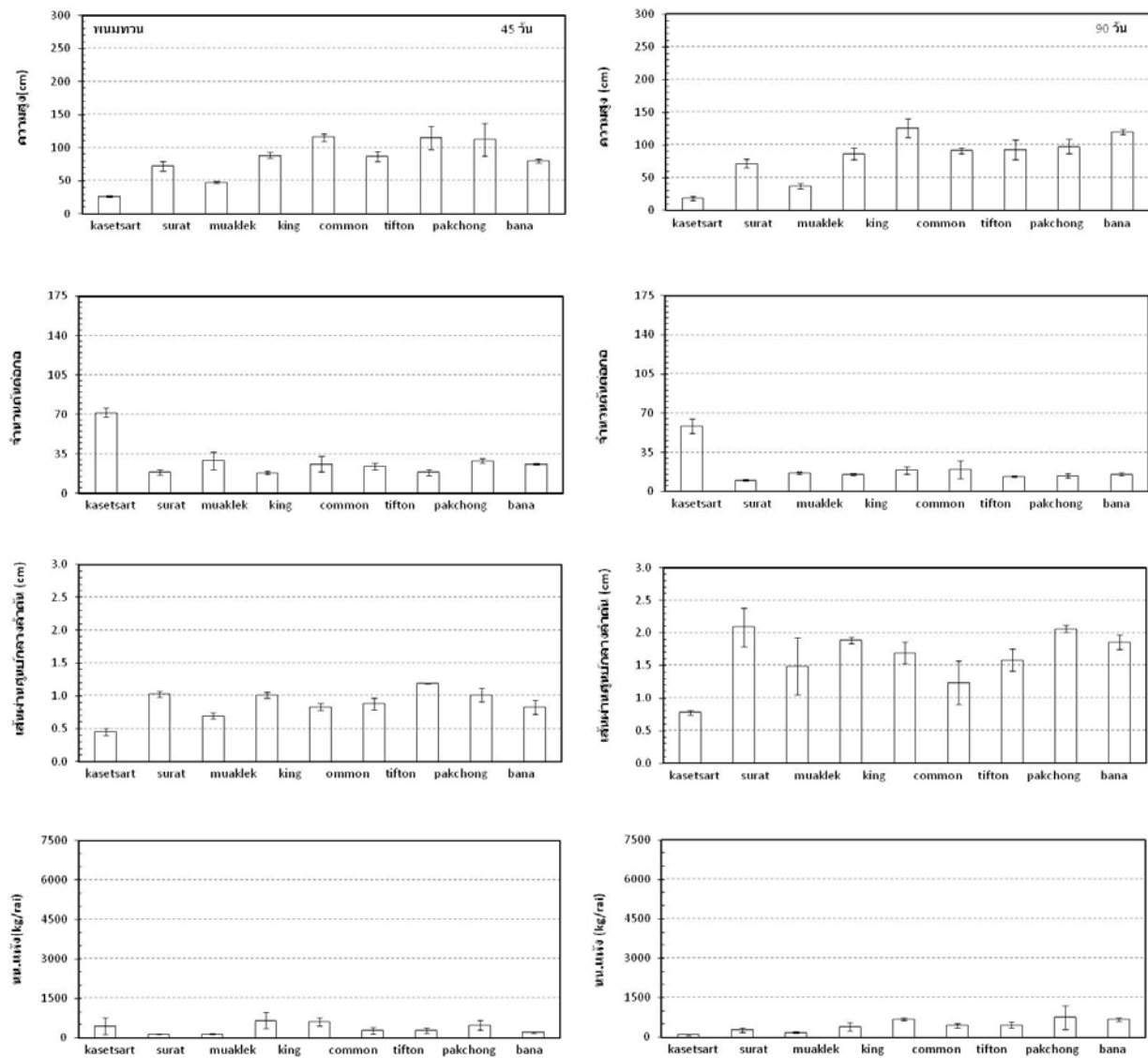
ภาพที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นต่อนกอ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 45 วัน และ 90 วัน ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



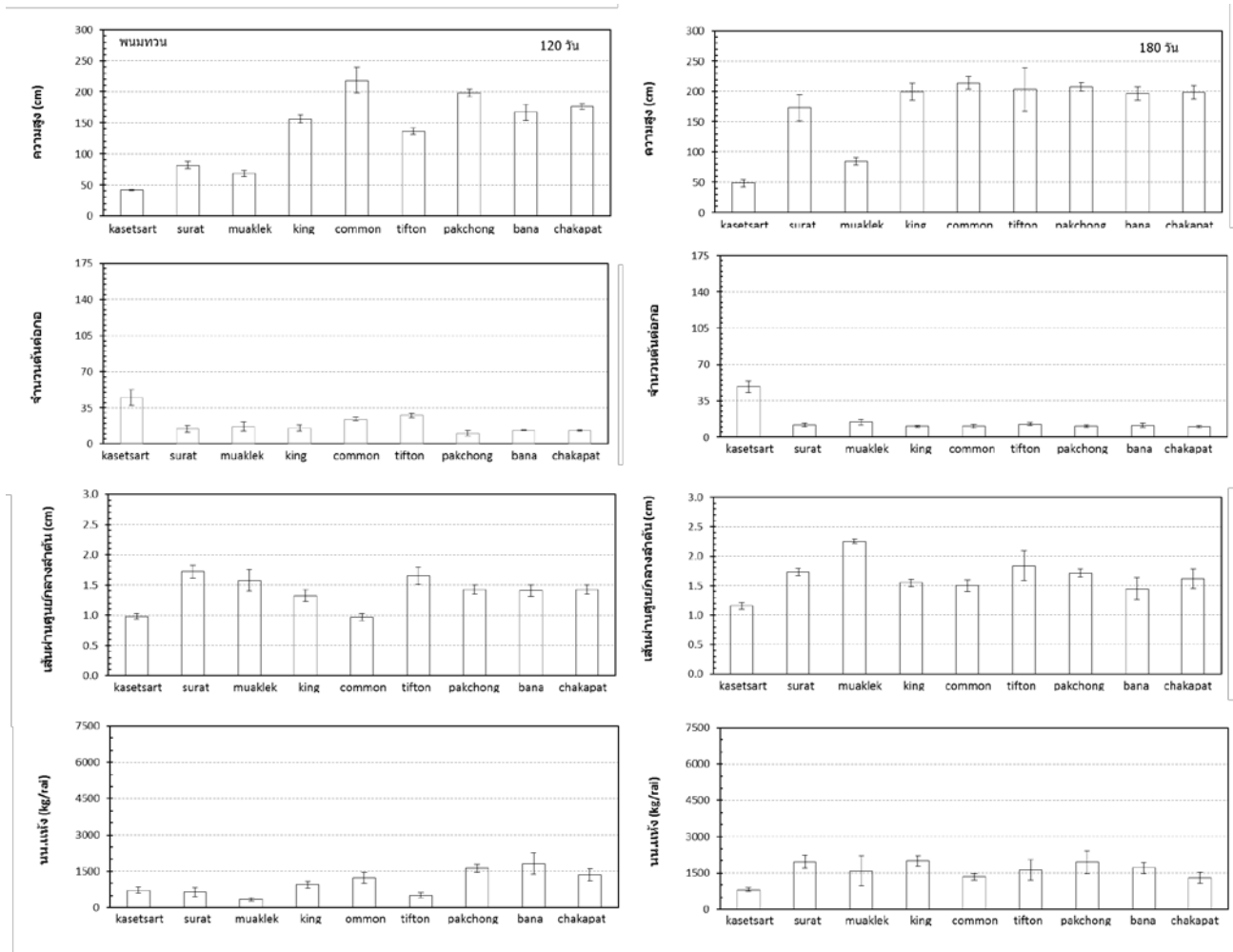
ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 120 วัน และ 180 วัน ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



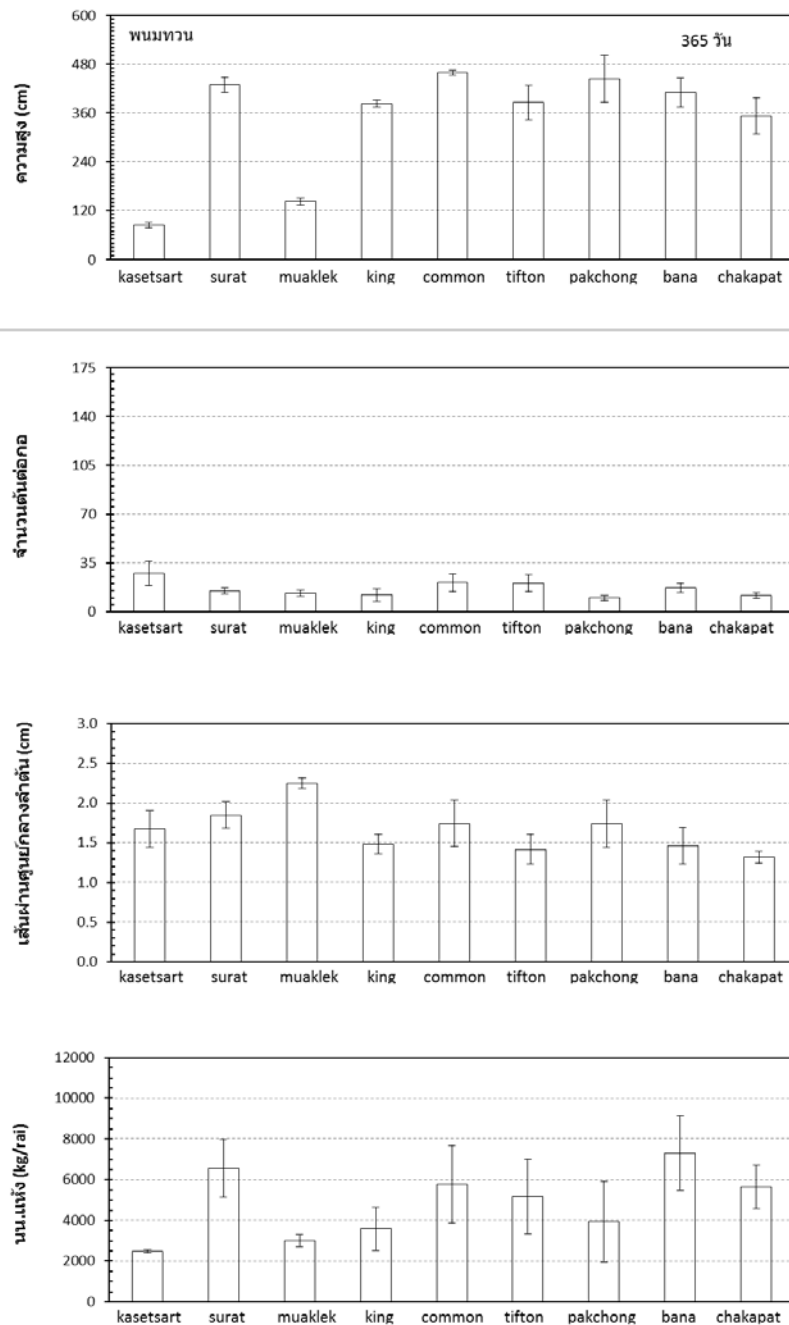
ภาพที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 365 วัน ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



ภาพที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 45 วัน และ 90 วัน ที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี



ภาพที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 120 วัน และ 180 วัน ที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี



ภาพที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยความสูง จำนวนต้นตอก เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่อายุ 365 วัน ที่ อ.พมทวน_จ.กาญจนบุรี

4.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินกับผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ปลูก 3 แห่ง พบว่า น้ำหนักผลผลิตแห้งของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ มี

ความสัมพันธ์อย่างยิ่งในเชิงบวกกับปัจจัยปริมาณน้ำฝน (ตารางที่ 4.4) กล่าวคือ ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝนต่อปีที่เพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักแห้งของพันธุ์จักรพรรดิมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ($R^2 = 0.824$) โดยเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น และยังพบว่า ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ ยักษ์ ปากช่อง1 และจักรพรรดิ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มแสง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.468 0.481 0.528 0.488 0.495 ตามลำดับ นอกจากนั้น น้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์พันธุ์สุราษฎร์ มวกเหล็ก ยักษ์ ธรรมดา ทิพตัน และปากช่อง1 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.481 0.384 0.486 0.441 0.417 0.488 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยอื่น ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ แรงดึงระเหยน้ำ อุณหภูมิดิน และความชื้นดินที่ระดับ 30 60 และ 90 ซม. ไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินกับน้ำหนักแห้งชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

พันธุ์หญ้าเนเปียร์	ปัจจัย	ค่าสหสัมพันธ์	ค่าเฉลี่ย นน.แห้ง (กก./ไร่)	
			R^2	Sig.
เกษตรศาสตร์	แสง	1.91	0.468	*
	อุณหภูมิอากาศ	1.68	0.423	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.51	0.386	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.28	-0.008	ns
	ปริมาณน้ำฝน	4.13	0.753	**
	อุณหภูมิดิน	0.68	0.186	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.08	0.287	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.36	0.098	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.38	-0.105	ns
สุราษฎร์	แสง	1.98	0.481	*
	อุณหภูมิอากาศ	2.08	0.499	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.59	0.404	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.21	-0.319	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.57	0.704	**
	อุณหภูมิดิน	0.15	0.041	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.65	0.178	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.03	-0.009	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.37	-0.355	ns
มวกเหล็ก	แสง	1.50	0.384	ns

ยักษ์	อุณหภูมิอากาศ	2.38	0.550	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.55	0.395	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.97	-0.259	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.21	0.522	*
	อุณหภูมิดิน	-0.21	-0.059	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.55	0.150	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.31	-0.866	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.09	-0.289	ns
	แสง	2.24	0.528	*
	อุณหภูมิอากาศ	2.01	0.486	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.67	0.420	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.02	-0.230	ns
	ปริมาณน้ำฝน	4.29	0.766	**
	อุณหภูมิดิน	0.35	0.098	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.73	0.198	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.06	0.017	ns
ธรรมดา	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.10	-0.291	ns
	แสง	1.45	0.373	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.77	0.441	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.36	0.100	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.74	-0.200	ns
	ปริมาณน้ำฝน	4.00	0.742	**
	อุณหภูมิดิน	0.62	0.175	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.94	0.253	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.17	0.048	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.54	-0.148	ns
ทิปตัน	แสง	1.22	0.320	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.66	0.417	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.09	0.025	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.73	-0.200	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.29	0.674	**
	อุณหภูมิดิน	0.70	0.191	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.99	0.265	ns

ปากช่อง 1	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.13	0.035	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.24	-0.067	ns
	แสง	2.01	0.488	*
	อุณหภูมิอากาศ	2.02	0.488	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	-0.10	-0.028	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.12	-0.296	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.54	0.576	*
	อุณหภูมิดิน	0.44	0.122	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.02	0.006	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.46	-0.125	ns
บ้าน่า	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.45	-0.374	ns
	แสง	1.30	0.338	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.66	0.418	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.39	0.107	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.79	-0.214	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.84	0.729	**
	อุณหภูมิดิน	0.63	0.171	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.94	0.252	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.17	0.046	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.42	-0.115	ns
จักรพรรดิ	แสง	2.05	0.495	*
	อุณหภูมิอากาศ	1.66	0.418	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.73	0.433	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.93	-0.251	ns
	ปริมาณน้ำฝน	5.24	0.824	**
	อุณหภูมิดิน	0.77	0.209	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.01	0.270	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.46	0.126	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.40	-0.110	ns

ตารางที่ 4.5 แสดง ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศและน้ำในดินกับการพัฒนาด้านความสูงของหญ้าเนเปียร์ ซึ่งพบว่า ความสูงเฉลี่ยของหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศ โดยมีค่า $R^2=0.557$ 0.472 0.543 0.566 0.491 0.536 0.520 0.548 0.582

ความสูงของหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ ยักษ์ ธรรมดา ทิพตัน ปากช่อง1 บาน่า และจักรพรรดิ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปัจจัยปริมาณน้ำฝน โดยมีค่า $R^2=0.84$ 0.55 0.698 0.586 0.63 0.584 0.617 0.710 ตามลำดับ ยกเว้นในพันธุ์มวกเหล็ก

ปัจจัยความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความสูงของหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ ยักษ์ และจักรพรรดิ มีค่า $R^2=0.641$ 0.579 และ 0.532 ตามลำดับ

นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับความสูงของหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก ($R^2=0.548$ และ 0.507 ตามลำดับ) ในขณะที่ปัจจัยอื่น ได้แก่ แรงดึงดูดระเหยน้ำ อุณหภูมิดิน และความชื้นดินที่ระดับ 30 60 และ 90 ซม. ไม่แสดงความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาทางด้านความสูงของหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินกับการพัฒนาทางด้านความสูงของหญ้าเนเปียร์

พันธุ์หญ้าเนเปียร์	ปัจจัย	ค่าสหสัมพันธ์	ความสูง	
			R^2	Sig.
เกษตรศาสตร์	แสง	3.01	0.641	**
	อุณหภูมิอากาศ	2.42	0.557	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	2.36	0.548	*
	แรงดึงดูดระเหยน้ำ	-0.29	-0.079	ns
	ปริมาณน้ำฝน	5.57	0.840	**
	อุณหภูมิดิน	0.45	0.124	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.18	0.311	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.71	0.193	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.38	-0.105	ns
สุราษฎร์	แสง	1.59	0.404	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.93	0.472	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.36	0.353	ns
	แรงดึงดูดระเหยน้ำ	-1.32	-0.344	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.38	0.550	*
	อุณหภูมิดิน	0.16	0.043	ns

มวกเหล็ก	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.36	0.100	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.21	-0.593	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.29	-0.334	ns
	แสง	1.65	0.417	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.33	0.543	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	2.14	0.507	*
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.11	-0.295	ns
	ปริมาณน้ำฝน	1.74	0.435	ns
	อุณหภูมิดิน	-1.65	-0.416	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.17	0.310	ns
ยักษ์	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.22	0.061	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.10	-0.292	ns
	แสง	2.56	0.579	*
	อุณหภูมิอากาศ	2.47	0.566	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	2.02	0.489	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.04	-0.277	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.52	0.698	**
	อุณหภูมิดิน	0.59	0.163	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.46	0.126	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.17	0.048	ns
ธรรมดา	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.84	-0.228	ns
	แสง	1.43	0.370	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.03	0.491	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.93	0.251	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.03	-0.690	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.61	0.586	*
	อุณหภูมิดิน	0.48	0.132	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.40	0.110	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.29	0.079	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.89	-0.239	ns
ทิปตัน	แสง	1.61	0.407	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.29	0.536	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.06	0.018	ns

ปากช่อง 1	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.81	-0.219	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.92	0.630	**
	อุณหภูมิดิน	0.51	0.139	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.65	0.178	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.21	-0.057	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.80	-0.216	ns
	แสง	1.55	0.395	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.19	0.520	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.20	0.055	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.00	-0.267	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.59	0.584	*
	อุณหภูมิดิน	0.38	0.104	ns
บ้านป่า	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.40	0.111	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.30	-0.083	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.10	-0.293	ns
	แสง	1.78	0.443	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.36	0.548	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.59	0.162	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.66	-0.179	ns
	ปริมาณน้ำฝน	2.83	0.617	**
	อุณหภูมิดิน	0.88	0.238	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.23	0.065	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.07	-0.020	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.88	-0.237	ns
จักรพรรดิ	แสง	2.26	0.532	*
	อุณหภูมิอากาศ	2.58	0.582	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.66	0.419	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.93	-0.250	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.64	0.710	**
	อุณหภูมิดิน	0.63	0.173	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.38	0.104	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.16	-0.045	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.17	-0.308	ns

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศและน้ำในดินกับจำนวนลำตอกของหญ้าเนเปียร์ พบว่า ปัจจัยที่แสดงความสัมพันธ์ในเชิงลบต่อจำนวนลำตอกของหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ อุณหภูมิดิน (พบในพันธุ์เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ และจักรพรรดิ, $R^2 = -0.727, -0.615$, และ -0.511) อุณหภูมิอากาศ (พบในพันธุ์มวกเหล็ก ยักษ์ ธรรมดา และปากช่อง, $R^2 = 0.447, 0.619, 0.449, 0.448$) ความชื้นสัมพัทธ์ (พบในพันธุ์มวกเหล็ก, $R^2 = -0.475$) แรงดึงระเหยน้ำ (พบในพันธุ์มวกเหล็ก, $R^2 = 0.472$) แสง (พบในพันธุ์ทิปตัน, $R^2 = -0.468$)

ในขณะที่ ปัจจัยความชื้นดินที่ระดับ 30 ซม. แสดงความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อจำนวนลำตอกของหญ้าเนเปียร์พันธุ์จักรพรรดิ ($R^2 = 0.556$) นอกจากนั้น ปัจจัยสภาพอากาศและน้ำในดินไม่มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนลำตอกของหญ้าเนเปียร์พันธุ์บ้านา ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินกับจำนวนลำตอกของหญ้าเนเปียร์

พันธุ์หญ้าเนเปียร์	ปัจจัย	ค่าสหสัมพันธ์	ค่าเฉลี่ยจำนวนลำตอก	
			R^2	Sig.
เกษตรศาสตร์	แสง	-0.67	-0.183	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-0.43	-0.119	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	-0.06	-0.015	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.88	-0.238	ns
	ปริมาณน้ำฝน	-1.12	-0.297	ns
	อุณหภูมิดิน	-3.82	-0.727	**
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.86	0.231	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.28	0.079	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.84	-0.227	ns
สุราษฎร์	แสง	0.08	0.021	ns
	อุณหภูมิอากาศ	0.02	0.005	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.43	0.117	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-1.28	-0.333	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.14	0.039	ns
	อุณหภูมิดิน	-2.81	-0.615	**
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.27	0.332	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.44	0.120	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.62	-0.170	ns
มวกเหล็ก	แสง	-1.52	-0.389	ns

ยักษ์	อุณหภูมิอากาศ	-1.80	-0.447	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	-1.94	-0.475	*
	แรงดึงระเหยน้ำ	1.93	0.472	*
	ปริมาณน้ำฝน	-0.26	-0.071	ns
	อุณหภูมิดิน	0.49	0.135	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.29	0.338	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.45	0.123	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	0.93	0.250	ns
	แสง	-1.48	-0.379	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-2.84	-0.619	**
	ความชื้นสัมพัทธ์	-1.16	-0.307	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.06	-0.017	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.04	0.010	ns
	อุณหภูมิดิน	0.64	0.174	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.17	0.048	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.18	0.049	ns
ธรรมดา	ความชื้นดิน 90 ซม.	0.48	0.131	ns
	แสง	-1.54	-0.392	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-1.81	-0.449	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	-1.23	-0.322	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.12	-0.034	ns
	ปริมาณน้ำฝน	-0.04	-0.010	ns
	อุณหภูมิดิน	0.57	0.156	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-0.06	-0.016	ns
ทิปตัน	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.26	-0.071	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	0.02	0.004	ns
	แสง	-1.91	-0.468	*
	อุณหภูมิอากาศ	-0.80	-0.217	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	-3.61	-0.708	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.82	0.221	ns
	ปริมาณน้ำฝน	-0.40	-0.111	ns
	อุณหภูมิดิน	0.91	0.245	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-0.61	-0.168	ns

ปากช่อง 1	ความชื้นดิน 60 ซม.	-1.50	-0.384	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.51	-0.140	ns
	แสง	-1.36	-0.383	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-1.79	-0.445	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	-0.85	-0.229	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.86	0.232	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.56	0.154	ns
	อุณหภูมิดิน	0.62	0.169	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.71	0.194	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.26	0.071	ns
บ้านา	ความชื้นดิน 90 ซม.	0.16	0.043	ns
	แสง	0.27	0.075	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-1.70	-0.427	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	-1.20	-0.315	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.09	0.024	ns
	ปริมาณน้ำฝน	-0.04	-0.001	ns
	อุณหภูมิดิน	-0.75	-0.204	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	1.20	0.318	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.14	0.038	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.40	-0.111	ns
จักรพรรดิ	แสง	-1.21	-0.317	ns
	อุณหภูมิอากาศ	-1.60	-0.405	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	-0.40	-0.111	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.50	-0.138	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.07	0.019	ns
	อุณหภูมิดิน	-2.15	-0.511	*
	ความชื้นดิน 30 ซม.	2.41	0.556	*
	ความชื้นดิน 60 ซม.	1.18	0.311	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	0.62	0.168	ns

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศและน้ำในดินกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นหญ้าเนเปียร์ พบว่า อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการพัฒนาด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ลำต้นของพันธุ์เกษตรศาสตร์ ($R^2 = 0.657$) สุราษฎร์ ($R^2 = 0.718$) มวกเหล็ก ($R^2 = 0.718$) ธรรมดา ($R^2 = 0.6$) ทิปตัน ($R^2 = 0.509$) และปากช่อง 1 ($R^2 = 0.465$)

ปัจจัยความเข้มแสงมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพันธุ์เกษตรศาสตร์ ($R^2 = 0.55$) มวกเหล็ก ($R^2 = 0.47$) และปากช่อง 1 ($R^2 = 0.45$) ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพันธุ์เกษตรศาสตร์เท่านี้ ($R^2 = 0.71$) ในขณะที่ความชื้นดินที่ระดับ 30 ซม. มีความสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพันธุ์จักรพรรดิ ($R^2 = -0.46$) นอกจากนี้ ปัจจัยสภาพอากาศและน้ำในดินไม่มีความสัมพันธ์ต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพันธุ์เกษตรศาสตร์ พันธุ์ยักษ์ และบาน่า ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและน้ำในดินกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพันธุ์เกษตรศาสตร์

พันธุ์เกษตรศาสตร์	ปัจจัย	ค่าสหสัมพันธ์	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	
			R^2	Sig.
เกษตรศาสตร์	แสง	2.40	0.555	*
	อุณหภูมิอากาศ	3.14	0.657	**
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.60	0.406	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.64	0.176	ns
	ปริมาณน้ำฝน	3.67	0.714	**
	อุณหภูมิดิน	1.48	0.381	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	0.43	0.119	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	0.23	0.064	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.11	-0.032	ns
สุราษฎร์	แสง	0.58	0.159	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.83	0.718	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.58	0.160	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.08	0.023	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.46	0.126	ns
	อุณหภูมิดิน	0.83	0.225	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-1.03	-0.276	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.71	-0.192	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.41	-0.112	ns
มวกเหล็ก	แสง	1.94	0.474	*

ยักษ์	อุณหภูมิอากาศ	3.72	0.718	**
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.33	0.347	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.22	-0.060	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.78	0.212	ns
	อุณหภูมิดิน	0.67	0.184	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-1.24	-0.326	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.92	-0.248	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.15	-0.303	ns
	แสง	0.81	0.219	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.09	0.289	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	1.09	0.290	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.93	-0.260	ns
	ปริมาณน้ำฝน	1.03	0.274	ns
	อุณหภูมิดิน	-0.27	-0.076	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-0.17	-0.046	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.19	-0.053	ns
ธรรมดา	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.79	-0.215	ns
	แสง	0.80	0.215	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.70	0.600	**
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.63	0.173	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.22	-0.062	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.49	0.134	ns
	อุณหภูมิดิน	0.09	0.024	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-0.89	-0.239	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.99	-0.265	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.55	-0.395	ns
ทิปตัน	แสง	1.15	0.303	ns
	อุณหภูมิอากาศ	2.13	0.509	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.64	0.176	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	0.24	0.068	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.72	0.197	ns
	อุณหภูมิดิน	0.57	0.155	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-1.40	-0.364	ns

ปากช่อง 1	ความชื้นดิน 60 ซม.	-1.44	-0.370	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-2.13	-0.508	*
	แสง	1.79	0.446	*
	อุณหภูมิอากาศ	1.82	0.465	*
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.84	0.226	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.58	-0.159	ns
	ปริมาณน้ำฝน	1.16	0.307	ns
	อุณหภูมิดิน	0.87	0.236	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-1.08	-0.288	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.38	-0.106	ns
บ้านป่า	ความชื้นดิน 90 ซม.	-1.03	-0.274	ns
	แสง	1.21	0.318	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.41	0.365	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.77	0.209	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.36	-0.100	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.90	0.242	ns
	อุณหภูมิดิน	-0.06	-0.017	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-0.37	-0.103	ns
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.44	-0.121	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.98	-0.273	ns
จักรพรรดิ	แสง	1.03	0.274	ns
	อุณหภูมิอากาศ	1.22	0.321	ns
	ความชื้นสัมพัทธ์	0.63	0.172	ns
	แรงดึงระเหยน้ำ	-0.06	-0.016	ns
	ปริมาณน้ำฝน	0.72	0.196	ns
	อุณหภูมิดิน	1.38	0.358	ns
	ความชื้นดิน 30 ซม.	-1.87	-0.460	*
	ความชื้นดิน 60 ซม.	-0.97	-0.260	ns
	ความชื้นดิน 90 ซม.	-0.96	-0.258	ns

บทที่ 5

อิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการจัดการน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

โครงการวิจัยที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นในดิน ความต้องการน้ำ และการจัดการน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

โครงการวิจัยย่อยนี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ 2.1) การตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ และ 2.2) ศึกษาผลกระทบของระดับความชื้นในดิน ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์

5.1 การทดลองที่ 2.1 การตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ

ผลการวิจัย

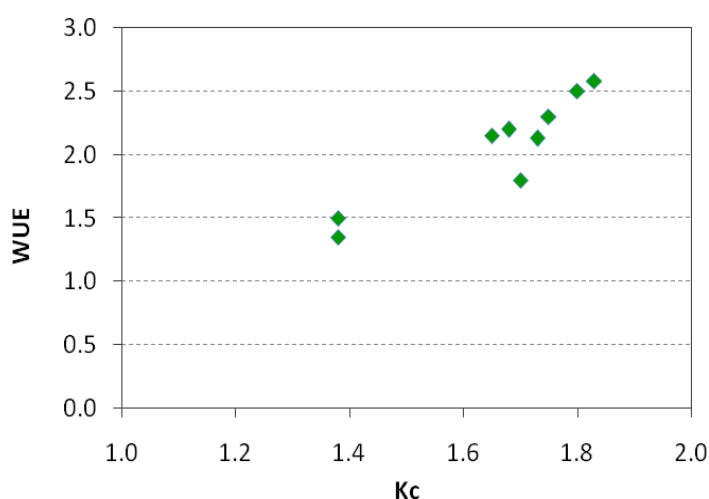
จากการทดลอง พบว่าหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (kc) และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่แตกต่างกันมีค่าระหว่าง 1.38–1.83 (ตารางที่ 5.1) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มหญ้าได้เป็น 3 กลุ่มตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำดังนี้ กลุ่มแรกมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง ได้แก่ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 (1.83) พันธุ์ยักษ์ (1.80) พันธุ์จักรพรรดิ (1.75) พันธุ์สุราษฎร์ (1.73) และพันธุ์มวกเหล็ก (1.70) กลุ่มที่สองมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำปานกลาง ได้แก่ พันธุ์ธรรมดา (1.68) และพันธุ์บาน่า (1.65) และกลุ่มที่สามมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำต่ำ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ (1.38) และพันธุ์ทิพตัน (1.38) เมื่อนำข้อมูลมาทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) พบว่า พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูงจะมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำก็สูงตามไปด้วย (ภาพที่ 5.1)

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ความต้องการน้ำฝน เทียบเท่า (WU) ปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด (TWU) และปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน (WU/d) ของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ ระยะเวลา 60 วัน

Cultivar	K_c	WUE (g/L)	Water Use (mm / 2 mo)	Total Water Used (ml)	Water Used (ml/day)
Kasetsart	1.38 d	1.35 e	49.8 d	38,520 d	642 d
Common	1.68 bc	2.20 c	60.2 c	46,570 c	776 c
King	1.80 ab	2.50 ab	65.0 a	50,300 ab	838 ab
Bana	1.65 c	2.15 c	59.5 c	46,010 c	767 c
Chakapat	1.75 abc	2.30 bc	62.3 abc	48,180 abc	803 abc
Pakchong1	1.83 a	2.58 a	65.2 a	50,420 a	840 a
Tifton	1.38 d	1.50 e	48.3 d	37,380 d	623 d
Surat	1.73 abc	2.13 c	62.5 abc	48,300 abc	805 abc
Muaklek	1.70 abc	1.80 d	60.9 bc	47,110 bc	785 bc
F-test	**	**	**	**	**
%CV	5.40	7.50	4.9	4.90	4.90

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

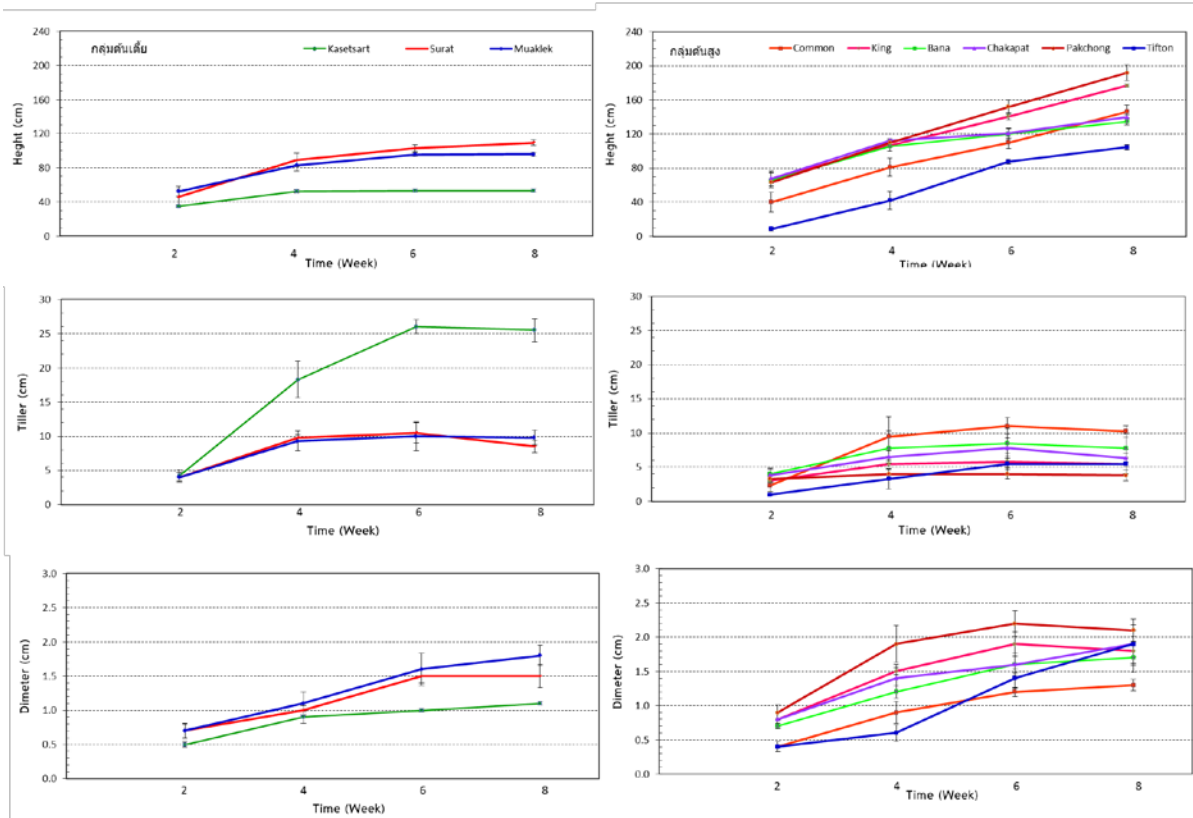
Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)



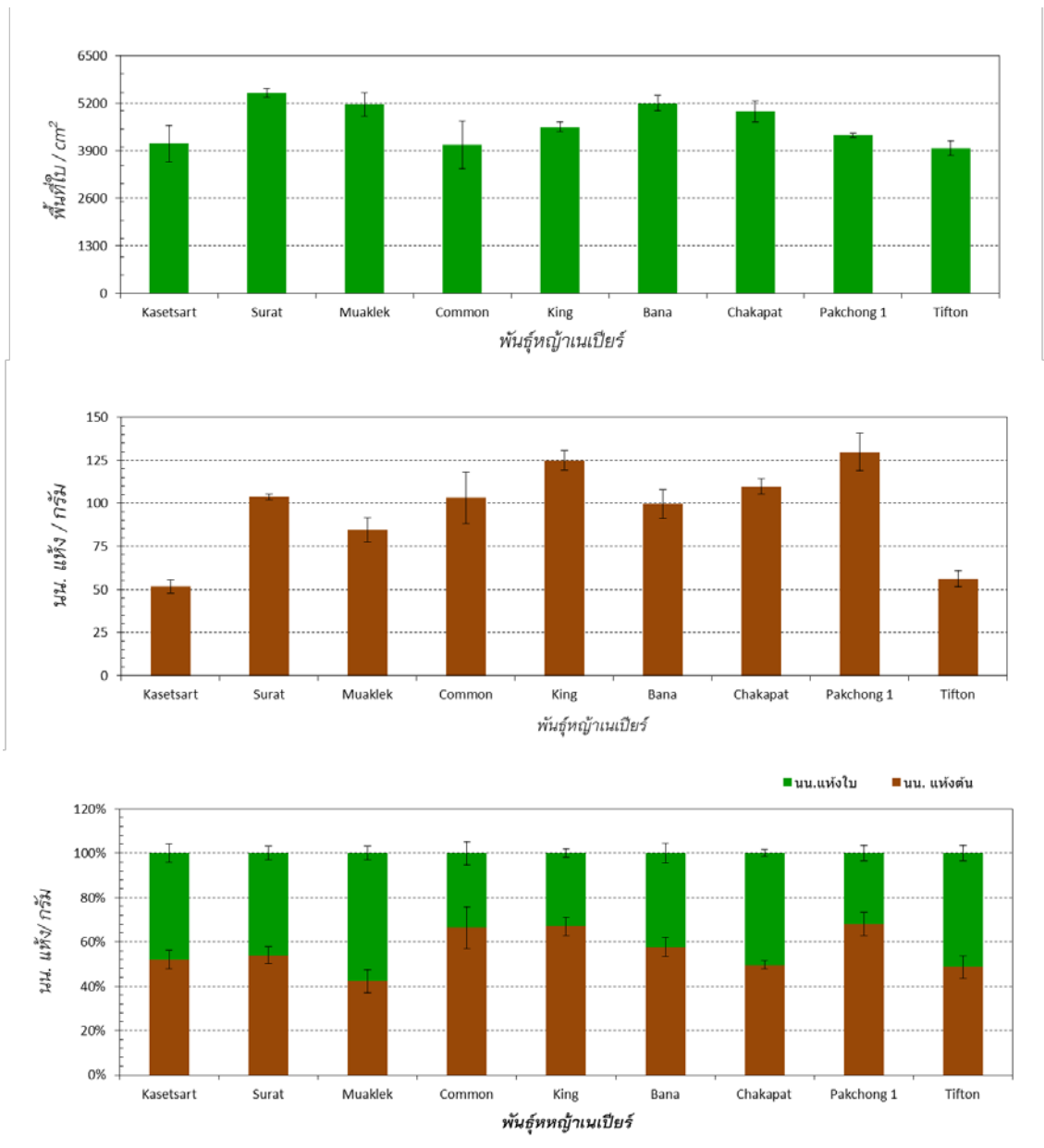
ภาพที่ 5.1 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE)

จากภาพที่ 5.2 แสดงว่า ความสูงของหญ้าเนเปียร์กลุ่มต้นสูงเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่กลุ่มต้นดี ยบางพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก มีความสูงไม่เปลี่ยนแปลงหลังอายุ 6 สัปดาห์ สำหรับ จำนวนลำตอกพบว่ากลุ่มพันธุ์ต้นสูงแตกกอมากในช่วง 4 สัปดาห์แรกหลังปลูก ยกเว้นพันธุ์ทิพตัน และ พันธุ์ธรรมดาที่ยังมีจำนวนลำตอกเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6 และคงที่ จำนวนลำตอกของพันธุ์ปากช่อง 1 ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ 2 สัปดาห์หลังปลูก ในกลุ่มต้นเตี้ย พันธุ์มวกเหล็กและสุราษฎร์จำนวนลำตอกเริ่มคงที่ที่ ระยะ 4 สัปดาห์หลังปลูกเช่นกัน มีเพียงพันธุ์เกษตรศาสตร์ที่ยังมีการแตกกอต่อจนถึงอายุ 6 สัปดาห์หลังปลูก และไม่เพิ่มขึ้น ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 6 สัปดาห์แรกทั้ง 2 กลุ่มคล้ายคลึง กับการเพิ่มจำนวนลำตอก ยกเว้นพันธุ์มวกเหล็ก ทิพตัน และ บาน่าที่เพิ่มขึ้นจนถึงถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือ 8 สัปดาห์หลังปลูก

เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใบของหญ้าทั้ง 9 พันธุ์พบว่า พันธุ์สุราษฎร์ มวกเหล็ก บาน่า และจักรพรรดิ มี พื้นที่ใบตอกสูงกว่าอีก 5 พันธุ์ สำหรับผลผลิตชีวมวลหรือน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ พบว่าหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ยักษ์ และจักรพรรดิมีผลผลิตน้ำหนักแห้งตอกสูงสุด และมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของลำต้น มากกว่า 60 % ซึ่งสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต้นและน้ำหนักแห้งใบแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์หญ้า พันธุ์บาน่า มวกเหล็ก ธรรมดา ทิพตัน สุราษฎร์ และเกษตรศาสตร์มีน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 60 % (ภาพที่ 5.3) ทั้งนี้พื้นที่ใบมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ เนื่องจากพืชคายน้ำทางปากใบ ทำให้พันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่มีพื้นที่ใบมากมีค่าสัมประสิทธิ์ และประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงตามไปด้วย ซึ่งต่างกัน พันธุ์บาน่า และจักรพรรดิเนื่องจากทั้งสองพันธุ์มีขนในปริมาณที่มากกว่าพันธุ์อื่นๆ ทำให้สูญเสียน้ำจากใบได้น้อยกว่า



ภาพที่ 5.2 ความสูง จำนวนต้นต่อกอ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์



ภาพที่ 5.3 ผลผลิตชีวมวลแห้ง และพื้นที่ใบของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ ที่อายุ 60 วัน

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลกระทบของระดับความชื้นในดิน ต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและคุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์

ผลการวิจัย

พลังงานก่อกับกอนดินหรือพลังงานศักย์ของน้ำในดิน

ผลการวัดและการควบคุมค่าแรงดึงน้ำในดินหรือพลังงานก่อกับกอนดินดินแสดงในตารางที่ 5.2 พบว่าสามารถควบคุมพลังงานพลังงานก่อกับดินได้ตามระดับน้ำที่กำหนด แสดงว่าหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกทดสอบในทริทเมนต์ต่างๆ มีสภาพน้ำซัง ได้รับน้ำดี ดินเริ่มแห้ง และแห้งมาก มีเพียงพันธุ์ปากช่อง 1 ที่ในทริทเมนต์ที่ 3 มีค่าพลังงานก่อกับกอนดินค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกับสภาพดินแห้งมาก จึงชี้ให้เห็นว่า ระดับน้ำในดินมีอิทธิพลต่อพลังงานศักย์ของน้ำในดิน



ภาพที่ 5.4 สภาพโรงเรือนและการควบคุมน้ำในดิน



ภาพที่ 5.5 การเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตหญ้าเนเปียร์

ตารางที่ 5.2 ค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินตามทรีทเมนต์ของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์

ทรีทเมนต์	พันธุ์	Ψ_m			
		2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	Pakchong	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	Pakchong	-7e	-30k	-17e	-16e
-30> $\Psi_m > -50$	Pakchong	-70g	-60o	-36i	-80r
$\Psi_m < -50$	Pakchong	-68p	-74t	-79p	-86t
$\Psi_m = 0$	King	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	King	-2b	-2b	-2b	-12c
-30> $\Psi_m > -50$	King	-17f	-20e	-44j	-76g
$\Psi_m < -50$	King	-90x	-84w	-92w	-86t
$\Psi_m = 0$	Surat	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	Surat	-2b	-18d	-20g	-12c
-30> $\Psi_m > -50$	Surat	-46l	-45m	-54g	-58n
$\Psi_m < -50$	Surat	-88w	-68g	-86t	-70p
$\Psi_m = 0$	Bana	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	Bana	-4c	-10c	-10c	-24g
-30> $\Psi_m > -50$	Bana	-52n	-53n	-44j	-54m
$\Psi_m < -50$	Bana	-79t	-88y	-89u	-90v
$\Psi_m = 0$	Tifton	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	Tifton	-16d	-21f	-16d	-38i
-30> $\Psi_m > -50$	Tifton	-72r	-29j	-18f	-80r
$\Psi_m < -50$	Tifton	-80u	-79u	-81r	-100w
ทรีทเมนต์	พันธุ์	Ψ_m (kPa)			
		2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	Muaklek	0a	0a	0a	0a
-10> $\Psi_m > -30$	Muaklek	-18g	-18d	-16d	-10b
-30> $\Psi_m > -50$	Muaklek	-30k	-39l	-45k	-40k
$\Psi_m < -50$	Muaklek	-88w	-87x	-86t	-88u

$\Psi_m = 0$	Kasetsart	0a	0a	0a	0a
$-10 > \Psi_m > -30$	Kasetsart	-20i	-24g	-16d	-14d
$-30 > \Psi_m > -50$	Kasetsart	-52n	-73s	-56n	-52l
$\Psi_m < -50$	Kasetsart	-86v	-90z	-85s	-64o
$\Psi_m = 0$	Chakapat	0a	0a	0a	0a
$-10 > \Psi_m > -30$	Chakapat	-19h	-25h	-22h	-20f
$-30 > \Psi_m > -50$	Chakapat	-60o	-60o	-53l	-80r
$\Psi_m < -50$	Chakapat	-74s	-82v	-80g	-90v
$\Psi_m = 0$	Common	0a	0a	0a	0a
$-10 > \Psi_m > -30$	Common	-28j	-28i	-10c	-10b
$-30 > \Psi_m > -50$	Common	-50m	-69r	-66o	-30h
$\Psi_m < -50$	Common	-80u	-61p	-90v	-85s
ดำรับการทดลอง		**	**	**	**
พันธุ์		**	**	**	**
ดำรับการทดลอง x พันธุ์		**	**	**	**
LSD		5.6	1.6	1.0	5.5
% CV		1.1	3.2	2.0	1.9

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)

พลังงานศักย์ของน้ำในใบ

จากการทดลองพบว่า หลังควบคุมน้ำในดินตามทรีทเมนต์ข้างต้น นานต่อเนื่อง 2 เดือน ส่งผลต่อสรีรวิทยาและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ดังนี้ ในสภาพดินแห้งมาก ($\Psi_m < -50$ kPa) ค่าพลังงานศักย์รวมของน้ำในใบ (Ψ_t) ต่ำกว่าในสภาพน้ำท่วมขัง ($\Psi_m = 0$ kPa) ดินแห้ง (-30 kPa $> \Psi_m > -50$), และดินแฉะกำลังดี (-10 kPa $> \Psi_m > -30$ kPa) ซึ่งค่า Ψ_t ของหญ้าแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แต่สามารถสะท้อนคุณภาพการใช้น้ำของหญ้าทั้ง 9 พันธุ์ในสภาพได้รับน้ำเต็มที่และขาดน้ำได้ โดยพืชจะปรับค่าให้ลดต่ำลงเพื่อให้สามารถดึงน้ำขึ้นมาใช้ทันได้ โดยค่ายิ่งต่ำมากเมื่ออยู่ในสภาพดินแห้งนาน 2 เดือน ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองที่คล้ายทั้ง 9 พันธุ์ (ตารางที่ 5.3) จากผลการทดลองครั้งที่ผ่านมามีพบว่าหญ้าเนเปียร์สามารถปรับค่า Ψ_t ได้โดยการปรับแรงดันออสโมติกภายในเซลล์โดยการสะสมหรือสร้างสารออสโมไลต์ทำให้มีความเข้มข้นของสารภายในเซลล์มากขึ้นจะได้มีแรงดึงน้ำมากขึ้น ซึ่งค่าพลังงานความเข้มข้นของน้ำในใบ (Ψ_t) จะลดลง ในสภาพดินแห้งมากทำให้พลังงานความดันหรือแรงเต่งเซลล์ (Ψ_p)

ตารางที่ 5.3 พลังงานศักย์รวมของน้ำในใบ (Ψ_t) หนุ่เนเปียร์ 9 พันธุ์ ทุก 2 สัปดาห์หลังได้รับทริทเมนต์

พันธุ์ปากช่อง

ทริทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-68.8 a	-50.0 a	-50.0 a	-118.8 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-50.0 a	-50.0 a	-56.3 a	-62.5 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-68.8 a	-50.0 a	-50.0 a	-81.25 a
$\Psi_{m<-50}$	-118.8 b	-112.5 b	-362.5 b	-1150 b
F-test	**	**	**	**
% CV	23.60	19.00	29.30	61.70

พันธุ์ยักษ์

ทริทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-62.5 a	-56.3 a	-68.8 a	106.2 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-75.0 a	-62.5 a	-75.0 a	-75 .0 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-81.3 a	-68.8 a	-75.0 a	-106.2 a
$\Psi_{m<-50}$	-125.0 b	-106.2 b	-131.2 b	-1600 b
F-test	**	**	**	**
% CV	23.4	17.7	10.1	61.9

พันธุ์สุราษฎร์

ทริทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-75.0	-50.0 a	-81.3 b	-137.5 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-125.0	-56.3 a	-50.0 a	-68.8 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-68.8	-56.3 a	-75.0 b	-75.0 a
$\Psi_{m<-50}$	-118.8	-87.5 b	-106.2 c	-1775.0 b
F-test	ns	**	**	**
% CV	68.1	18.3	11.3	14.8

พันธุ์บาน่า

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-56.3 a	-56.3 a	-87.5 b	-106.2 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-106.2 b	-81.3 bc	-50.0 a	-50.0 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-100.0 b	-68.8 ab	-75.0 b	-131.2 a
$\Psi_{m<-50}$	-206.2 c	-93.8 c	-131.2 c	-2225.0 b
F-test	**	*	**	**
% CV	23.2	21.5	16.3	17.8

พันธุ์ทิพตัน

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-137.5 a	-62.5 a	-87.5 b	-93.8 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-118.8 a	-62.5 a	-50.0 a	-87.5 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-100.0 a	-81.3 ab	-50.0 a	-87.5 a
$\Psi_{m<-50}$	-625.0 b	-87.5 b	-150.0 c	-2012.0 b
F-test	**	ns	**	**
% CV	21.6	19.0	8.6	15.5

พันธุ์มวกเหล็ก

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	-100.0 a	-143.8 b	-206.2 b	-143.8 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	-87.5 a	-62.5 a	-100.0 a	-75.0 a
-30> $\Psi_{m>-50}$	-100.0 a	-93.8 a	-106.3 a	-75.0* a
$\Psi_{m<-50}$	-218.8 b	-168.8 b	137.5 ab	-325.0 b
F-test	**	**	*	**
% CV	13.7	18.7	35	51.3

พันธุ์เกษตรศาสตร์

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m=0$	-62.5 a	-87.5	-143.8 b	-150.0 a
-10> $\Psi_m>-30$	-81.3 b	-50.0	-156.2 b	-106.2 a
-30> $\Psi_m>-50$	-93.8 b	-50.0	-50.0 a	-50.0 a
$\Psi_{m<-50}$	-150.0 c	-131.2	-200.0 c	-481.2 b
F-test	**	ns	**	**
% CV	11.8	86.7	19.3	60.2

พันธุ์จักรพรรดิ

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m=0$	-56.3 a	-106.2 b	-112.5 c	-137.5 b
-10> $\Psi_m>-30$	-62.5 a	-56.3 a	-50.0 a	-68.8 a
-30> $\Psi_m>-50$	-62.5 a	-93.8 b	-93.8 b	-75.0 a
$\Psi_{m<-50}$	-100.0 b	-225.0 c	-106.2 bc	-225.0 c
F-test	**	**	**	**
% CV	17.0	12.4	12.6	26.6

พันธุ์ธรรมดา

ทรีทเมนต์	Ψ_t kPa			
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m=0$	-87.5 b	-137.5 c	-81.3 b	-118.8 a
-10> $\Psi_m>-30$	-50.0 a	-50.0 a	-50.0 a	-106.2 a
-30> $\Psi_m>-50$	-50.0 a	-87.5 b	-93.8 b	-100.0 a
$\Psi_{m<-50}$	-100.0 c	-168.8 c	-143.8 c	-181.2 b
F-test	**	**	**	**
% CV	10	21.3	11.7	20

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)

ค่าความเขียวและปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง

การวัดความเขียวของใบ (SPAD) นักวิจัยได้เลือกวัดใบที่มีการพัฒนาของใบเต็มที่ หรือสังเกตเห็นหูใบ (stipule) นับจากใบบนสุดลงมา อาจกล่าวได้ว่า ใบที่ใช้ในการวัดความเขียวของใบตลอดช่วงที่มีการงอต้นน้ำมีอายุใบใกล้เคียงกัน จากการศึกษาพบว่า สัปดาห์ที่ 0 นั้นมีความเขียวของใบแต่ละทริทเมนต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.4) แต่จะมีความแตกต่างกันเพียงระหว่างพันธุ์หญ้าเนเปียร์เท่านั้น และเริ่มความแตกต่างตั้งแต่ต้นน้ำ 2 สัปดาห์จนถึง 8 สัปดาห์ ตามผลการทดลองในตารางที่ 5.4 พบว่าค่าความเขียวของใบเริ่มลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ทุกทริทเมนต์การทดลองที่มีการศึกษา แต่จะมีการลดลงที่ไม่เท่ากัน กล่าวคือ ในสภาพที่น้ำท่วมขังมีความเขียวของใบลดลงอย่างรวดเร็ว กว่าในสภาพที่มีน้ำเหมาะสม และในสภาพดินเริ่มแห้ง แต่ในสภาพแห้งมากความเขียวลดลงอย่างช้าๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ทำให้ค่าความเขียวของใบหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์ในสภาพดินแห้งมากมีค่าสูงกว่าในสภาพได้น้ำดี และน้ำท่วมขัง ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์หลังได้รับทริทเมนต์นาน 8 สัปดาห์

ตารางที่ 5.4 ค่าความเขียวของใบ (SPAD values) ของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ ตั้งแต่ 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ หลังได้รับทริทเมนต์

พันธุ์ปากช่อง

ทริทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_{m=0}$	43.5	35.7 b	26.1 b	25.0 b	25.1 b
-10> $\Psi_{m>-30}$	41.3	35.3 b	24.6 bc	22.6 b	25.8 ab
-30> $\Psi_{m>-50}$	42.7	35.9 b	23.0 c	22.5 b	22.3 c
$\Psi_{m<-50}$	44.5	41.5 a	32.0 a	29.9 a	28.3 a
F-test	ns	*	**	**	**
% CV	4.8	7.7	7	9.3	6.8

พันธุ์ยักษ์

ทริทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_{m=0}$	37.0	31.1	18.8 b	22.3	21.9 ab
-10> $\Psi_{m>-30}$	36.0	32.7	18.5 b	20.7	19.5 b
-30> $\Psi_{m>-50}$	38.1	36.0	20.0 b	20.4	20.2 b
$\Psi_{m<-50}$	38.6	35.8	29.3 a	25.7	23.7 a
F-test	ns	ns	**	ns	*
% CV	6.5	10.8	13	13.2	8.7

พันธุ์สุราษฎร์

ทรีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	41.1	29.9 b	26.7 ab	27.2 ab	28.1 ab
-10> $\Psi_m > -30$	42.1	34.9 a	28.9 ab	27.1 b	26.4 b
-30> $\Psi_m > -50$	42.3	35.6 a	25.9 b	22.8 c	24.6 b
$\Psi_m < -50$	39.9	37.1 a	30.3 a	29.7 a	33.0 a
F-test	ns	**	ns	**	*
% CV	4.4	6.6	6.7	6.1	12.2

พันธุ์บ้านา

ทรีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	31.3	32.4	18.9 b	21.6 b	19.7
-10> $\Psi_m > -30$	34.1	33.6	19.7 b	19.2 b	17.4
-30> $\Psi_m > -50$	35.8	31.4	22.3 ab	20.5 b	18.7
$\Psi_m < -50$	33.2	34.8	26.2 a	26.4 a	21.3
F-test	ns	ns	*	**	ns
% CV	8.1	6.6	12.7	10.3	13.6

พันธุ์ทิพนัน

ทรีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	38.9	34.1	27.4 b	30.3 b	28.4
-10> $\Psi_m > -30$	39.6	37.9	26.0 b	27.5 b	27.7
-30> $\Psi_m > -50$	40.7	40.2	32.9 a	27.4 b	25.9
$\Psi_m < -50$	40.0	40.4	33.5 a	34.0 a	30.2
F-test	ns	ns	*	**	ns
% CV	7.3	8.3	11.2	7.7	9.5

พันธุ์ม่วงเหล็ก

วิธีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_{m=0}$	38.1 a	26.8 b	25.4 b	23.7 ab	20.6 c
-10> $\Psi_{m>-30}$	35.0 ab	33.9 a	32.6 a	22.3 b	21.5 bc
-30> $\Psi_{m>-50}$	37.9 a	31.2 a	26.6 b	22.5 b	23.9 a
$\Psi_{m<-50}$	33.4 b	31.7 a	28.6 ab	25.4 a	23.0 ab
F-test	*	**	*	ns	**
% CV	5.9	5.9	9.1	8.1	4.8

พันธุ์เกษตรศาสตร์

วิธีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_{m=0}$	31.7 bc	24.3 c	20.6 c	18.2 b	27.7 a
-10> $\Psi_{m>-30}$	34.6 a	32.1 a	29.1 ab	24.7 a	19.9 c
-30> $\Psi_{m>-50}$	30.9 c	29.8 b	26.7 b	24.3 a	21.9 b
$\Psi_{m<-50}$	33.7 ab	26.4 c	30.1 a	23.2 a	17.4 d
F-test	*	**	**	**	**
% CV	5.2	5	6.8	6	4.1

พันธุ์จักรพรรดิ

วิธีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_{m=0}$	29.4	21.2	19.8 b	22.3	19.5
-10> $\Psi_{m>-30}$	30.2	23.2	24.1 a	19.7	15.2
-30> $\Psi_{m>-50}$	30.3	25.0	23.7 a	20.6	17.9
$\Psi_{m<-50}$	30.2	23.5	24.2 a	21.1	18.0
F-test	ns	ns	*	ns	ns
% CV	4.9	8.1	9.3	6.5	8

พันธุ์ธรรมดา

ทรีทเมนต์	SPAD values				
	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
$\Psi_m = 0$	35.2	34.2 a	31.1 c	25.6 c	22.9
-10> $\Psi_m > -30$	32.5	32.7 ab	36.2 ab	40.2 a	24.2
-30> $\Psi_m > -50$	35.4	30.0 b	38.7 a	35.6 b	24.0
$\Psi_{m < -50}$	32.1	33.3 a	33.9 bc	29.0 c	23.4
F-test	ns	*	**	**	ns
% CV	7.5	5.8	5.2	8.8	4.4

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)

ตารางที่ 5.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ เมื่อรดน้ำได้ 60 วัน
ของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์

พันธุ์ปากช่อง

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m = 0$	0.71b	0.14c	46.67b	82.07a
-10> $\Psi_m > -30$	0.76b	0.17bc	50.27b	67.86b
-30> $\Psi_m > -50$	0.77b	0.19b	50.83b	65.69b
$\Psi_{m < -50}$	1.02a	0.25a	66.99a	74.78ab
F-test	**	**	**	*
% CV	9.6	13.5	9.7	10.8

พันธุ์ยักษ์

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m = 0$	0.79	0.17b	51.95a	64.94
-10> $\Psi_m > -30$	0.58	0.14b	38.07b	66.19
-30> $\Psi_m > -50$	0.57	0.14b	38.97b	60.96
$\Psi_{m < -50}$	0.72	0.34a	47.40ab	59.28
F-test	ns	**	*	ns

% CV	14.7	26.8	12.3	9.1
------	------	------	------	-----

พันธุ์สุราษฎร์

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m = 0$	1.02	0.21	67.14	83.96ab
-10> $\Psi_m > -30$	0.92	0.21	60.69	82.47b
-30> $\Psi_m > -50$	0.80	0.13	52.78	90.36a
$\Psi_m < -50$	0.82	0.19	58.18	76.45b
F-test	ns	ns	ns	*
% CV	13.6	23.7	11.5	5.4

พันธุ์บ้าน่า

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m = 0$	0.71	0.15	46.43	62.64
-10> $\Psi_m > -30$	0.55	0.14	38.61	64.33
-30> $\Psi_m > -50$	0.65	0.14	40.40	75.86
$\Psi_m < -50$	0.68	0.16	45.01	58.16
F-test	ns	ns	ns	ns
% CV	13.1	16.1	15.1	14.0

พันธุ์ทิพนัน

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m = 0$	0.99b	0.22b	64.82b	67.92b
-10> $\Psi_m > -30$	1.17ab	0.24b	76.85a	83.84a
-30> $\Psi_m > -50$	0.98b	0.21b	64.64b	72.58b
$\Psi_m < -50$	1.25a	0.31a	74.97a	81.02a
F-test	*	**	*	**
% CV	12.5	11.1	7.4	5.4

พันธุ์มวกเหล็ก

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m=0$	0.68	0.13b	46.19	88.64b
$-10>\Psi_m>-30$	0.87	0.16a	56.90	147.30a
$-30>\Psi_m>-50$	0.75	0.18a	51.89	90.00b
$\Psi_{m<-50}$	0.66	0.15ab	43.57	86.28b
F-test	ns	*	ns	**
% CV	14.1	11.4	14.2	16.3

พันธุ์เกษตรศาสตร์

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m=0$	1.197a	0.29a	79.03a	63.82ab
$-10>\Psi_m>-30$	0.71c	0.15b	46.68c	47.39b
$-30>\Psi_m>-50$	0.93b	0.16b	60.49b	75.51a
$\Psi_{m<-50}$	0.58c	0.14b	38.55c	70.66a
F-test	**	**	**	*
% CV	12.6	19.4	12.5	15.2

พันธุ์จักรพรรดิ

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_m=0$	1.11a	0.25a	73.26a	73.66
$-10>\Psi_m>-30$	0.99ab	0.18bc	61.20b	76.51
$-30>\Psi_m>-50$	0.72c	0.14c	58.53b	71.24
$\Psi_{m<-50}$	0.89b	0.20b	47.38c	64.80
F-test	**	**	**	ns
% CV	7.5	11.4	9.5	13.7

พันธุ์กรรมตา

ทรีทเมนต์	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Total carotenoid
$\Psi_{m=0}$	1.26a	0.28	82.95	79.36
-10> $\Psi_{m>-30}$	1.47a	0.36	91.22	100.40
-30> $\Psi_{m>-50}$	1.16ab	0.25	76.13	84.63
$\Psi_{m<-50}$	0.80b	0.17	52.78	68.63
F-test	*	ns	ns	ns
% CV	22.8	31.1	23.4	17.5

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)

จากการทดลองวัดค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (EC) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์หลังได้รับทรีทเมนต์นาน 60 วัน พบว่า ระดับน้ำในดินมีผลกับค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ยกเว้น พันธุ์สุราษฎร์ มวกเหล็ก และธรรมดา โดยส่วนใหญ่ค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ในสภาพน้ำท่วมขังมีค่าสูงกว่าในสภาพได้รับน้ำเต็มที่หรือดินเปียกและดินเริ่มแห้ง ในขณะที่ในสภาพดินแห้งมากมีค่า EC ต่ำที่สุด (ตารางที่ 5.6) อาจกล่าวได้ว่าในสภาพน้ำท่วมขังเซลล์ของหญ้าเนเปียร์มีความเสียหายทำให้เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ แต่ในสภาพดินแห้งมากหรือขาดน้ำอาจส่งผลกับกลไกอื่นหรืออาจมีน้ำไม่เพียงพอต่อการเคลื่อนย้ายสารอิเล็กโทรไลต์จึงมีค่าต่ำกว่าในสภาพได้รับน้ำดี

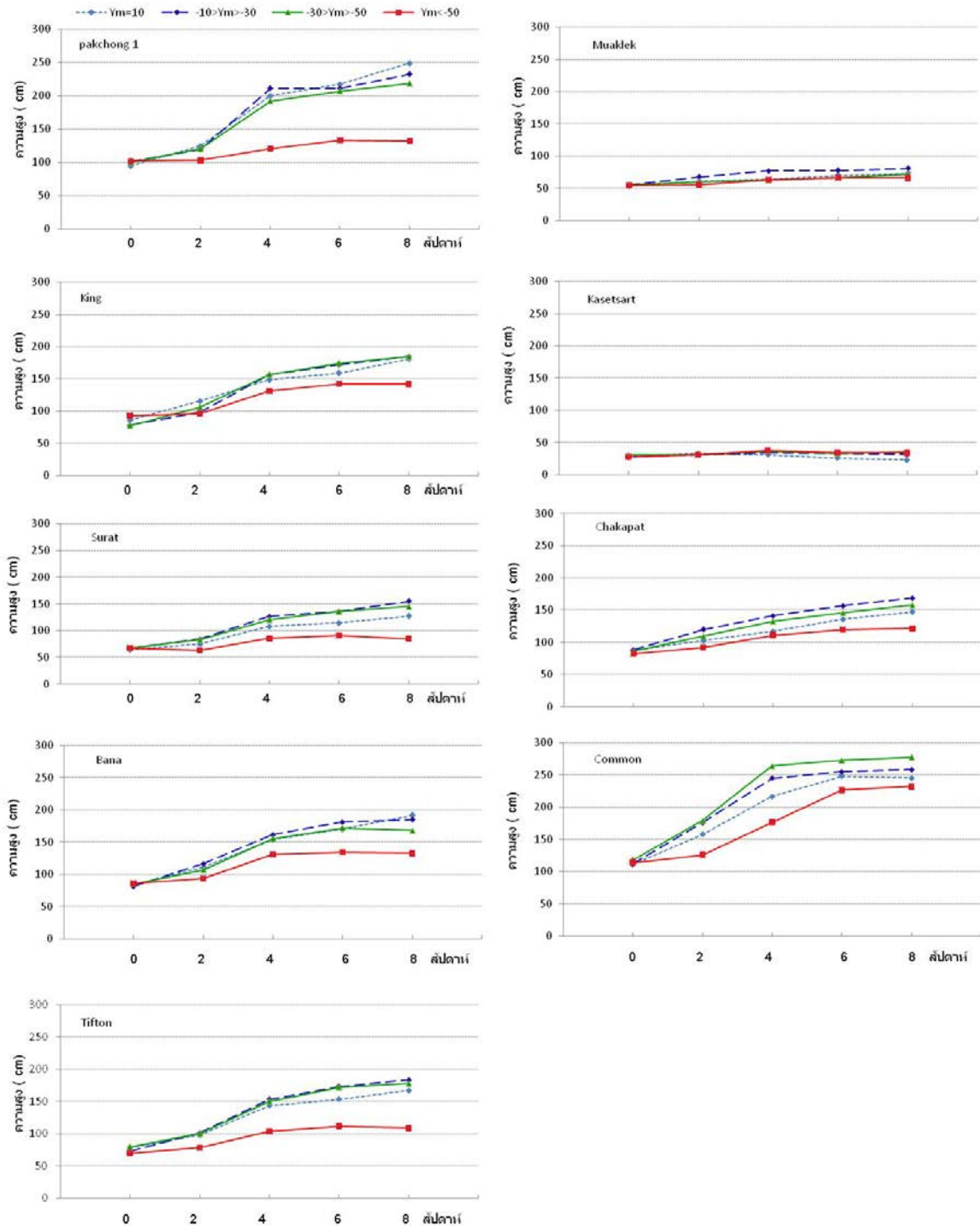
ตารางที่ 5.6 ค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์ (EC) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ หลังได้รับทรีทเมนต์ นาน 8 สัปดาห์

ทรีทเมนต์	EC (8 สัปดาห์)								
	Pakchong	King	Surat	Bana	Tifton	Muaklek	Kasetsart	Chakapat	Common
$\Psi_{m=0}$	28.4 ^a	21.8 ^a	21.5	21.3 ^b	23.4 ^a	21.4	44.4 ^a	25.3 ^a	20.6
-10> $\Psi_{m>-30}$	26.7 ^b	21.6 ^a	19.4	26.2 ^a	19.1 ^b	19.0	42.3 ^a	20.9 ^b	20.6
-30> $\Psi_{m>-50}$	21.4 ^b	21.1 ^a	20.3	18.3 ^b	19.8 ^b	22.3	36.2 ^a	20.2 ^b	22.7
$\Psi_{m<-50}$	21.3 ^b	16.7 ^b	21.0	18.8 ^b	16.2 ^c	21.0	19.3 ^b	16.7 ^c	22.2
F-test	*	**	ns	**	**	ns	*	**	ns
% CV	13.9	9.5	15.7	9.7	3.2	16.8	30.4	7.8	10.8

Note: Significant level of $P \leq 0.05$ or ≤ 0.01 denoted by * and ** respectively. ns indicate not significant difference.

Different letters indicate difference ($P \leq 0.05$) by means of LSD (Least Significant Difference Test)

จากภาพที่ 5.6 และตารางที่ 5.7 พบว่าการควบคุมพลังงานกำกับก้อนดินนานต่อเนื่อง 2 เดือนทำให้ความสูงต้น พื้นที่ใบ และชีวมวลลดลงตามสภาพน้ำในดิน ดินยิ่งแห้งมากทำให้พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งในแต่ละส่วนลดลงมาก ทั้งนี้ในสภาพน้ำท่วมส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งในแต่ละส่วนมากกว่าในสภาพดินเริ่มแห้ง เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งรวมในสภาพดินแห้งมาก พบว่าพันธุ์สุราษฎร์ มีน้ำหนักแห้งลดลงมากที่สุด ประมาณ 65% รองลงมาเป็นพันธุ์ปากช่อง1 ทิพตัน บาน่า และจักรพรรดิ น้ำหนักแห้งลดลง 57.2% 55.4% 52.2% และ 51.5% ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์มวกเหล็ก และยักษ์ มีน้ำหนักแห้งลดลง 41.2% และ 40% ตามลำดับ และลดลงน้อยที่สุดในกลุ่มต้นสูงคือพันธุ์ธรรมดา ในสภาพดินแห้งจัดมีชีวมวลแห้งส่วนเหนือดินลดลงเพียง 27.6% สำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์พบว่ามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุดในสภาพดินเริ่มแห้ง ($-30 > \Psi_m > -50$) รองลงมาคือในสภาพดินแห้งมาก ($\Psi_m < -50$) และดินเปียกกำลังดี ($-10 > \Psi_m > -30$) และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุดในสภาพน้ำขัง โดยลดลงถึง 58% เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพดินเริ่มแห้งที่ให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์จึงจัดว่าเป็นพันธุ์ที่ทนต่อสภาพแล้งมากที่สุด แต่อ่อนแอต่อสภาพน้ำขังมากที่สุด ขณะที่พันธุ์สุราษฎร์ พันธุ์ปากช่อง1 ทิพตัน บาน่า และจักรพรรดิอ่อนแอต่อสภาพแล้งมาก มากที่สุดและลดลง ตามลำดับ สำหรับในสภาพน้ำขังพบว่าหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น แสดงว่าหญ้าพันธุ์นี้ชอบพื้นที่ชุ่มน้ำหรือท่อน้ำท่วม นอกจากนี้ยังพบว่าหญ้าพันธุ์บาน่า ทิพตัน และ ธรรมดา มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินลดลงไม่ถึง 15% จึงสามารถปลูกได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำได้ ในขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขังมากที่สุด โดยมีน้ำหนักแห้งทั้งหมดส่วนเหนือดินลดลง 58%



ภาพที่ 5.6 ความสูงของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ ทุก 2 สัปดาห์ หลังควบคุมพลังงานศักย์ของน้ำในดิน

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์หลังได้รับทริทเมนต์นาน 8 สัปดาห์

พันธุ์ปากช่อง

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_m = 0$	2284 b	202.9 a	28.6 b	174.3 a	202.9 a
-10> $\Psi_m > -30$	3409 a	181.1 b	37.3 a	143.8 b	100.5 b
-30> $\Psi_m > -50$	3431 a	178.3 b	37.7 a	140.6 b	93.08 b
$\Psi_m < -50$	2410 b	77.6 c	23.4 b	54.2 c	44.15 c
F-test	*	**	**	**	**
% CV	18.9	6.7	12.3	7.2	15.3

พันธุ์ยักษ์

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_m = 0$	2415	144.3 a	28.7 b	115.6 a	54.8
-10> $\Psi_m > -30$	3267	152.5 a	39.3 a	113.2 a	64.4
-30> $\Psi_m > -50$	2963	145.2 a	37.8 a	107.4 a	63.2
$\Psi_m < -50$	2234	91.1 b	26.0 b	65.1 b	69.8
F-test	ns	**	**	**	ns
% CV	20.2	6.1	8.1	6.4	21.8

พันธุ์สุราษฎร์

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_m = 0$	2689 ab	126.3 b	27.0 b	99.3 a	98.1
-10> $\Psi_m > -30$	3667 a	154.4 a	37.7 a	116.7 a	87.7
-30> $\Psi_m > -50$	3431 a	147.6 a	38.2 a	109.4 a	88.2
$\Psi_m < -50$	1755 b	53.8 c	15.8 c	38.0 b	83.4
F-test	*	**	**	**	ns
% CV	30.5	11.4	15.5	12.7	29.5

พันธุ์บ้านนา

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_m = 0$	2718 b	143.2 ab	30.6 b	112.6 ab	78.8

-10> $\Psi_{m>-30}$	3878 a	163.1 a	43.4 a	119.7 a	68.4
-30> $\Psi_{m>-50}$	2713 b	127.1 b	32.5 b	94.6 b	67.7
$\Psi_{m<-50}$	2106 b	78.0 c	25.6 b	52.4 c	88.6
F-test	*	**	**	**	ns
% CV	25.0	13.5	15	13.8	37.6

พันธุ์ทิพตัน

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_{m=0}$	1539 b	123.5 b	23.7 c	99.8 b	148.4
-10> $\Psi_{m>-30}$	2153 a	137.1 b	32.3 b	104.8 b	88.3
-30> $\Psi_{m>-50}$	2577 a	161.6 a	36.8 a	124.9 a	111.1
$\Psi_{m<-50}$	1586 b	61.1 c	19.7 c	41.4 c	84.7
F-test	**	**	**	**	ns
% CV	14.4	10.4	10.4	11.8	30.1

พันธุ์มวกเหล็ก

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_{m=0}$	1972 b	62.8 b	22.0 b	40.8 b	60.4
-10> $\Psi_{m>-30}$	3245 a	90.0 a	36.9 a	53.1 a	52.8
-30> $\Psi_{m>-50}$	1855 b	54.3 b	24.5 b	29.8 c	64.4
$\Psi_{m<-50}$	1670 b	52.9 b	23.7 b	29.2 c	61.0
F-test	**	**	**	**	ns
% CV	14.3	14	17.7	12.8	17.7

พันธุ์เกษตรศาสตร์

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก

$\Psi_{m=0}$	771 c	28.3 c	7.2 c	21.1 c	63.9
-10> $\Psi_{m>-30}$	2099 b	52.2 b	19.8 b	32.4 b	63.7
-30> $\Psi_{m>-50}$	2843 a	67.5 a	26.5 a	41.0 a	73.8
$\Psi_{m<-50}$	2162 b	54.8 b	22.0 ab	32.8 b	81.3
F-test	**	**	**	**	ns
% CV	18.5	12.1	16.1	11.9	33.0

พันธุ์จักรพรรดิ

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_{m=0}$	2254 b	111.4 b	22.0 b	89.4 b	60.4
-10> $\Psi_{m>-30}$	3855 a	148.0 a	36.7 a	111.3 a	52.8
-30> $\Psi_{m>-50}$	3871 a	133.5 ab	36.4 a	97.1 ab	64.9
$\Psi_{m<-50}$	2317 b	71.8 c	23.6 b	48.2 c	61.0
F-test	**	**	**	**	ns
% CV	16.9	12.4	12.8	13.2	17.7

พันธุ์ธรรมดา

ทรีทเมนต์	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
		ทั้งต้น	ใบ	ลำต้น	ราก
$\Psi_{m=0}$	682 c	143.3 a	12.3 c	131.0 a	59.2
-10> $\Psi_{m>-30}$	1195 a	150.9 a	18.8 a	132.2 a	95.1
-30> $\Psi_{m>-50}$	934 b	151.4 a	15.8 b	135.6 a	62.7
$\Psi_{m<-50}$	845 bc	109.3 b	12.3 c	97.0 b	68.7
F-test	**	**	**	**	ns
% CV	13.3	8.9	11.7	9.4	24.9

คุณภาพชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

จากผลการศึกษาข้างต้นได้คัดเลือกหญ้าเนเปียร์ 4 พันธุ์ ได้แก่ ปากช่อง 1 บาน่า เกษตรศาสตร์ และ ธรรมดา นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวล ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) เถ้า (Ash) และธาตุไนโตรเจน (N) โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ ประการที่หนึ่ง เป็นพันธุ์ที่ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นในสภาพน้ำท่วมขัง ($\Psi t=0$) ได้แก่ พันธุ์ปากช่อง 1 ประการที่สองเลือกจากพันธุ์ที่มีผลผลิตน้ำหนักแห้งลดลงเพียงเล็กน้อยหรือไม่ถึง 15 % ในสภาพน้ำท่วมขังหรือสามารถปลูกได้ในสภาพน้ำท่วมขัง ($\Psi t=0$) ได้แก่ พันธุ์บาน่า และธรรมดา นอกจากนี้พันธุ์ธรรมดา ยังเป็นพันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่มีผลผลิตในสภาพดินแห้งมากลดลงน้อยที่สุดในกลุ่มหญ้าเนเปียร์ต้นสูงหรือมีความทนแล้งมากที่สุดในกลุ่มหญ้าเนเปียร์ต้นสูง และประการสุดท้ายเลือกจากพันธุ์ที่ทนต่อสภาพแห้งแล้งมากที่สุดจาก 9 พันธุ์ที่ทดสอบ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์

จาก ตารางที่ 11 พบว่าหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงสุด 39.43% รองลงมา คือ พันธุ์ธรรมดา 36.36% และบาน่า 29.70% ในทุกสภาพน้ำในดิน ขณะที่พันธุ์ปากช่อง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อสภาพแล้งแต่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังมากที่สุด มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำสุด 26.85% เมื่อเปรียบเทียบในสภาพน้ำในดินที่ได้รับพบว่า ดินยิ่งแห้งหรือขาดน้ำที่ต่อเนื่องยาวนานทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทริทเมนต์ในพันธุ์เกษตรศาสตร์ และพันธุ์ธรรมดาที่ทนแล้งมากที่สุด แสดงว่าปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีความสัมพันธ์กับความทนแล้งของหญ้าเนเปียร์ ซึ่งเฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่อยู่ในรูป simple sugar ที่ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น

สำหรับปริมาณเซลลูโลสพบว่า ในพันธุ์ที่ทนน้ำท่วมขังแต่ไม่ทนแล้งมีปริมาณสูง ขณะที่พันธุ์ที่ทนแล้งมีปริมาณน้อยและมีปริมาณลดลงเมื่อขาดน้ำต่อเนื่องยาวนาน สาเหตุที่ทำให้ปริมาณเซลลูโลสที่ลดต่ำหรือมีน้อยในพันธุ์ทนแล้งอาจเนื่องมาจากสารตั้งต้นที่ถูกนำมาสร้างเป็นเซลลูโลสถูกนำไปใช้สร้างสารออสโมไลต์เพื่อช่วยให้พืชมีความทนแล้งมากขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า การขาดน้ำทำให้ปริมาณลิกนิน ลดลงมาก ซึ่งลิกนินช่วยทำให้เซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้นและทนต่อสารเคมีและการเข้าทำลายของศัตรูพืชต่างๆ แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับระดับความทนต่อการขาดน้ำของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 พันธุ์ ในแง่ของการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นวัตถุดิบในการหมักแก๊สชีวภาพ ลิกนินเป็นสารประกอบที่ขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์หากมีในปริมาณมาก และเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนพบว่า หญ้าเนเปียร์มีปริมาณ N อยู่ในช่วง 0.05–0.1% นอกจากนี้ ยังพบว่าขณะที่พืชอยู่ในสภาพขาดน้ำรุนแรงหรือดินแห้งมากทำให้ปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้น ดังนั้น การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่ทนต่อสภาพแห้งมากมีองค์ประกอบเคมีหรือคุณภาพทางชีวมวลที่ผูกพันกับพันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้น ผลการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่า การเก็บเกี่ยวพืชในสภาพแล้งอาจช่วยลดปริมาณลิกนินในหญ้าเนเปียร์ลงได้ แต่ควรพิจารณาผลกระทบต่อปริมาณเถ้า และ N ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตพลังงานลดลง

ตารางที่ 5.8 คุณภาพทางชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 4 พันธุ์ ได้แก่ ปากช่อง 1 บาน่า เกษตรศาสตร์ และ ธรรมดา

พันธุ์ปากช่อง 1

ดำรับการทดลอง	hemicellulose	cellulose	lignin	Ash	N
$\Psi_{m=0}$	26.85 b	35.95 a	6.0 a	3.15 c	0.05 b
-10> $\Psi_{m>-30}$	26.25 b	35.97 a	5.6 ab	5.10 a	0.05 b
-30> $\Psi_{m>-50}$	26.54 b	34.85 b	5.2 b	4.55 b	0.06 b
$\Psi_{m<-50}$	30.17 a	28.47 c	2.8 c	5.55 a	0.13 a
mean	26.85	31.66	4.9	4.5875	0.0725
F-test	**	**	**	**	**
% CV	2.6	1.8	6.3	7.7	16.3

พันธุ์บ้านป่า

ดำรับการทดลอง	hemicellulose	cellulose	lignin	Ash	N
$\Psi_{m=0}$	28.81 c	35.02 a	4.88 a	3.10 b	0.06 b
-10> $\Psi_{m>-30}$	29.15 bc	33.97 ab	4.68 a	5.10 a	0.06 b
-30> $\Psi_{m>-50}$	30.13 ab	32.88 b	3.93 b	5.18 a	0.07 b
$\Psi_{m<-50}$	30.74 a	28.18 c	2.35 c	5.28 a	0.11 a
mean	29.70	32.51	3.96	4.66	0.07
F-test	**	**	**	**	**
% CV	2.3	3.8	8.8	10.1	12.4

พันธุ์ธรรมดา

ดำรับการทดลอง	hemicellulose	cellulose	lignin	Ash	N
$\Psi_{m=0}$	36.24 ab	31.29 b	4.20 a	3.60 c	0.05 b
-10> $\Psi_{m>-30}$	36.37 ab	32.46 ab	4.00 a	6.10 a	0.05 b
-30> $\Psi_{m>-50}$	35.49 b	32.46 ab	4.40 a	5.80 ab	0.05 b
$\Psi_{m<-50}$	37.34 a	28.87 c	2.80 b	5.30 b	0.08 a
mean	36.36	31.27	3.85	5.2	0.0575
F-test	*	**	**	**	**
% CV	2.2	2.6	9.9	8.7	12.3

พันธุ์เกษตรศาสตร์

ดำรับการทดลอง	hemicellulose	cellulose	lignin	Ash	N
$\Psi_{m=0}$	40.05	25.31 a	1.43 b	9.57 c	0.12 b

$-10 > \Psi_{m > -30}$	39.45	23.65 b	2.40 a	14.18 ab	0.12 b
$-30 > \Psi_{m > -50}$	39.42	23.34 b	1.90 ab	15.02 a	0.11 b
$\Psi_{m < -50}$	38.81	20.89 c	0.80 c	11.58 bc	0.14 a
mean	39.43	23.29	1.63	12.58	0.12
F-test	ns	**	**	**	**
% CV	4.0	3.7	25.0	14.4	6.5

บทที่ 6

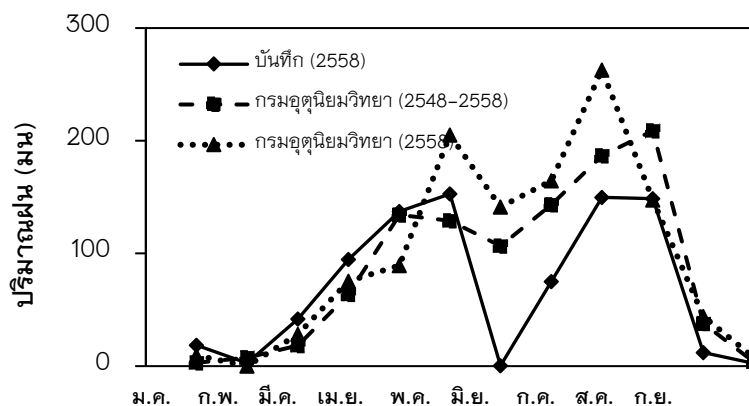
การจัดการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมในพื้นที่เสื่อมโทรม

โครงการทดลองที่ 3 การจัดการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมในพื้นที่เสื่อมโทรม

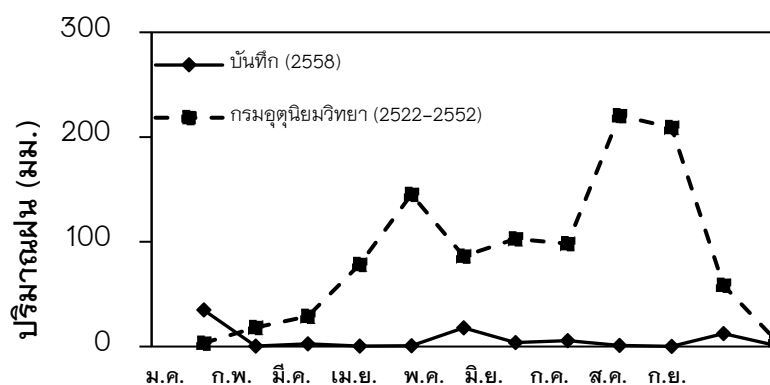
โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อประเมินการตอบสนองของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมนี้พื้นที่ที่ปลูกพืชพลังงานเป้าหมาย 3 แห่ง ได้แก่ พื้นที่แห้งแล้ง (จ.นครราชสีมา) พื้นที่มีน้ำท่วมขังบางฤดูกาล (จ.นครปฐม) และพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (จ.กาญจนบุรี) ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่ตัวแทนที่มีศักยภาพในการผลิตพืชอาหารต่ำ

ในปีที่ทำการศึกษาระหว่าง 2557-2558 ของพื้นที่ทั้ง 3 แห่งมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่เดียวกันช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา (ภาพที่ 6.1) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการศึกษาได้ดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งกว่าสภาพปกติของพื้นที่นั้น นับว่าเป็นการสนับสนุนแผนการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินการตอบสนองศักยภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในสภาพพื้นที่แห้งแล้งเป็นไปตามเป้าประสงค์ยิ่งขึ้น ตามผลการศึกษาในโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ซึ่งพบแล้วว่า ปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์

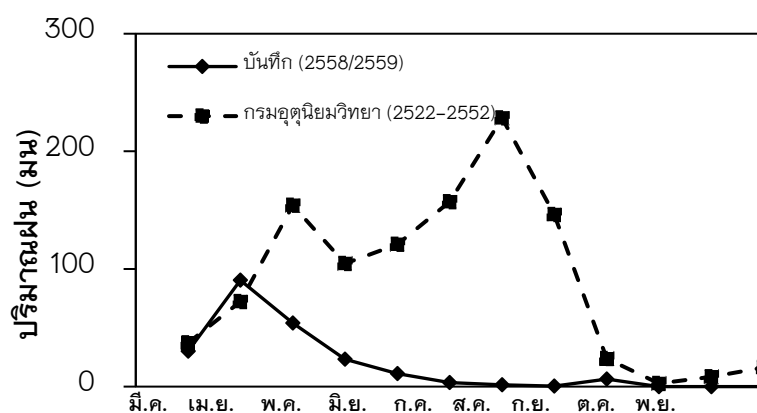
การศึกษาที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เริ่มปลูกสร้างแปลงพืชทดสอบเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2557 และมีการตัดครั้งแรก (restarting cut) เพื่อให้แปลงหญ้าออกขึ้นมาใหม่ มีความสม่ำเสมอทั้งแปลงเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2557 โดยหญ้าออกพืขึ้นขึ้นมาเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2557 (วันงอก) (ตารางที่ 6.1) จนกระทั่งเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2558 สำหรับการศึกษาที่ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี เริ่มปลูกเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557 โดยมีการตัดครั้งแรกเมื่อ 27 ตุลาคม 2557 และออกขึ้นมาเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2557 (วันงอก) และเสร็จสิ้นการตัดหญ้าระยะสุดท้ายเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2558 เช่นกัน ส่วนการทดลองที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา เริ่มปลูกเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2557 และทำการตัดครั้งแรกเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2558 และงอกเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2558 และดำเนินการจนกระทั่งเสร็จสิ้นการเก็บเกี่ยวระยะสุดท้ายเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2559 (ตารางที่ 6)



ก) ที่มา สถานีอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม



ข) ที่มา www.tmd.go.th (จังหวัดกาญจนบุรี)



ค) ที่มา www.tmd.go.th (จังหวัดนครราชสีมา)

ภาพที่ 6.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา 3 แห่ง ก) นครปฐม ข) กาญจนบุรี ค) นครราชสีมา พ.ศ. 2558/2559

ตารางที่ 6.1 วันปลูก วันที่ตัดหญ้าเนเปียร์ครั้งแรก และวันเก็บเกี่ยวระยะสุดท้ายของพื้นที่ปลูก 3 แห่ง

พื้นที่ศึกษา	วันปลูก	วันที่ตัดครั้งแรก (re-start)	วันทิ้งอก 50%
1. อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	25 กันยายน 2557	10 ธันวาคม 2557	19 ธันวาคม 2557
2. อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี	15 ตุลาคม 2557	27 ตุลาคม 2557	5 พ.ย. 2557
3. อ. สี่คิ้ว จ.นครราชสีมา	12 ธันวาคม 2557	27 กุมภาพันธ์ 2558	6 มี.ค. 2558

จากการศึกษาในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง พบว่า พันธุ์ และระยะเวลาในการตัดหญ้าเนเปียร์มีอิทธิพลต่อความสูง จำนวนลำตอกอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบ (ตารางที่ 6.2 ก ข ค) นอกจากนี้ พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์ และระยะเวลาในการตัดมีผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาดังกล่าว ยกเว้นผลผลิตน้ำหนักแห้ง การพัฒนาทางด้านความสูง จำนวนลำตอกอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และดัชนีพื้นที่ใบของหญ้าเนเปียร์

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ 9

พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวด้วยความถี่ 5 ระยะ ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สี่คิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ. 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Source of variances	Height	Tillers/ plant	Diameter	Dry yield	LAI
Cultivar	79133**	1658.4**	0.5464**	24093660*	10.58**
Harvest date	375302**	380**	0.7643**	34343355**	31.77**
C x H	6850*	128**	0.1433**	12566126	4.06*

ข) อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Source of variances	Height	Tillers/ plant	Diameter	Dry yield	LAI
Cultivar	93318**	2390.3**	0.8149**	8474472**	4.80**
Harvest date	341424**	1091.2**	1.6009**	144441507**	10.716**
C x H	6936**	199**	0.1499**	2809912ns	0.548ns

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Source of variances	Height	Tillers/ stem	Diameter	Dry yield	LAI
Cultivar	131978 **	6281 **	0.4822 **	12334601 **	9.867 **
Harvest date	208021 **	113.59 ns	0.5251 **	98468105 **	38.89 **
C x H	5150 **	294 **	0.0881 *	2216130	5.148 **

ลักษณะการพัฒนทางสรีรวิทยาและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

การพัฒนทางด้านความสูงของหญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ มีการพัฒนาความสูงแตกต่างกัน โดยความสูงเพิ่มขึ้นตามอายุหญ้าที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6.3) โดยมีความสูงมากที่สุดเมื่อตัดที่ระยะ 360 วัน สามารถจำแนกหญ้าเนเปียร์ตามความสูงได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มต้นสูง (ความสูงเฉลี่ยระหว่าง 222-263 ซม.) ได้แก่ พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา ทิพตัน ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ และ 2) กลุ่มต้นเตี้ย ได้แก่ หญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก ขณะที่พันธุ์สุราษฎร์ซึ่งมีการจัดให้อยู่ในกลุ่มพันธุ์ต้นเตี้ย แต่จากการศึกษาพบว่า มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงช่วง 45 วันแรกช้า แต่ให้ความสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจากนั้น จึงอาจจัดอยู่ในกลุ่มต้นสูงเช่นกัน

แปลงทดลองที่ จ.นครปฐม หญ้าเนเปียร์มีการพัฒนาความสูงจาก 95.5 ซม. ที่ระยะตัดทุกๆ 45 วัน และเพิ่มเป็น 342.5 ซม. ที่ระยะตัด 360 วัน (ตารางที่ 6.3ก) ในบรรดากลุ่มหญ้าเนเปียร์พันธุ์ต้นสูง พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ มีความสูงๆ ที่สุด 263.2 252.4 246.5 242.4 232.3 ซม. โดยพันธุ์ยักษ์ที่ตัดที่ระยะ 360 วัน ให้ความสูงมากที่สุด 444.3 ซม. ขณะที่หญ้าเนเปียร์ในกลุ่มหญ้าต้นเตี้ย พันธุ์เกษตรศาสตร์มีความสูงน้อยที่สุด 31.6 ซม. ที่ระยะตัดทุกๆ 45 วัน

แปลงทดลองที่ จ.กาญจนบุรี หญ้าเนเปียร์มีการเพิ่มความสูงจาก 100.6 ซม. เมื่อตัดทุกๆ 45 วัน เพิ่มเป็น 341.9 ซม. ที่ระยะ 360 วัน (ตารางที่ 6.3 ข) โดยพันธุ์ธรรมดามีความสูงมากที่สุด 458.3 ซม. ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์มีความสูงน้อยที่สุด 40.4 ซม. ก่อนตัดที่ทุกๆ 45 วัน

แปลงทดลองที่ จ.นครราชสีมา พบว่า หญ้าเนเปียร์มีการพัฒนาความสูงจาก 124.6 ซม. ที่ระยะตัดทุกๆ 45 วัน เพิ่มเป็น 332.7 ซม. ที่ระยะ 360 วัน (ตารางที่ 6.3 ค) โดยพันธุ์สุราษฎร์ ยักษ์ ธรรมดา ปากช่อง 1 และบาน่า มีความสูงมากที่สุด โดยพันธุ์ธรรมดาและสุราษฎร์ที่ตัดในระยะ 360 วันมีความสูงมาก

ที่สุด 429.6 และ 447.8 ซม ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์มีความสูงน้อยที่สุด 40.4 ซม. ที่ระยะตัด
ทุกๆ 45 วันเช่นเดียวกับพื้นที่อื่น

เมื่อประเมินโดยภาพรวมชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ธรรมดาให้การเจริญเติบโตด้านความสูง
มากที่สุดทุกสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 6.3 ค่าเฉลี่ยของการพัฒนาความสูงของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 5 ระยะ
ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา
พ.ศ. 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 2558

Cultivar	Height (cm)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	31.6 p	54.8 op	62.2 op	101.8 klmnop	112.3 klmnop	72.5 E
Surat	71.7 op	128.8 ijklmno	140.3 hijklmno	288.5 defg	389.5 abc	203.8 C
Muaklek	54.8 op	76.9 nop	95.0 lmnop	307.0 cde	160.3 hijklmn	138.8 D
King	164.6 hijklm	186.3 hijk	223.2 efgh	336.1 bcd	405.8 ab	263.2 A
Common	109.1 klmnop	179.8 hijkl	214.1 fghi	314.8 cd	444.3 a	252.4 AB
Tifton	91.7 mnop	171.1 hijklm	183.6 hijk	293.9 def	373.8 abcd	222.8 BC
Pakchong1	116.4 jklmnop	187.5 hijk	207.8 ghi	313.6 cd	407.2 ab	246.5 AB
Bana	109.2 klmnop	174.1 hijklm	215.9 fgh	295.6 def	417.2 ab	242.4 AB
Chakapat	110.0625 klmnop	166.5 hijklm	199.8 hij	313.5 cd	371.9 abcd	232.3 ABC
mean	95.5 d	147.3 c	171.3 c	285.0 b	342.5 a	

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ. พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Height (cm)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	27.1 y	37.7 xy	44.1 wxy	63.1 vwx	99.5 stu	54.3 G
Surat	77.0 uvw	108.4 qrst	123.9 nopqrs	252.4 fg	428.6 ab	198.1 E
Muaklek	53.6 vwxy	61.6 vwx	79.6 tuv	106.6 rstu	142.7 mno	88.8 F
King	111.9 opqrs	133.4 mnopqr	182.5 jkl	243.2 fgh	382.6 cd	210.7DE
Common	147.3 mn	150.9 mn	216.4 hi	299.2 e	458.3 a	254.4 A
Tifton	110.6 qrst	135.4 mnopqr	158.3 klm	273.1 ef	385.1 c	212.5CD
Pakchong1	132.3 mnopqr	151.5 lmn	195.1 ij	259.2 fg	444.4 a	225.6BC
Bana	139.6 mnop	147.0 mn	184.4 jk	265.5 f	410.4 bc	229.4 B
Chakapat	106.1 rstu	139.4 mnopq	192.6 ij	233.7 gh	351.4 d	204.6DE
mean	100.6 d	118.4 d	153.0 c	221.7 b	341.9 a	187.04

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Height (cm)					mean
	45	90	120	180	360	
1	40.4 w	57.4 vw	72.0 tuvw	63.2 uvw	80.2 tuvw	62.6 E
2	120.5qrst	211.6 lmno	253.2ghijklm	290.0 fghi	447.8 a	255.0 ABC
3	53.7 vw	66.3 uvw	94.9 stuv	112.7 rstu	149.9 pqr	92.6 D
4	147.2 pqrs	244.5 ijklm	298.4 efgh	316.6 def	378.7 bc	277.1 A
5	168.5 opq	227.5 jklmn	283.8 fghi	253.9 ghijklm	429.6 a	272.7 A
6	139.9 pqrs	187.6 nop	248.8 hijklm	265.0 ghijk	362.7 cd	240.8 C
7	166.1 opq	227.9 jklmn	290.3 fghi	274.2 fghij	420.6 ab	275.8 A
8	137.6 qrs	205.1 mno	322.3 def	300.8 efg	365.1 cd	266.2 AB
9	147.4 pqrs	221.9 klmn	258.1 ghijkl	279.4 fghi	343.1 cde	249.9 BC
mean	124.6 d	183.3 c	235.7 b	239.5 b	332.7 a	248.1

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

จำนวนลำตอก

หญ้าเนเปียร์พันธุ์สุราษฎร์ มวกเหล็ก ยักษ์ ธรรมดา ทิพตัน ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ มีการพัฒนาจำนวนลำตอก (tiller/plant) ใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ย 11.6–16.7, 10.4–17.8, 10.4–17.8 ลำตอก ที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา ตามลำดับ (ตารางที่ 6.4 ก ข ค) ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์แคระให้จำนวนลำตอกมากที่สุด เฉลี่ย 40.6–65.4 ลำตอก มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์และระยะตัดต่อจำนวนลำตอกชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีอัตราการแตกกอตามระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน เห็นได้จากพันธุ์เกษตรศาสตร์มีอัตราการแตกกอในอัตราสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ตามระยะเวลาในการตัดอย่างชัดเจน

ตารางที่ 6.4 ค่าเฉลี่ยของจำนวนลำดอกของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 5 ระยะ ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ. 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Tiller/plant					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	70.2 a	38.7 b	32.6 b	30.0 bc	31.6 b	40.6 A
Surat	15.8 def	13.5 def	10.5 ef	11.1 ef	14.4 def	13.0 BC
Muaklek	16.2 def	11.7 ef	21.0 cd	18.0 de	16.6 def	16.7 B
King	15.7 def	9.9 ef	11.5 ef	12.4 def	14.5 def	12.8 BC
Common	17.9 de	13.0 def	16.0 def	11.8 ef	17.6 de	15.3 BC
Tifton	13.4 def	9.6 ef	12.6 def	10.9 ef	16.5 def	12.6 C
Pakchong1	13.2 def	10.2 ef	9.9 ef	10.3 ef	14.4 def	11.6 C
Bana	16.5 def	8.2 f	11.5 ef	13.4 def	16.3 def	13.2 BC
Chakapat	18.2850 de	11.2 ef	10.1 ef	14.6 def	17.9 de	14.4 BC
mean	21.9 a	14.0 c	15.1 c	14.7 c	17.7 b	16.7

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Tillers/plant					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	81.9 a	52.5 b	36.5 c	32.8 cde	26.6 cdef	46.0 A
Surat	16.2 fghi	10.3 hi	12.5 ghi	9.4 hi	15.1 fghi	12.7BC
Muaklek	33.2 cd	13.1 ghi	15.3 fghi	11.7 ghi	13.3 ghi	17.3 B
King	14.0 fghi	11.1 ghi	10.4 hi	7.5 i	11.9 ghi	11.0 C
Common	20.5 defgh	17.1 fghi	20.5 defgh	10.4 hi	20.6 defgh	17.8 B
Tifton	23.3 defg	15.5 fghi	17.6 fghi	12.1 ghi	20.5 efgh	17.8 B
Pakchong1	14.2 fghi	9.5 hi	8.8 hi	9.5 hi	9.8 hi	10.4 C
Bana	21.4 defgh	11.9 ghi	10.8 ghi	12.4 ghi	16.9 fghi	14.7BC
Chakapat	20.4 efgh	12.1 ghi	11.4 ghi	7.5 i	11.5 ghi	12.6BC
mean	27.2 a	17.0 b	16.0 b	12.6 c	16.4 b	17.64

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Tillers/plant					mean
	45	90	120	180	360	
1	77.9 a	76.3 ab	65.6 b	81.2 a	26.3 c	65.4 A
2	16.5 cdefgh	12.0 defgh	23.1 cd	12.9 defgh	16.1 cdefgh	16.1 B
3	17.7 cdefg	12.1 defgh	18.7 cdef	15.8 cdefgh	15.0 defgh	15.9 B
4	7.3 gh	8.7 efgh	10.2 efgh	8.6 efgh	16.8 cdefg	10.3 C
5	8.2 fgh	12.1 defgh	15.6cdefgh	13.5 defgh	19.6 cde	13.8 BC
6	5.5 h	9.6 efgh	15.9cdefgh	9.5 efgh	18.9 cdef	11.9 BC
7	7.0 gh	8.6 efgh	11.1 efgh	10.3 efgh	9.3 efgh	9.3 C
8	10.5 efgh	9.9 efgh	17.1 cdefg	12.3 defgh	13.2 defgh	12.6 BC
9	15.5 cdefgh	10.5 efgh	13.6 defgh	8.7 efgh	11.9 defgh	12.1 BC
mean	18.5 ns	17.8	21.2	19.2	16.4	18.62

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

การพัฒนาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นหญ้าเนเปียร์

การพัฒนาทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นหญ้าเนเปียร์จากการศึกษาในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง ให้ผลคล้ายคลึงกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์เพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต (ตารางที่ 6.5 ก ข ค) โดยมีค่าเฉลี่ย 1.2–1.8 1.1–1.8 และ 1.2–1.76 ซม. ที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา ตามลำดับ โดยพันธุ์สุราษฎร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุดที่ระยะ 360 วัน ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์มีขนาดเล็กที่สุด ที่ระยะ 45 วัน

ตารางที่ 6.5 ค่าเฉลี่ยของการพัฒนาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 5 ระยะ ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Stalk diameter (cm)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.7 n	0.9 n	1.3 lm	1.4 klm	1.9 ab	1.2 F
Surat	1.3 klm	1.7 bcdefgh	1.8 abcd	1.5 hijklm	1.9 abc	1.6 AB
Muaklek	1.3 klm	2.1 a	1.8 abcde	1.8 bcdef	1.9 ab	1.8 A
King	1.4 jklm	1.7 bcdefghi	1.3 klm	1.5 efghijklm	1.7 bcdefg	1.5 BC
Common	1.3 lm	1.5 ghijklm	1.4 klm	1.2 m	1.4 jklm	1.3 EF
Tifton	1.4 klm	1.4 klm	1.4 jklm	1.3 klm	1.4 jklm	1.4 DE
Pakchong1	1.5 ghijklm	1.8 abcdef	1.5 ghijklm	1.5 fghijklm	1.7 bcdefghij	1.6 BC
Bana	1.5 fghijklm	1.6 cdefghijk	1.3 klm	1.4 klm	1.7 bcdefg	1.5 CD
Chakapat	1.4 ijklm	1.5 efghijklm	1.4 klm	1.5 efghijkl	1.5 defghijkl	1.5CD
mean	1.3 d	1.6 b	1.5 c	1.4 c	1.7 a	1.5

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Stalk diameter (cm)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.5 u	0.9 t	1.1 rst	1.3 lmnopqr	1.6 cdefghij	1.1 D
Surat	1.2 qrst	1.9 ab	1.6 cdefghij	1.8 bcd	1.8 bc	1.7 AB
Muaklek	1.0 st	1.9 ab	1.6 cdefghijk	2.2 a	2.3 a	1.8 A
King	1.2 opqrst	1.7 bcdef	1.3 klmnopqr	1.4 jklmnopq	1.5 efghijklmno	1.4 C
Common	1.1 rst	1.5 defghijklm	1.2 nopqrs	1.3 nopqrs	1.7 bcde	1.4 C
Tifton	1.3 mnopqr	1.4 hijklmnopq	1.4ijklmnopq	1.5 ghijklmnopq	1.4 ijklmnopq	1.4 C
Pakchong1	1.5defghijklmn	1.7 cdefg	1.5defghijklm	1.6 cdefghijk	1.7 bcde	1.6 B
Bana	1.2 pqrst	1.7 cdefgh	1.6 cdefghijkl	1.4 ijklmnopq	1.5 fghijklmnop	1.5 C
Chakapat	1.1 rst	1.6 cdefghi	1.4klmnopqr	1.4 klmnopqr	1.3 lmnopqr	1.4 C
mean	1.1 d	1.6 a	1.4 c	1.5 b	1.7 a	1.46

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Stalk diameter(cm)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.9 l	1.6 bcdefg	1.1 kl	1.1 jkl	1.1 jkl	1.20 D
Surat	1.7 bcdef	1.6 bcdefg	1.4 fghij	1.5 cdefgh	1.7 abcdef	1.63 ABC
Muaklek	1.2 ijkl	2.1 a	1.7 bcdef	1.8 abc	1.9 ab	1.76 A
King	1.4 fghij	1.8 abcd	1.5 cdefgh	1.5 cdefgh	1.7 bcdefg	1.63 ABC
Common	1.6 bcdefg	1.6 bcdefg	1.4 fghij	1.5 cdefgh	1.4 fghijk	1.53 BC
Tifton	1.5 efghij	1.6 cdefg	1.4 fghijk	1.5 cdefgh	1.5 cdefghi	1.52 BC
Pakchong1	1.6 bcdefg	1.7 bcdef	1.5 cdefgh	1.5 defghi	1.7 abcde	1.65 AB
Bana	1.3 ghijk	1.7 bcdef	1.6 bcdefg	1.6 bcdefg	1.6 bcdefg	1.60 BC
Chakapat	1.3 hijk	1.5 cdefgh	1.4 efghij	1.4 fghij	1.6 bcdefg	1.48 C
mean	1.4 d	1.7 a	1.4 cd	1.5 bc	1.6 b	1.52

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index; LAI)

จากการทดลองทั้ง 3 แห่ง พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์บ้านนา และปากช่อง 1 มี LAI สูงที่สุด 2.8–3.6 1.7–2.71 และ 3.5 ที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา ตามลำดับ โดยค่า LAI ของหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้นจากแปลงที่ตัดทุกๆ 45 วัน จนกระทั่งมีค่าสูงที่สุดที่ทุกๆ ระยะ 120 180 และ 90วัน ที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา ตามลำดับ (ตารางที่ 6.6 ก ข ค) นอกจากนี้ ยังพบว่า สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการพัฒนาของหญ้าเนเปียร์ โดยหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกที่ จ.นครราชสีมา มีค่า LAI สูงกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากค่า LAI เป็นค่าที่แสดงขนาดของพืชบนพื้นที่ที่ปลูก เมื่อพืชเจริญเติบโต LAI จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด ค่าที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสูงที่สุดของพืชจะอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตของพืชที่ใบชั้นล่างสุดได้รับแสงน้อยที่สุด แต่ยังสามารถรักษาระดับของการสังเคราะห์แสงให้มากกว่าการหายใจได้ ค่า LAI ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การได้รับน้ำชาดน้ำและแสงอาทิตย์ การกำหนดทิศทางของใบให้ได้รับแสงมากจะเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงได้

ตารางที่ 6.6 ค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 5 ระยะ ที่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว 5 ระยะ ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

ก) ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Leaf area index (LAI)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.8 jk	1.3 hijk	2.5 defghij	2.0 fghijk	2.0 fghijk	1.7 CD
Surat	0.8 jk	1.0 ijk	2.7 bcdefghij	3.3 bcdefgh	0.9 jk	1.7 CD
Muaklek	0.6 jk	0.7 jk	3.5 bcdefg	1.6 ghijk	1.7 fghijk	1.6 CD
King	0.8 jk	1.4 hijk	2.7 bcdefghij	2.1 efghijk	2.1 efghijk	1.8 CD
Common	0.6 jk	0.8 jk	3.0 bcdefghi	1.4 hijk	0.3 k	1.2 D
Tifton	0.7 jk	0.9 jk	2.5 cdefghij	1.8 fghijk	2.2 efghijk	1.6 CD
Pakchong1	1.2 ijk	2.4 defghij	1.4 hijk	2.0 fghijk	4.3 bcd	2.2 BC
Bana	1.3 hijk	1.5 ghijk	7.3 a	3.7 bcdef	4.1 bcde	3.6 A
Chakapat	1.1 ijk	1.2 ijk	2.5 defghij	4.6 b	4.6 bc	2.8 AB
mean	1.3 c	1.3 c	3.2 a	2.5 b	2.5 b	2.03

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Cultivar	Leaf area index (LAI)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1.27 ghijkl	1.37 fghijkl	0.70 jkl	1.95 bcdefghij	0.82 hijkl	1.22 BC
Surat	0.51 kl	1.41 efghijkl	1.10 ghijkl	2.08 abcdefgh	1.13 ghijkl	1.24 BC
Muaklek	0.26 l	1.26 ghijkl	0.87 ghijkl	1.75 cdefghijk	1.18 ghijkl	1.42 BC
King	0.63 jkl	1.66 defghijk	1.03 ghijkl	2.69 abcde	1.10 ghijkl	1.30 BC
Common	1.23 ghijkl	1.81 cdefghijk	1.10 ghijkl	1.58 efghijk	0.78 ijkl	1.73 B
Tifton	1.11 ghijkl	1.84 cdefghij	1.13 ghijkl	2.98 abc	1.60 defghijk	1.61 BC
Pakchong1	1.10 ghijkl	1.78 cdefghijk	1.44 efghijkl	2.67 abcdef	0.91 ghijkl	2.71 A
Bana	1.16 ghijkl	3.03 abc	2.89 abcd	3.29 a	3.19 ab	1.70 B
Chakapat	0.8 hijkl	2.14 abcdefg	1.58 efghijk	2.08 abcdefghi	1.91 bcdefghij	
mean	0.89 d	1.81 b	1.32 cd	2.34 a	1.42 bc	1.44

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

cultivar	Leaf area index (LAI)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1.5hijklmno	3.8 cdefg	2.9defghijklm	2.5efghijklmno	0.9 mno	2.3 B
Surat	1.5 ijklmno	3.6 cdefghi	3.2 defghijk	2.3fghijklmno	1.4 jklmno	2.4 B
Muaklek	0.4 o	0.7 no	2.6 efghijklmn	1.6 hijklmno	1.3 jklmno	1.3 C
King	1.2 klmno	6.3 ab	3.5 cdefghij	2.1 ghijklmno	1.1 lmno	2.8 AB
Common	1.1 klmno	3.6 cdefgh	2.4efghijklmno	7.0 a	0.4 o	2.9 AB
Tifton	1.2 jklmno	2.3ghijklmno	2.2 ghijklmno	2.9defghijklm	1.5 ijklmno	2.0 BC
Pakchong1	1.3 jklmno	3.2defghijkl	4.5 bcde	5.4 abc	3.2 defghijk	3.5 A
Bana	1.3 jklmno	4.7 bcd	3.1 defghijkl	4.4 bcdef	3.8 cdefg	3.5 A
Chakapat	1.9ghijklmno	4.8 bcd	2.8 defghijklmn	2.8defghijklm	2.4efghijklmno	2.9 AB
mean	1.3 b	3.7 a	3.1 a	3.4 a	1.8 b	3.02

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของชีวมวลหญ้าเนเปียร์ (dry biomass yield)

ผลผลิตชีวมวลเป็นลักษณะที่มีความสำคัญที่สุดต่อความสำเร็จในระบบการผลิตพลังงานทดแทน โดยการศึกษาพบว่า การสะสมน้ำหนักแห้งของชีวมวลหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6.7 ก ข และ ค) โดยพื้นที่ จ.นครปฐม หญ้าเนเปียร์พันธุ์จักรพรรดิ และบาน่ามีศักยภาพให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด 7,102.8 และ 6,815.7 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์มวกเหล็ก และพันธุ์เกษตรศาสตร์ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด 3557.5 และ 4105.3 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 6.7 ก)

สำหรับที่ จ.กาญจนบุรี พันธุ์บาน่าให้ผลผลิตแห้งสูงสุด 7,385.1 กก./ไร่/ปี และพันธุ์เกษตรศาสตร์เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุด (2,443.8 กก./ไร่/ปี) เช่นเดียวกับที่ จ.นครปฐม (ตารางที่ 6.7) ขณะที่ พื้นที่ จ.นครราชสีมาพบว่า พันธุ์บาน่า จักรพรรดิ และสุราษฎร์ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 7,493.5 7,091.6 และ 7,239.3 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ โดยที่หญ้าเนเปียร์พันธุ์มวกเหล็กและพันธุ์เกษตรศาสตร์ให้ผลผลิตแห้งต่ำที่สุด 2,961.4 และ 3,337.5 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 6.7 ค)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของพันธุ์และระยะเวลาตัดมีอิทธิพลให้หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีผลผลิตแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการเจริญเติบโต โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์จักรพรรดิที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 180 วันมีแนวโน้มให้ผลผลิตแห้งสูงสุด 12,603.7 กก./ไร่/ปี ที่ จ.นครปฐม ส่วนพันธุ์บาน่าที่เก็บเกี่ยวครั้งเดียวที่ระยะ 360 วัน ให้ผลผลิตสูงสุด 10,831.3 กก./ไร่/ปี ที่ จ.กาญจนบุรี ขณะที่พันธุ์บาน่าให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 13,857.0 กก./ไร่/ปี เมื่อเก็บเกี่ยวทุกๆ 180 วัน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์ที่เจริญเติบโตในพื้นที่ๆ มีสภาพเครียด (stress) ไม่ควรใช้ความถี่ในการเก็บเกี่ยวมาก เห็นได้จากการทดลองทั้ง 3 แห่ง ในปีที่ศึกษามีสภาพแห้งแล้งกว่าปกติ (ภาพที่ 6.1) ทำให้การเก็บเกี่ยวหลายครั้งทำให้หญ้าอ่อนแอ และฟื้นตัวจากการตัดไม่ทัน การคงทน (stand persistence) ของแปลงหญ้าลดลง เปอร์เซนต์การตายเพิ่มขึ้นในระยะเก็บเกี่ยวท้ายฤดู โดยเฉพาะกรรมวิธีที่มีการตัดทุกๆ 45 วัน จึงมีผลให้ผลผลิตลดลงมาก นอกจากนี้ ที่ จ.กาญจนบุรี ซึ่งมีสภาพเครียดร่วมระหว่างดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และแห้งแล้งจัด การให้ผลผลิตจึงลดลงตามการเพิ่มความถี่ในการตัดต่อปี จาก 6,225.6, 5,285.5, 5,381.9, 3,844.0 และ 1,920 กก./ไร่/ปี เมื่อเก็บเกี่ยวด้วยความถี่ 8 4 3 2 และ 1 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ส่วนหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกที่ จ.นครปฐม ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในบรรดาพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง จึงให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด

ดังนั้น การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่า การจัดการหญ้าเนเปียร์ซึ่งปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมมาก โดยเฉพาะมีสภาพเครียดร่วมกับความแห้งแล้ง ควรใช้ความถี่ในการเก็บเกี่ยวเพียง 1-2 ครั้งต่อปี หรือเก็บเกี่ยวที่ทุกๆ 180 วัน หรือครั้งเดียวที่ 360 วัน น่าจะมีความเหมาะสมกับการผลิตหญ้าเนเปียร์มากที่สุด

ตารางที่ 6.7 ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสะสมของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) อ. กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Dry biomass yield (kg/rai/year)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1217.0	3331.5	6395.5	5304.2	4278.2	4105.3 cd
Surat	1213.2	4270.9	5858.7	6679.7	7283.7	5061.3 b
Muaklek	1451.5	2638.1	5297.2	5089.4	3311.2	3557.5 d
King	1445.3	4346.6	5275.5	8626.9	16279.9	7194.8 a
Common	1649.9	4013.8	5892.3	7010.2	4973.6	4708.0 c
Tifton	1408.4	2981.5	5810.7	8386.9	7516.3	5220.8 b
Pakchong1	1371.1	4934.1	5482.2	6776.7	6073.5	4927.5 c
Bana	1493.9	4353.0	9013.4	8517.3	10701.0	6815.7 ab
Chakapat	1685.0	4745.3	6919.4	12603.7	9560.4	7102.8 a
mean	1437.3 D	3957.2 C	6216.1 B	7666.1 A	7775.3 A	5410.4

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Dry biomass yield (kg/rai/year)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1644.0	1788.3	2452.6	3039.3	3295.0	2443.8 e
Surat	2206.5	3193.1	4629.0	5411.0	8312.6	4750.4 bc
Muaklek	988.2	3461.1	3894.2	5592.2	2994.4	3386.0 d
King	1675.1	2731.3	5904.2	4932.7	5858.3	4220.3 c
Common	2237.6	3530.5	6370.5	4754.8	6649.2	4708.5 bc
Tifton	2045.6	3136.6	5754.4	7731.1	8491.1	5431.8 b
Pakchong1	1320.3	5213.9	5742.0	4970.7	3947.4	4238.9 c
Bana	3547.0	6988.5	7671.7	7887.0	10831.3	7385.1 a
Chakapat	1620.9	4552.9	6018.2	3250.2	5651.1	4218.7 c
mean	1920.6 C	3844.0 B	5381.9 AB	5285.5 AB	6225.6A	4531.4

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

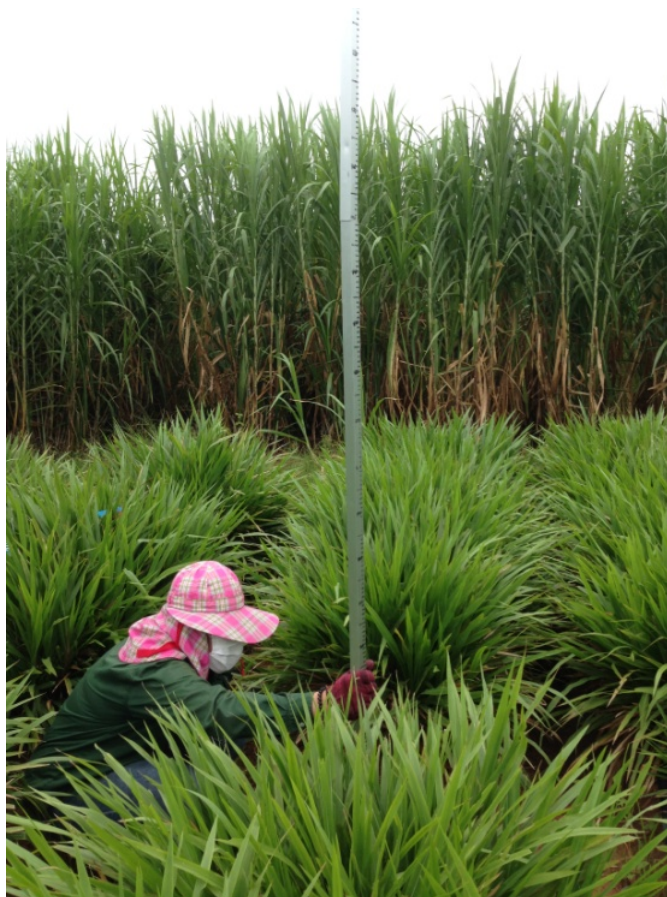
Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ. สี่คิ้ว จ. นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Dry biomass yield (kg/rai/year)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	3727.6	2819.1	3624.2	3200.0	3316.7	3337.5 cd
Surat	2524.1	8055.0	10057.7	7904.2	7655.3	7239.3 ab
Muaklek	1148.6	2834.9	5442.7	2446.1	2934.7	2961.4 d
King	2263.5	7605.5	8074.3	7345.4	5293.8	6116.5 bc
Common	4915.3	6171.2	10080.1	8281.4	4702.9	6830.2 b
Tifton	2181.7	6316.9	5239.1	7073.2	5066.2	5175.4 c
Pakchong1	2953.2	8421.2	9666.8	7603.0	6145.7	6958.0 b
Bana	2276.4	7713.2	7346.1	13857.0	6274.8	7493.5 a
Chakapat	2452.1	6686.0	7400.8	11099.9	7819.2	7091.6 ab
mean	2715.8 C	6291.4 B	7436.9 A	7645.6 A	5467.7 BC	5911.5

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).



ก.

ข.

ภาพที่ 6.2 ก) พื้นที่แปลงทดลอง ที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม (มีน้ำท่วมถึงบางช่วง) ข) วัดความสูงทรง
พุ่มหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 6.3 ก) หญาเนเปียร์พันธุ์ต้นสูง และต้นเตี้ย ข) หัววัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาพืช (plant meteorology) ในแปลงทดลอง ค) เก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลที่ ระยะ 90 วัน ง) สุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตนำไปวิเคราะห์คุณภาพของชีวมวล

องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางพลังงาน

เช่นเดียวกับปัจจัยทางด้านการพัฒนาเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยพันธุ์หญ้าเนเปียร์ และความถี่ในการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง (%DM)ความชื้น (%moist) ของแข็งทั้งหมด (%TS) ของแข็งที่ระเหยได้ (%VS)เถ้า (%ash) องค์ประกอบภายในเซลล์ (%CC) เซลลูโลส (%Cell) เฮมิเซลลูโลส (%hemi) ลิกนิน (%Lig)และการย่อยได้ทั้งหมด (%TD) โดยที่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์และความถี่ในการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ยกเว้นเพียง %DW และ moist ที่ จ.นครปฐม %TS ที่ จ.กาญจนบุรี และ %VS และ ash ที่นครราชสีมา

ตารางที่ 6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ขององค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวด้วยความถี่ 5 ระยะ ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Source of variances	%DM	%Moist	%TS	%VS	%Ash	%CC	%Cell	%Hemi	%Lig	%TD
Cultivars (C)	69.17**	69.17**	0.4008**	74.90**	74.90**	181.97**	97.00**	15.727**	18.379**	80.21**
Harvest dates (H)	3489**	3489**	10.982**	299.48**	299.48**	1128.8**	390.2**	22.736**	144.38**	453.3**
C x H	22.55	22.55	0.2419**	2.71**	2.71**	8.11**	3.31**	2.334**	2.176**	5.36**

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Source of variances	%DM	%Moist	%TS	%VS	%Ash	%CC	%Cell	%Hemi	%Lig	%TDN
Cultivars (C)	23.58	23.58	2.662	56.59**	56.59**	144.3**	77.27**	26.892**	15.107**	68.52 **
Harvest dates (H)	2225.5**	2225.4**	23.408**	525.1**	525.1**	393.4**	228.12**	43.83**	95.67**	225.36**
C x H	38.92*	38.92*	2.137	3.6**	3.6**	9.84**	3.09**	2.202**	1.471**	3.89**

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Source of variances	%DM	%Moist	%TS	%VS	%Ash	%CC	%Cell	%Hemi	%Lig	%TDN
cultivars	141.18*	141.18*	0.7238**	83.65**	83.65**	152.52**	120.41**	23.402**	23.350**	92.61**
Harvest dates	1451.8**	1451.8**	26.653**	401.5**	401.5**	1399.8**	472.6 657**	65.38**	163.69**	575.3**
C x H	141.18**	123.72**	0.3409**	5.26	5.26	14.23**	8.60**	6.662**	1.503**	7.19**

วัตถุแห้ง (Dry matter)

หญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์มี %วัตถุแห้งแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดย %วัตถุแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาตัดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลาที่หญ้ามีการพัฒนาทางสัณฐานเพิ่มขึ้น มีการสะสมเยื่อใยสูงขึ้น แต่มีจำนวนใบลดลง โดยการทดลองที่ จ.นครปฐม พบว่า ปริมาณวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ย 30.63–35.41% โดยพันธุ์ธรรมดา ทิพตัน จักรพรรดิ สุราษฎร์ ปากช่อง1 และบาน่า ให้ปริมาณวัตถุแห้งสูงที่สุด ซึ่งจากตารางที่ 6.9 แสดงให้เห็นว่าปริมาณวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการตัดจาก 22.45, 26.07, 30.48, และ 45.56% ในชีวมวลที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 45 90 120 180 วัน ตามลำดับ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์และระยะตัดชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ธรรมดา ซึ่งเก็บเกี่ยวครั้งเดียวที่ระยะ 360 วัน มีปริมาณวัตถุแห้งสูงที่สุด 50.01% ขณะที่ พันธุ์ยักษ์ที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 45 วัน ให้ปริมาณวัตถุแห้งต่ำที่สุด 18.23%

ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย จ.กาญจนบุรี แสดงให้เห็นว่า พันธุ์มวกเหล็กที่เก็บเกี่ยวครั้งเดียว ที่ระยะ 360 วัน ให้ปริมาณวัตถุแห้งมากที่สุด 43.5% ขณะที่พันธุ์สุราษฎร์ที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 45 วัน ให้ปริมาณวัตถุแห้งต่ำที่สุด 21.5% ในพื้นที่นี้

ที่ จ.นครราชสีมา ปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 39.8% ที่ระยะตัด 360 วัน เพิ่มขึ้นจาก 25.9% เมื่อตัดทุกๆ 45 วัน โดยพันธุ์ธรรมดาที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 180 วัน ให้%วัตถุแห้งสูงที่สุด 54.3% ส่วนพันธุ์มวกเหล็กที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 45 วันมี % วัตถุแห้งต่ำที่สุด 18.92%

ตารางที่ 6.9 ค่าเฉลี่ย %วัตถุแห้ง (DM) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ. นครราชสีมา 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Cultivar	Dry matter (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	22.43 opqr	24.93 nopqr	33.65 hijkl	41.51 cdefg	36.02 ghij	31.71 B
Surat	23.28 opqr	25.72 mnopq	28.93 klmno	44.66 abcde	39.41 defgh	32.40 AB
Muaklek	21.33 qr	25.84 mnopq	27.01 lmnopq	42.67 bcdefg	38.37 efghi	31.04 B
King	18.23 r	25.43 mnopq	27.54 klmnopq	43.89 abcdef	38.06 efghij	30.63 B
Common	22.54 opqr	24.85 nopqr	31.47 jklmn	48.16 abc	50.01 a	35.41 A
Tifton	26.04 mnopq	28.76 klmno	28.43 klmnop	47.25 abc	46.56 abc	35.41 A
Pakchong1	21.72 pqr	26.32 mnopq	31.94 ijklm	46.01 abcd	37.68 fghij	32.73 AB
Bana	22.69 opqr	25.24 mnopq	31.41 jklmn	47.46 abc	41.61 bcdefg	33.68 AB
Chakapat	23.81 opqr	27.58 klmnopq	33.92 hijk	48.47 ab	41.45 cdefg	35.04 A
mean	22.45 c	26.07 c	30.48 bc	45.56 a	41.02 ab	33.12

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Cultivar	Dry matter (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	20.40 mnop	26.26 jklmn	45.49 a	38.02 bcdefg	39.46 abcde	33.92 AB
Surat	18.26 p	28.04 hijkl	31.68 ghijk	38.55 bcdef	43.16 ab	31.94 AB
Muaklek	20.53 mnop	28.89 hijkl	34.42 defghi	37.71 bcdefg	43.49 ab	33.01 AB
King	29.09 hijkl	27.91 ijkl	36.20 cdefg	42.21 abc	38.39 bcdefg	34.76 A
Common	25.08 klmno	23.48 lmnop	37.57 bcdefg	38.39 bcdefg	39.41 abcde	32.79 AB
Tifton	18.54 op	26.83 jklm	34.77 defgh	38.75 abcde	39.64 abcde	31.70 B
Pakchong1	19.80 nop	31.77 fghijk	31.89 fghijk	33.07 efghij	40.68 abcd	30.96 B
Bana	22.84 lmnop	28.34 hijkl	37.78 bcdefg	39.06 abcde	37.17 bcdefg	33.04 AB
Chakapat	19.10 nop	29.25 hijkl	37.86 bcdefg	38.16 bcdefg	40.77 abcd	33.03 AB
mean	21.51 d	27.86 c	36.41 b	38.21 ab	40.23 a	30.99

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค)อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Cultivar	Dry matter (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	32.18 defghijk	24.85 jklm	26.24 ijklm	25.183 jklm	38.35 bcdefg	29.36 CD
Surat	25.716 ijklm	27.98 ghijklm	32.77 cdefghijk	46.421 ab	42.78 bcd	34.73 AB
Muaklek	18.92 m	27.01 hijklm	31.37 efghijk	46.99 ab	43.70 abc	33.06 ABCD
King	27.81 ghijklm	25.28 ijklm	28.38 fghijklm	24.99 jklm	38.22 bcdefgh	28.94 D
Common	32.46 cdefghijk	25.63 ijklm	30.49 efghijkl	54.34 a	39.47 bcdef	36.48 A
Tifton	26.63 ijklm	27.15 ghijklm	29.55 efghijklm	34.67 cdefghij	38.09 bcdefgh	31.22 BCD
Pakchong1	19.68 lm	25.23 ijklm	32.14 defghijk	33.29 cdefghijk	43.14 abcd	30.70 BCD
Bana	27.56 ghijklm	28.49 fghijklm	30.58 efghijkl	47.56 ab	36.70 bcdefghi	34.18 ABC
Chakapat	22.82 klm	27.28 ghijklm	34.77 cdefghij	27.92 ghijklm	39.96 bcde	30.55 BCD
mean	25.97 b	26.54 b	30.70 b	37.93 a	39.86 a	32.2

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ความชื้นของชีวมวลหญ้าเนเปียร์

ตรงกันข้ามกับปริมาณวัตถุแห้ง ปริมาณความชื้นของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 พื้นที่ลดลงตามระยะการเจริญเติบโต หรือระยะการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6.10 ก ข ค) โดยการทดลองทั้ง 3 แห่ง ที่ จ. นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา ซึ่งให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์ที่เก็บเกี่ยวครั้งเดียวที่ 360 วัน มี% ความชื้นต่ำที่สุด 54.4% 59.8% 60.13% ตามลำดับ ลดลงจาก 77.5% 78.5% และ 74.0%ตามลำดับ ในหญ้าที่เก็บเกี่ยวทุกๆ 45 วัน

จากผลการศึกษาปริมาณวัตถุแห้ง และความชื้นในหญ้าเนเปียร์นี้ สามารถแนะนำได้ว่า การเพิ่มความถี่ในการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ มีผลทำให้ชีวมวลมีปริมาณวัตถุแห้งลดลง ขณะที่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นเป็นอุปสรรคต่อการเก็บเกี่ยวและขนส่ง รวมทั้งให้ค่าความร้อนต่อหน่วยต่ำ การเก็บเกี่ยวด้วยควมถี่ 2 ครั้ง/ปี หรือ 1 ครั้ง/ปี น่าที่จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในพื้นที่ทั้ง 3 ลักษณะนี้

ตารางที่ 6.10 ค่าเฉลี่ย %ความชื้น (moisture) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ. นครราชสีมา พ.ศ. 2558

ก)อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Cultivar	Moisture (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	77.56 abcd	75.06 abcde	66.34 ghijk	58.49 lmnop	63.98 ijkl	68.28 A
Surat	76.71 abcd	74.27 bcdef	71.06 defgh	55.33 nopqr	60.59 klmno	67.59 AB
Muaklek	78.66 ab	74.15 bcdef	72.99 bcdefg	57.32 lmnopq	61.62 jklmn	68.95 A
King	81.76 a	74.57 bcdef	72.45 bcdefgh	56.10 mnopqr	61.93 ijklmn	69.36 A
Common	77.45 abcd	75.15 abcde	68.52 efghi	51.83 pqr	49.99 r	64.59 B
Tifton	73.95 bcdef	71.23 defgh	71.56 cdefgh	52.74 pqr	53.43 pqr	64.55 B
Pakchong1	78.27 abc	73.67 bcdef	68.05 fghij	53.99 opqr	62.31 ijklm	67.26 AB
Bana	77.31 abcd	74.75 bcdef	68.59 efghi	52.53 pqr	58.38 lmnopq	66.31 AB
Chakapat	76.19 abcd	72.41 bcdefgh	66.07 hijk	51.52 qr	58.54 lmnop	64.95 B
mean	77.54 a	73.92 a	69.51ab	58.97 bc	54.43 c	66.87

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Cultivar	Moisture (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	79.59 abcd	73.73 cdefg	54.51	61.98 jklmno	60.53 lmnop	66.07 AB
Surat	81.74 a	71.96 efghi	68.31 fghij	61.44 klmno	56.83 nop	68.06 AB
Muaklek	79.46 abcd	71.10 efghi	65.57 hijklm	62.28jklmno	56.51 op	66.99 AB
King	70.91 efghi	72.09 efgh	63.79 jklmn	57.78 nop	61.60 jklmno	65.23 B
Common	74.91 bcdef	76.51 abcde	62.42jklmno	61.60 jklmno	60.58 lmnop	67.20 AB
Tifton	81.45 ab	73.17 efg	65.22 ijklm	61.24 lmnop	60.36 lmnop	68.29 A
Pakchong1	80.19 abc	68.22fghijk	68.11 fghijk	66.92 ghijkl	59.31 mnop	69.03 A
Bana	77.16 abcde	71.65 efghi	62.21 jklmno	60.93 lmnop	62.82 jklmno	66.95 AB
Chakapat	80.89 ab	70.74 efghi	62.13 jklmno	61.83 jklmno	59.23 mnop	66.96 AB
mean	78.48 a	72.13 b	63.59 c	61.78 cd	59.76 d	67.15

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค)อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Cultivar	Moisture (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	67.81 cdefghij	75.14 abcd	73.75 abcde	74.81abcd	61.64ghijkl	70.63 AB
Surat	74.28 abcde	72.01 abcdefgh	67.22 cdefghijk	53.57 lm	57.21 ijklm	65.26 CD
Muaklek	81.07 a	72.98 abcdef	68.62 cdefghi	53.00 lm	56.29 klm	66.93ABCD
King	72.18 abcdefg	74.71 abcd	71.61 abcdefgh	75.00 abcd	61.77 fghijkl	71.05 A
Common	67.53 cdefghijk	74.36 abcde	69.50 bcdefgh	45.65 m	60.52 hijkl	63.51D
Tifton	73.36 abcde	72.84 abcdefg	70.44 abcdefgh	65.32 defghijk	61.90 fghijkl	68.77 ABC
Pakchong1	80.31 ab	74.76 abcd	67.85 cdefghij	66.70 cdefghijk	56.85 jklm	69.29 ABC
Bana	72.43 abcdefg	71.50 abcdefgh	69.41 bcdefgh	52.43 lm	63.29efghijkl	65.81 BCD
Chakapat	77.17 abc	72.71 abcdefg	65.23 defghijk	72.07abcdefgh	60.03 hijkl	69.44 ABC
mean	74.02 a	73.45 a	69.29 a	62.06 b	60.13 b	67.78

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ทั้งหมด (volatile solid)

% ของแข็งที่ระเหยได้ (%VS) ของหญ้าเนเปียร์ ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความถี่ในการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6.11 ก ข ค) การศึกษาที่ จ.นครปฐม พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง1 ธรรมดา ยักษ์ บาน่า และจักรพรรดิให้ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้สูงที่สุดในบรรดาทั้ง 9 พันธุ์ (90.19–90.59%) ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์มี %VS ต่ำที่สุดเฉลี่ย 85.4% ซึ่งให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่มีปริมาณสัดส่วนลำต้นมากมีแนวโน้มให้ปริมาณ %VS สูงกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนใบมาก ซึ่งโดยทั่วไปส่วนของลำต้นหญ้าเป็นส่วนที่มีปริมาณสารลิกโนเซลลูโลสมากที่สุด สอดคล้องกับผลของความถี่ในการตัดหญ้า ซึ่งเมื่อเพิ่มความถี่ในการตัดหญ้ามามากขึ้น จะส่งผลให้มีปริมาณ %VS ลดลง จากการศึกษาพบว่าการตัดหญ้าเนเปียร์ด้วยความถี่เพิ่มขึ้น 1 2 3 4 และ 8 ครั้ง/ปี มีแนวโน้มทำให้ชีวมวลมี %VS ลดลงจาก 92.1, 91.4, 89.1, 87.4,

และ 85.1 % ตามลำดับ ที่ จ.นครปฐม และลดลงจาก 94.6 91.6 89.7 88.4 84.3% ตามลำดับ ที่ จ.กาญจนบุรี ขณะที่ จ. นครราชสีมา ลดลงจาก 93.0 89.9 88.8 85.1 84.8% ตามลำดับ ดังนั้น การยืดระยะเวลาในตัดออกไปทำให้หญ้าเนเปียร์มีปริมาณสารประกอบอินทรีย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 6.11 ค่าเฉลี่ย %แข็งที่ระเหยได้ (volatile solid) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Cultivar	Volatile solid (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	83.38 st	82.78 t	85.58 pq	87.73 lm	87.35 lmn	85.36 E
Surat	85.11 qr	86.52 op	88.91 jk	92.57 cd	93.74 ab	89.37 B
Muaklek	82.34 t	84.21 rs	87.40 lmn	89.11 ijk	88.13 kl	86.24 D
King	85.49 pq	89.01 jk	90.35 gh	92.90 abcd	93.22 abc	90.19 A
Common	85.96 opq	88.88 jk	90.21 gh	93.32 abc	93.03 abc	90.28 A
Tifton	84.00 s	86.65 no	88.24 kl	90.43 fg	92.97 abcd	88.46 C
Pakchong1	86.82 mno	89.87 ghij	90.43 fgh	91.96 de	93.87 a	90.59 A
Bana	86.38 op	89.38 hij	90.67 fg	91.42 ef	93.18 abc	90.21 A
Chakapat	86.14 pq	88.99 jk	90.10 ghi	92.71 bcd	93.43 abc	90.27 A
mean	85.07 d	87.36 c	89.10 b	91.35 a	92.10 a	89.01

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

๒) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Cultivar	Volatile solid (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	84.08 t	85.45 rs	86.17 pqrs	89.47 kl	91.65 fgghi	87.36 F
Surat	81.91 u	86.70 opq	88.62 lm	92.25 defg	95.76 a	89.05 D
Muaklek	81.77 u	87.16 op	86.91 op	89.56 kl	92.62 cdef	87.61 F
King	85.81 qrs	89.86 jk	91.84 efg	93.38 c	95.79 a	91.33 A
Common	85.46 rs	88.71 lm	89.88 jk	92.24 defg	94.56 b	90.17 C
Tifton	81.92 u	87.51 no	88.23 mn	91.35 ghi	92.66 cdef	88.35 E
Pakchong1	85.17 s	89.79 jk	90.80 hij	91.78 efgh	95.68 a	90.64 B
Bana	86.27 pqr	90.67 ij	91.50 ghi	92.78 cde	96.29 a	91.50 A
Chakapat	86.57 opq	89.79 jk	93.17 cd	91.80 efgh	96.50 a	91.56 A
mean	84.33 e	88.40 d	89.68 c	91.62 b	94.61 a	89.73

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Cultivar	Volatile solid (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	80.98 r	80.83 r	82.87 pqr	82.10 qr	88.17 ijklmn	82.99 D
Surat	84.39 opq	85.83 no	88.51 hijklm	91.59 bcdefg	94.70 a	88.37 BC
Muaklek	84.98 nopq	81.28 r	89.15 ghijk	91.41 cdefg	93.58 abcd	88.08 C
King	85.90 mno	86.49 lmno	89.73 ghijk	91.51 cdefg	94.13 ab	89.55 A
Common	85.87 no	85.00 nop	89.99 ghij	89.53 ghijk	93.01 abcde	88.68 ABC
Tifton	86.18 lmno	86.01 mno	89.39 ghijk	90.23 fgghi	92.71 abcdef	88.90 ABC
Pakchong1	85.43 nop	86.04 mno	89.91 ghij	90.85 efgh	93.99 abc	89.24 ABC
Bana	84.41 opq	87.41 jklmn	90.74 efghi	90.45 efghi	93.82 abc	89.36 AB
Chakapat	85.18 nop	87.14 klmn	88.75 hijkl	91.06 defgh	94.45 a	88.74 ABC
mean	84.81 d	85.11 d	88.78 c	89.86 b	93.00 a	88.32

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณเถ้า (ash)

ที่ จ.นครปฐม ปริมาณเถ้าในหญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ มีปริมาณเถ้าแตกต่างกัน (ตารางที่ 6.12 ก) หญ้าเนเปียร์กลุ่มพันธุ์ต้นสูง ได้แก่ พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ มีแนวโน้มให้ปริมาณเถ้าต่ำที่สุด (9.40–9.80%) ซึ่งมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นพันธุ์ต้นเตี้ย ซึ่งมีสัดส่วนเถ้าสูงที่สุด 14.6% นอกจากนี้ยังพบว่า การลดความถี่ในการตัดหรือการยืดระยะเวลาในการตัดออกไป มีผลให้ปริมาณเถ้าในหญ้าเนเปียร์ทั้ง 9 พันธุ์ลดลง โดยมีปริมาณเถ้าลดลงจาก 14.92, 12.63, 10.89, 8.64, 7.89% เมื่อตัดด้วยความถี่ 8 4 3 2 และ 1 ครั้ง/ปี ตามลำดับ ในบรรดาหญ้าเนเปียร์ทุกพันธุ์พบว่า พันธุ์ปากช่อง1 ตัดที่ระยะ 360 วันมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด 6.12% ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ที่ตัดทุกๆ 90 วันให้ปริมาณเถ้าสูงที่สุด 17.2%

ที่ จ.กาญจนบุรี พบว่า พันธุ์และระยะตัดมีอิทธิพลต่อปริมาณเถาในหญ้าเนเปียร์เช่นเดียวกัน โดยพันธุ์ต้นสูง ได้แก่ ปากช่อง1 บาน่า และจักรพรรดิ มีปริมาณเถาน้อยที่สุด 8.43–9.35% ขณะที่พันธุ์ต้นเตี้ย ได้แก่ เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็กให้ปริมาณเถาสูงที่สุด 12.38–12.63% เช่นเดียวกับที่ จ.นครปฐม โดยเมื่อลดความถี่ในการตัดหญ้าเนเปียร์จากการตัดด้วยความถี่ 8 ครั้ง/ปี (15.66% เถา) เป็น 1 ครั้งต่อปี (5.38% เถา) มีผลให้ช่วยลดปริมาณเถาในชีวมวลได้สูงสุดถึง 10%

การศึกษาในพื้นที่ จ.นครราชสีมา ให้ผลคล้ายคลึงกับการทดลองในพื้นที่อีก 2 แห่ง โดยพันธุ์ เกษตรศาสตร์ซึ่งมีพันธุ์ต้นเตี้ย ลำต้นสั้น แตกกอและมีใบมากให้ปริมาณเถาสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อตัดถี่ ทุกๆ 45 วัน ทำให้หญ้าพันธุ์นี้มีปริมาณเถาสูงที่สุดถึง 19% แต่เมื่อทำการลดความถี่ในการตัดหญ้าเนเปียร์ทำให้ปริมาณเถาลดลง โดยเฉพาะในพันธุ์สุราษฎร์ซึ่งเมื่อตัดที่ระยะ 360 วัน/ปี เพียงครั้งเดียวทำให้ปริมาณเถาลดลงต่ำที่สุดเหลือ 5.29% จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ยักษ์ ธรรมดา ทิพตัน ปากช่อง1 และจักรพรรดิ ควรเก็บเกี่ยวเพียง 2 และ 1 ครั้ง/ปี เพื่อให้ได้วัตถุดิบชีวมวลที่มีปริมาณเถาไม่เกินระดับค่าเกณฑ์มาตรฐาน ($\leq 9\%$) สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ในขณะที่การเพิ่มความถี่ในการตัดมากกว่านั้น ทำให้หญ้าเนเปียร์มีปริมาณเถาเกินระดับเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 6.12 ค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้า (ash) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Cultivar	Ash (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	16.62 ab	17.21 a	14.41 de	12.27 hi	12.64 ghi	14.63 A
Surat	14.88 cd	13.47 efg	11.08 jk	7.43 qr	6.25 st	10.62 D
Muaklek	17.65 a	15.78 bc	12.60 ghi	10.88 jkl	11.86 ij	13.75 B
King	14.50 de	10.98 jk	9.65 mn	7.10qrst	6.78 rst	9.80 E
Common	14.03 def	11.12 jk	9.78 mn	6.67 rst	6.96 rst	9.71 E
Tifton	15.99 b	13.34 fg	11.75 ij	9.56 no	7.03qrst	11.53 C
Pakchong1	13.17 fgh	10.13 klmn	9.57 mno	8.03 pq	6.12 t	9.40 E
Bana	13.61 efg	10.61 klm	9.32 no	8.57 op	6.81 rst	9.78 E
Chakapat	13.85 def	11.01 jk	9.89 lmn	7.28 qrs	6.56 rst	9.72 E
mean	14.92 a	12.63 b	10.89 c	8.64 d	7.89 d	11.00

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

Cultivar	Ash (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	15.91b	14.54 cd	13.82 cdef	10.52 jk	8.34 mnop	12.63 A
Surat	18.08 a	13.29 efg	11.37 ij	7.74 opqr	4.23 u	10.94 C
Muaklek	18.22 a	12.83 fg	13.08 fg	10.43 jk	7.37 pqrs	12.38 A
King	14.18 cde	10.13 kl	8.15 opq	6.62 s	4.20 u	8.66 F
Common	14.53 cd	11.28 ij	10.11 kl	7.75 opqr	5.44 t	9.82 D
Tifton	18.07 a	12.49 gh	11.77 hi	8.64 mno	7.33 pqrs	11.66 B
Pakchong1	14.82 c	10.20 kl	9.19 lmn	8.21 nopq	4.32 u	9.35 E
Bana	13.72 def	9.32 lm	8.49 mno	7.21 qrs	3.70 u	8.49 F
Chakapat	13.42 efg	10.20 kl	6.82 rs	8.19 nopq	3.50 u	8.43 F
mean	15.66 a	11.59 b	10.31 c	8.37 d	5.38 e	10.27

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Cultivar	Ash (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	19.01 a	19.17	17.13 abc	17.89 ab	11.80 fghijk	17.00 A
Surat	15.60 bcd	14.16 def	11.49 ghijkl	8.40 mnopqr	5.29 r	11.62 BC
Muaklek	15.02 de	18.71 a	10.84 ijklm	8.58 mnopq	6.41 pqr	11.91 B
King	14.09 defg	13.50 efgh	10.26 ijklmn	8.49 mnopqr	5.86 r	10.44 C
Common	14.12 def	14.99 cde	10.00 jklmn	10.46 ijklmn	6.99 opqr	11.31 BC
Tifton	13.81 efgh	13.99 defg	10.60 ijklm	9.76 klmn	7.28 nopqr	11.09 BC
Pakchong1	14.57 cde	13.95 defg	10.08 jklmn	9.14 lmno	6.00 qr	10.75 BC
Bana	15.58 bcd	12.58 efghij	9.25 klmno	9.54 klmno	6.18 qr	10.63 C
Chakapat	14.82 cde	12.86 efghi	11.24 hijkl	8.93 lmnop	5.54 r	11.25 BC
mean	15.18 a	14.88 a	11.21 b	10.13 c	6.99 d	11.68

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

องค์ประกอบภายในเซลล์พืช (cell content)

องค์ประกอบส่วนใหญ่ภายในเซลล์พืชประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ย่อยได้ง่ายที่สุดโดยจุลินทรีย์ในกระบวนการ anerobic digestion

หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมทั้ง 3 แห่ง มี%องค์ประกอบภายในเซลล์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ โดยพันธุ์กลุ่มต้นเตี้ย ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็กมีปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์มากที่สุด 39.8 และ 37.0% ที่ จ.นครปฐม, 42.2 และ 39.9% ที่ จ.กาญจนบุรี และ 39.5% ที่ จ.นครราชสีมา (ตารางที่ ๖) ขณะที่ปริมาณต่ำที่สุดเป็นหญ้าเนเปียร์กลุ่มที่ต้นสูง โดยเฉพาะพันธุ์บาน่า และพันธุ์จักรพรรดิซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 30.25–33.93% (ตารางที่ 6.13 ก ข ค)

ความถี่ในการตัดหญ้ามีผลต่อปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์พืช โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์จากการตัดที่ระยะ 45 วันจนกระทั่งถึงการตัดที่ระยะ 360 วัน ทำให้ปริมาณ

องค์ประกอบภายในเซลล์ของหญ้าเนเปียร์ลดลง ซึ่งมีปริมาณลดลงจาก 42.1% เป็น 27.8% ที่ จ.นครปฐม ลดลงจาก 42.2% เป็น 36.0% ที่ จ.กาญจนบุรี และลดลงจาก 42.5 เป็น 29.8% ที่ จ.นครราชสีมา โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และระยะเก็บเกี่ยว แสดงให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อความถี่ในการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยพันธุ์มวกเหล็กและเกษตรศาสตร์เมื่อตัดทุก 45 วัน หรือ 8 ครั้ง/ปี มีปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์มากที่สุด 44.4–46.1 % ขณะที่พันธุ์สุราษฎร์ซึ่งตัดครั้งเดียวที่ 360 วัน มีปริมาณต่ำที่สุด 24.3% ที่ จ.นครปฐม

ขณะที่พื้นที่ปลูกที่ จ.กาญจนบุรี หญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์และสุราษฎร์มีปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์สูงที่สุด 44.5% เมื่อเก็บเกี่ยวทุกๆ 45 วัน และพันธุ์บาน่าให้ปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์ต่ำที่สุด 28.6% เมื่อตัดทุก 180 วัน

ไม่ต่างจากพื้นที่อื่น หญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งตัดทุก 45 วัน ที่พื้นที่ จ.นครราชสีมา มีปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์พืชสูงที่สุด 45.9% ขณะที่เมื่อตัดหญ้าเนเปียร์พันธุ์สุราษฎร์ทุกๆ 180 วัน ทำให้มีปริมาณต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.13 ค่าเฉลี่ย % ปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์ (cell contents) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ. 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Cell contents (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	44.44 ab	40.75 d	39.91 de	38.28 ef	35.60 ghi	39.80 A
Surat	43.13 bc	35.38 ghi	34.70 hij	27.46 pq	24.27 r	32.99 CD
Muaklek	46.08 a	40.08 de	37.32 fg	33.68 ijklm	32.61 klmn	37.95 B
King	41.10 cd	34.55 hijk	32.42 lmno	30.79 no	26.41 pq	33.00 CD
Common	40.43 d	33.91 ijklm	32.31 lmno	27.88 p	25.40 qr	31.99 E
Tifton	41.49 cd	36.47 fgh	35.09 hi	28.36 p	26.54 pq	33.59 C
Pakchong1	41.28 cd	32.72 jklmn	34.06 ijkl	27.02 pq	26.81 pq	32.38 DE
Bana	40.73 d	31.12 no	30.44 o	26.70 pq	25.78 qr	30.95 F
Chakapat	40.59 d	32.24 lmno	31.94 mno	26.94 pq	26.30 pqr	31.60 EF
mean	42.14 a	35.24 b	34.24 c	29.68 d	27.75 e	33.81

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Cell contents (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	44.5 ab	42.86 cde	40.81 fg	41.56 def	41.28 f	42.20 A
Surat	44.60 a	36.46 lmno	37.83 ijkl	33.67 rs	34.60 qr	37.43 C
Muaklek	43.06 bcd	39.73 gh	39.35 ghi	37.53 jklm	39.66 gh	39.86 B
King	41.49 ef	36.86 lmn	36.02 mnopq	31.56 uv	36.18 mnop	36.42 D
Common	41.55 def	34.97 opqr	34.96 opqr	31.04 vw	31.23 uvw	34.75 E
Tifton	43.57 abc	38.46 hijk	39.08 hi	31.30 uv	34.57 qr	37.39 C
Pakchong1	42.34 cdef	35.56 nopq	36.99 klmn	32.06 tuv	35.63 nopq	36.51 D
Bana	39.04 hij	33.63 rs	33.58 rst	28.63 x	34.79 pqr	33.93 F
Chakapat	39.40 gh	33.81 rs	32.75 stu	29.74 wx	36.00 nopq	34.34 EF
mean	42.17 a	36.92 b	36.82 b	33.01 c	35.99 b	36.98

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Cell contents (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	45.95 a	40.89 cde	35.91 hij	36.74 ghi	37.92 efgh	39.48 A
Surat	41.63 bcd	33.75 ijkl	27.03 pqrs	23.43 s	37.11 fgh	32.09 BC
Muaklek	42.69 bcd	33.07 jklm	27.05 pqrs	26.03 pqrs	29.05 nop	31.58 CD
King	44.29 ab	33.28 jklm	30.31 mno	29.00 nop	28.79 nop	33.13 B
Common	42.99 abc	34.89 hijk	27.29 opqr	26.38 pqrs	25.98 pqrs	31.50 CD
Tifton	42.26 bcd	37.54 fgh	26.88 pqrs	27.75 opqr	27.74 opqr	32.43 BC
Pakchong1	42.65 bcd	35.47 hijk	27.20pqrs	26.59 pqrs	31.24 lmn	32.63 BC
Bana	39.72 defg	33.96 ijkl	27.95 opq	24.86 qrs	26.61 pqrs	30.62 D
Chakapat	39.92 cdef	32.57 klm	26.28 pqrs	24.79 rs	25.18 qrs	30.25 D
mean	42.45 a	35.05 b	28.43 d	27.28 e	29.81 c	32.59

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณเซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลสในชีวมวลเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสซึ่งมี 6 คาร์บอน จุลินทรีย์ในบ่อหมักแก๊สชีวภาพสามารถใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตรูปอื่นๆ

ปริมาณเซลลูโลสในหญ้าเนเปียร์ให้ผลตรงข้ามกับการสะสมปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์ โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์กลุ่มต้นสูงที่มีสัดส่วนลำต้นมากให้ปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุด (ตารางที่ 6.13 ก ข ค) จากการศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า พันธุ์ต้นสูง โดยเฉพาะพันธุ์บ้านาและพันธุ์ธรรมดา มีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด 32.7 – 35.5% ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งมีขนาดทรงพุ่มเตี้ยให้ปริมาณเซลลูโลสต่ำที่สุด 26.7–27.9 %

โดยปกติหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุน้อยมักมีปริมาณเซลลูโลสต่ำกว่าหญ้าที่มีอายุมาก สอดคล้องกับการศึกษานี้ซึ่งพบว่า เมื่อลดความถี่ในการตัดหญ้าทำให้หญ้าแก่มากขึ้นและมีสัดส่วนลำต้นมาก จึงส่งผลให้มีปริมาณเซลลูโลสสูงขึ้น เห็นได้จากการทดลองทั้ง 3 แห่ง โดยการศึกษาของพื้นที่ จ.กาญจนบุรี และ

นครราชสีมา เมื่อลดความถี่ในการตัดหญ้าจาก 8 ครั้ง/ปี (ตัดทุก 45 วัน) เหลือเพียงตัด 2 ครั้ง/ปี (ตัดทุก 180 วัน) ทำให้หญ้าเนเปียร์มีปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 27.8% เป็น 33.9% และจาก 27.1% เป็น 36.9% ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ จ.นครปฐม ปริมาณเซลลูโลส ที่ตัดทุก 45 วัน (27.8%) เพิ่มขึ้นสูงสุด เป็น 36.0% เมื่อตัดครั้งเดียวที่ระยะ 360 วัน

ตารางที่ 6.14 ค่าเฉลี่ย % ปริมาณเซลลูโลส (cellulose) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Cellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	24.57 n	27.68 lm	28.81 kl	29.06 k	29.38 k	27.90 F
Surat	27.22 m	32.35 hi	32.56 h	36.85 ab	37.95 a	33.37 CD
Muaklek	25.67 n	29.40 k	31.02 j	32.78 gh	32.60 h	30.29 E
King	29.41 k	32.68 gh	34.13 ef	35.46 cd	38.08 a	33.95 AB
Common	28.49 kl	33.06 fgh	33.93 efg	37.65 a	37.92 a	34.21 A
Tifton	28.58 kl	31.19 ij	32.32 hi	36.21 bc	36.83 ab	33.03 D
Pakchong1	29.17 k	33.12 fgh	33.04 fgh	37.44 ab	37.10 ab	33.97 AB
Bana	28.42 klm	34.80 de	34.86 de	37.04 ab	37.20 ab	34.46 A
Chakapat	28.41 klm	33.05 fgh	33.19 fgh	36.27 bc	37.27 ab	33.65 BC
mean	27.77 e	31.92 d	32.65 c	35.42 b	36.03 a	32.76

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Cellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	24.27 w	25.68 v	27.55 tu	28.28 rstu	27.53 tu	26.66 F
Surat	26.08 v	31.44 klmn	30.66 no	34.02 de	33.32 ef	31.10 D
Muaklek	26.11 v	28.73 rs	29.07 qr	31.00 lmno	29.29 pqr	28.84 E
King	27.31 u	30.90 mno	31.86 hijklm	35.78 ab	32.04 hijkl	31.58 BCD
Common	27.80 stu	32.19 ghijk	32.64 fghij	35.57 abc	35.47 abc	32.73 A
Tifton	27.25 u	30.27 op	30.16 opq	35.55 abc	32.98 efgh	31.24 CD
Pakchong1	27.66 stu	31.63 ijklmn	31.55 jklmn	34.48 cd	32.97 efgh	31.66 BC
Bana	28.66 rst	32.27 fghijk	32.95 efgh	36.19 a	33.22 efg	32.66 A
Chakapat	28.76 rs	31.70 ijklmn	32.75 fghi	34.88 bcd	31.64 ijklmn	31.94 B
mean	27.10 d	30.53 c	31.02 c	33.97 a	32.05 b	30.94

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Cellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	24.72 s	28.94 nopqr	30.12 mn	29.30 nopq	26.76 rs	27.97 C
Surat	28.53 nopqr	34.95 hij	38.08 bcde	40.44 a	37.03 cdef	35.67 A
Muaklek	28.50 nopqr	34.46 ijk	37.56 bcde	38.29 bcd	36.67 defgh	35.10 A
King	27.53 qr	34.82 hij	32.66 kl	37.09 cdef	38.51 bcd	34.12 B
Common	27.81 pqr	33.85 jk	38.13 bcd	38.24 bcd	39.14 ab	35.43 A
Tifton	28.17 opqr	31.51 lm	37.23 bcdef	36.18 efghi	36.72 defgh	33.96 B
Pakchong1	28.99 nopq	33.83 jk	37.79 bcde	37.84 bcde	35.62 fghij	34.81 AB
Bana	29.60 mnop	33.78 jk	37.82 bcde	38.07 bcde	38.13 bcd	35.48 A
Chakapat	29.96 mno	35.05 ghij	38.88 abc	36.96 cdefg	38.03 bcde	35.52 A
mean	28.20 d	33.46 c	36.47 b	36.93 a	36.13 b	34.23

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชอีกชนิดหนึ่ง คือโพลีเมอร์ของน้ำตาลที่มี 5 และ 6 คาร์บอน จุลินทรีย์ในระบบ anerobic digestion สามารถใช้ประโยชน์เปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซชีวภาพได้ เช่นเดียวกับเซลลูโลส

จากการศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า พันธุ์และระยะความถี่ในการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณเฮมิเซลลูโลสของหญ้าเนเปียร์ โดยหญ้าเนเปียร์ที่เก็บเกี่ยวจาก จ.นครปฐม จ.กาญจนบุรี และจ.นครราชสีมา มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสอยู่ในช่วง 27.66–30.09%, 25.76–29.35% , และ 25.24–28.59% ตามลำดับ โดยพันธุ์บาน่าและจักรพรรดิมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสมากที่สุด 29.7– 30.1%, 28.9 –29.4%, และ 28,3 –28.6% ตามลำดับ และพันธุ์สุราษฎร์มีแนวโน้มให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำที่สุด 27.66%, 26.32%, และ 25.24% ตามลำดับ อิทธิพลของความถี่ในการเก็บเกี่ยวค่อนข้างมีความแปรปรวนต่อปริมาณเฮมิเซลลูโลส โดยที่

จ.นครปฐม หญ้าเนเปียร์ซึ่งเก็บเกี่ยว 1 3 และ 4 ครั้ง/ปี ให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงที่สุด (28.9–29.1%) ขณะที่หญ้าเนเปียร์ที่เก็บเกี่ยวที่ระยะ 90 วัน 4 ครั้ง/ปี ที่ จ.กาญจนบุรี มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงที่สุด 28.6% ส่วนที่ จ.นครราชสีมา หญ้าเนเปียร์มีปริมาณสูงสุด 28.2–28.5% เมื่อเก็บเกี่ยวทุกๆ 3 และ 2 ครั้ง/ปี

ตารางที่ 6.15 ค่าเฉลี่ย % ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะ
ทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.
กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Hemicellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	27.16 rstu	28.33 klmnopq	28.60 ijklmno	29.01 fghijklm	30.50 abcde	28.72 B
Surat	26.54 u	27.76 opqrst	27.92 nopqrs	27.52 pqrstu	28.70 hijklmno	27.69 D
Muaklek	25.03 v	27.93 nopqrs	28.77 hijklmno	28.00 mnopqrs	29.67 bcdefgh	27.88 CD
King	26.72 tu	29.09 fghijkl	28.31 klmnopq	27.00 stu	27.72 opqrst	27.77 D
Common	28.62 hijklmno	28.91 ghijklmn	29.57 cdefghi	27.31 qrstu	29.33 fghijk	28.75 B
Tifton	27.18 rstu	28.47 jklmnop	28.15 lmnopqr	26.97 stu	27.51 pqrstu	27.66 D
Pakchong1	26.95 stu	29.83 bcdefg	28.37 klmnop	27.94 nopqrs	28.35 klmnopq	28.29 BC
Bana	28.20lmnopqr	29.44 efghij	29.90 bcdefg	30.05 bcdef	30.68 ab	29.65 A
Chakapat	28.47 jklmnop	31.27 a	30.63 abc	30.53 abcd	29.55 defghi	30.09 A
mean	27.21 c	29.00 ab	28.91 ab	28.26 b	29.11 a	28.49

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Hemicellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	28.66 bc	28.33 bcde	28.74 bc	27.49 defgh	26.96 ghijklm	28.03 B
Surat	26.24 jklmno	27.74 cdefg	27.16 fghijk	25.98 lmno	24.47 pq	26.32 E
Muaklek	27.22 fghijk	28.98 b	28.47 bcd	27.31 efghij	26.37 ijklmno	27.67 BC
King	28.22 bcdef	27.82 cdefg	27.03 ghijkl	26.29 jklmno	25.39 op	26.95 D
Common	27.48 defgh	27.81 cdefg	27.43 defghi	27.76 cdefg	26.36 ijklmno	27.37 CD
Tifton	26.17 klmno	26.64 hijklmn	25.77no	26.01 lmno	24.20 q	25.76 F
Pakchong1	26.96 ghijklm	28.32 bcde	26.63 hijklmn	28.20 bcdef	24.6450 pq	26.95 D
Bana	28.90 b	30.26 a	29.13 b	30.27 a	25.95 mno	28.90 A
Chakapat	29.02 b	31.32 a	29.03 b	31.14 a	26.25 jklmno	29.35 A
mean	27.65 b	28.58 a	27.71 b	27.83 b	25.62 c	27.47

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Hemicellulose (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	25.71 hijklm	27.51 defghij	30.21 ab	28.83 bcdef	28.38 bcdefg	28.13 AB
Surat	25.99 hijklm	25.80 hijklm	27.48 defghij	26.72 ghijk	15.14 n	25.24 E
Muaklek	25.74 hijklm	27.69 defgh	28.42 bcdefg	27.66 defgh	24.73 klm	26.85 CD
King	25.58 jklm	26.81 fghij	27.92 cdefgh	26.31 hijkl	24.17 m	26.16 DE
Common	26.68 ghijkl	26.89 efghij	27.96 cdefgh	28.83 bcdef	26.23 hijkl	27.32 BC
Tifton	25.93 hijklm	26.76 ghijk	28.47 bcdefg	27.62 defghi	24.66 lm	26.69 CD
Pakchong1	25.61 ijklm	25.97 hijklm	28.12 cdefgh	27.82 defgh	24.76 klm	26.46 CD
Bana	27.52 defghij	28.11 cdefgh	28.90 abcde	29.94 abc	27.15 defghij	28.32 A
Chakapat	27.47 defghij	27.30 defghij	29.02 abcd	30.89 a	27.98 cdefgh	28.59 A
mean	26.25 b	26.98 b	28.50 a	28.29 a	25.20 c	27.04

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณลิกนิน (Lignin)

เช่นเดียวกับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักอีกประเภทหนึ่งในวัตถุดิบชีวมวลจากพืช โดยการเชื่อมยึดประสานเป็นองค์ประกอบลิกโนเซลลูโลส โดยมีหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช ดังนั้น ลิกนินจึงถือว่าเป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการย่อยคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) เพื่อแปรสภาพเป็นแก๊สชีวภาพ การศึกษาที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และ จ.นครราชสีมา พบว่า ปริมาณลิกนินในหญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่มีทรงพุ่มเตี้ยและมีสัดส่วนใบมาก ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์และพันธุ์มวกเหล็ก มีแนวโน้มให้ปริมาณลิกนินต่ำที่สุด (1.9%, 2.6%, และ 2.17% ตามลำดับ) ต่ำกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนลำต้นมาก โดยเฉพาะพันธุ์ทิพตัน ซึ่งมีปริมาณลิกนินสูงที่สุด 4.5, 4.7, 5.7% ตามลำดับ (ตารางที่ 6.16 ก ข ค)

หญ้าที่เก็บเกี่ยวขณะที่มีอายุมาก หรือมีจำนวนตัดต่อปีน้อยมีแนวโน้มให้ปริมาณลิกนินเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าหญ้าอ่อนหรือมีความถี่ในการตัดบ่อย การศึกษาที่ จ.นครปฐม กาญจนบุรี และนครราชสีมา

ให้ผลไปในทางเดียวกัน โดยปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเพิ่มจาก 1.28% ถึง 6.31%, จาก 1.28% ถึง 5.43% และ จาก 1.81% ถึง 7.65% ตามลำดับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทั้งสองแสดงให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีอัตราการสะสมปริมาณลิกนินแตกต่างกันตามอายุในการเก็บเกี่ยว โดยพันธุ์ทิพตันมีอัตราการสะสมลิกนินเปลี่ยนแปลงตามอายุพืชสูงที่สุด สูงกว่าพันธุ์บาน่าและจักรพรรดิซึ่งมีอัตราการสะสมลิกนินต่ำกว่าพันธุ์ทิพตัน 0.6–0.8% จากผลการศึกษาแนะนำได้ว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่มีการสะสมปริมาณลิกนินต่ำ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ มวกเหล็ก บาน่า และจักรพรรดิ น่าที่จะเหมาะในการนำไปเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงานด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (biological conversion) ขณะที่เนเปียร์พันธุ์ที่มีลิกนินสูง เช่น พันธุ์ทิพตัน น่าที่จะเหมาะสมในการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการเคมีความร้อน (thermochemical conversion) เนื่องจากสารประกอบลิกนินในชีวมวลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความร้อน (HHV)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแปลงหญ้าทั้ง 3 สภาพแวดล้อม พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในสภาพแวดล้อม จ.นครราชสีมา มีการสะสมปริมาณลิกนินสูงกว่าแห่งอื่น ประมาณ 1.1% ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน มีผลต่อการตอบสนองต่อการสะสมของปริมาณลิกนินในหญ้าเนเปียร์ที่ต่างกัน ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถเสนอแนะได้ว่า แปลงหญ้าเนเปียร์ที่มีการสะสมลิกนินในพืชได้มาก น่าจะเหมาะสำหรับการผลิตวัตถุดิบชีวมวลสำหรับป้อนโรงงานที่ผลิตพลังงานด้วยกระบวนการเคมีความร้อน เช่น ไตรเอคคอมบัสชัน ไพโรไลซิส และแก๊สซิฟิเคชัน ขณะที่พื้นที่ใดให้พืชสะสมลิกนินต่ำเหมาะสำหรับเป็นเขตที่ผลิตชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น เอทานอล และก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 6.16 ค่าเฉลี่ย % ลิกนิน (lignin) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Lignin (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1.09 uv	1.63 stuv	1.52 tuv	2.34 rs	3.26 nopq	1.97 E
Surat	1.30 uv	3.68 klmno	4.14 jkl	6.96 bc	8.33 a	4.88 A
Muaklek	0.87 v	1.53 stuv	2.32 rst	4.40 hijk	4.18 jkl	2.66 D
King	1.21 uv	2.91 opqr	4.61 ghij	5.81 def	7.12 b	4.33 B
Common	1.22 uv	3.32 mnopq	3.78 klmn	6.20 cde	6.55 bcd	4.21 B
Tifton	1.54 stuv	2.77 pqr	3.82 jklmn	7.12 b	8.24 a	4.70 A
Pakchong1	1.70 stu	3.41 lmnop	4.12 jklm	5.05 fghi	7.21 b	4.30 B
Bana	1.33 uv	3.68 klmno	4.35 ijk	5.21 fgh	5.73 ef	4.06 BC
Chakapat	1.29 uv	2.59 qr	3.79 klmn	5.25 fg	6.20 cde	3.82 C
mean	1.28 e	2.84 d	3.60 c	5.37 b	6.31 a	3.88

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี พ.ศ.2558

Cultivar	Lignin (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.73 z	1.88 wx	1.89 vwx	2.19 uvw	3.11 rst	1.96 E
Surat	0.93 yz	3.25 pqrst	3.62 opqr	5.92 cdef	6.80 ab	4.10 B
Muaklek	0.97 yz	1.60 wxy	2.74 stu	3.73 opqr	3.82 nopqr	2.57 D
King	1.37 xyz	3.67 opqr	4.59 jklm	6.09 bcde	5.60 defgh	4.26 AB
Common	1.68 wxy	3.99 mnop	4.54 klmn	5.36 efghi	6.16 bcd	4.34 AB
Tifton	1.42 xyz	3.43 pqrs	4.32 lmno	6.47 abc	7.02 a	4.53 A
Pakchong1	1.58 wxy	3.69 opqr	4.29 lmno	5.09 ghijk	5.83 cdefg	4.10 B
Bana	1.47 wxyz	3.21qrst	3.99 mnop	4.82 ijkl	5.21 fghijk	3.74 C
Chakapat	1.39 xyz	2.66 tuv	4.94 hijkl	3.95 mnopq	5.30 efghij	3.66 C
mean	1.28 e	3.04 d	3.88 c	4.85 b	5.43 a	3.69

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Lignin (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	0.82 r	1.01 r	1.69 qr	2.26 pq	5.09 jkl	2.17 F
Surat	2.20 pq	4.36 lm	6.08 ghi	7.81 bc	9.44 a	5.59 AB
Muaklek	1.86 pqr	3.87 mn	5.88 ghij	6.51 efg	8.28 b	5.28 BC
King	1.71 qr	4.28 lm	5.43 ijk	6.11 ghi	7.66 bc	5.04 CD
Common	1.62 qr	4.03 mn	5.61 hij	5.09 jkl	7.81 bc	4.83 D
Tifton	2.63 op	3.20 no	6.46 fgh	6.73 defg	9.41 a	5.68 A
Pakchong1	1.96 pq	3.97 mn	5.57 ijk	6.19 ghi	7.36 cde	5.01 CD
Bana	1.82 pqr	3.31 no	4.53 lm	4.39 lm	7.13 cdef	4.23 E
Chakapat	1.71 qr	4.20 m	4.73klm	5.40 ijk	7.55 bcd	4.40 E
mean	1.81 e	3.58 d	5.11 c	5.61 b	7.65 a	4.75

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณการย่อยได้ทั้งหมด (total digestibility)

ปริมาณการย่อยได้ทั้งหมดเป็นดัชนีที่บ่งชี้ความสามารถในการย่อยได้ขององค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ในพืชทั้งหมดโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพขององค์ประกอบเหล่านั้นไปเป็นแก๊สชีวภาพต่อไป การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์เป็นชีวมวลที่สามารถถูกย่อยได้ประมาณ 57.95–66.97% ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และระยะเวลาเก็บเกี่ยว โดยทั้ง 3 สภาพแวดล้อม ที่ จ.นครปฐม จ.กาญจนบุรี และ จ.นครราชสีมา พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก มี % การย่อยได้ทั้งหมดสูงที่สุด 65.8 และ 63.9%, 66.9 และ 65.1%, 65.1 และ 58.7 % ตามลำดับ สอดคล้องกับปริมาณองค์ประกอบภายในเซลล์

การลดความถี่ในการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์มีแนวโน้มทำให้ % การย่อยได้ของหญ้าเนเปียร์ลดลงตามไปด้วย การเก็บเกี่ยวทุก 45 90 120 180 วัน และ ครั้งเดียวที่ 360 วัน ทั้ง 3 แห่งทำให้หญ้าเนเปียร์มี % การย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยลดลงได้ประมาณ 10% (จาก 66% ถึง 56.1%) โดยผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

พันธุ์และระยะเวลาดัดแสดงให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีค่าการย่อยได้ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาในการตัดที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์มีค่าการย่อยได้ทั้งหมดลดลงตามการเพิ่มระยะเวลาดัดในอัตราช้าที่สุด นอกจากนี้ สังเกตเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของ %การย่อยได้ทั้งหมดในหญ้าเนเปียร์มีปริมาณตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลิกนินตามระยะเวลาในการตัด จากผลการศึกษาแนะนำได้ว่า การเลือกพันธุ์และการจัดการหญ้าเนเปียร์เพื่อให้มีสัดส่วนใบสูงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่ม %การย่อยได้ทั้งหมด และลดปริมาณลิกนิน ทำให้เพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้น

ตารางที่ 6.17 ค่าเฉลี่ย % การย่อยได้ทั้งหมด (total digestibility) ของหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะ
ทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่ ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข) อ.พนมทวน จ.
กาญจนบุรี และ ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

ก) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม พ.ศ.2558

Cultivar	Total digestibility (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	67.92 a	66.16 cd	65.75 cde	64.91 ef	64.10 fg	65.77 A
Surat	66.57 bc	61.99 ij	61.64 ij	56.29 qrs	54.88 t	60.25 D
Muaklek	67.57 ab	65.41 cde	64.06 fg	60.98 jklm	61.40 ijkl	63.88 B
King	65.28 def	62.34 hi	60.31 klm	58.26 n	55.69 rst	60.37 D
Common	66.13 cd	61.78 ij	61.12 ijklm	56.43 pqrs	56.12 qrs	60.32 D
Tifton	65.87 cde	63.26 gh	62.07 hij	56.53 pqrs	55.63 st	60.67 CD
Pakchong1	65.57 cde	61.59 ij	61.51 ijk	56.27 qrs	56.41 pqrs	60.27 D
Bana	66.05 cde	60.19 lm	60.04 m	57.52 nop	57.33 nopq	60.23 D
Chakapat	66.15 cd	62.26 hi	61.59 ij	58.03 no	56.90 opqr	60.98 C
mean	66.34 a	62.77 b	62.01 c	58.36 d	57.60 e	61.42

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี.พ.ศ.2558

Cultivar	Total digestibility (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	69.01 a	67.63 b	66.49 bcdef	66.14 defg	65.57 efg	66.97 A
Surat	67.39 bc	62.75 ijk	63.29 hi	59.56 pqr	59.15 qrs	62.43 C
Muaklek	67.00 bcd	65.90 defg	65.27 g	63.19 hi	64.02 h	65.07 B
King	66.60 bcde	63.08 hij	61.94 jklm	58.30 st	60.90 mno	62.16 CD
Common	66.12 defg	61.74 klm	61.47 lm	58.96 rst	58.12 st	61.28 E
Tifton	66.62 bcde	63.37 hi	63.20 hi	57.91 t	58.94 rst	62.01 CD
Pakchong1	66.31 cdefg	62.52 ijkl	62.35 ijkl	59.98 opqr	59.99 opqr	62.23 CD
Bana	65.36 fg	62.53 ijkl	61.70 klm	59.04 rst	60.32 nopq	61.79 DE
Chakapat	65.70 efg	63.39 hi	61.05 mno	60.42 nop	61.37 lm	62.38 C
mean	66.68 a	63.66 b	62.97 b	60.39 c	60.93 c	62.90

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พ.ศ.2558

Cultivar	Total digestibility (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	67.96 a	65.68 bcd	63.88 fg	63.91 efg	64.13 defg	65.11 A
Surat	65.13 bcdef	59.51 j	56.03 klmn	52.92 q	54.37 nopq	57.95 D
Muaklek	65.70 bcd	60.33 ij	56.54 klm	55.43 lmnp	55.38 lmnp	58.68 CD
King	66.71 ab	59.87 ij	60.69 ij	56.68 klm	54.61 nopq	59.71 B
Common	66.57 abc	61.04 ij	56.48 klm	56.41 klm	53.98 pq	58.90 C
Tifton	65.53 bcdef	62.81 gh	56.58 klm	56.53 klm	54.25 opq	59.14 BC
Pakchong1	65.59 bcde	60.81 ij	56.56 klm	55.84 klmno	56.99 kl	59.15 BC
Bana	64.87 def	61.25 hi	57.46 k	56.00 klmn	55.19 mnop	58.95 BC
Chakapat	64.98 cdef	59.71 ij	56.54 klm	56.90 kl	55.01 mnop	59.03 BC
mean	65.89 a	61.22 b	57.86 c	56.73 d	56.15 e	59.57

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ปริมาณ C H O N ในชีวมวล

แร่ธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบในชีวมวลของพืช ได้แก่ C H O และ N ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มีผลทั้งในเชิงบวกและลบต่อประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตไบโอมีเทน โดย C H O มีผลต่อสัดส่วนในการเกิด CH_4 และ CO_2 ของก๊าซชีวภาพ ขณะที่หากมีปริมาณ N และ S มากเกินไปจะส่งผลเชิงลบต่อกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบผลิต การศึกษาได้ตรวจสอบสัดส่วนของแร่ธาตุเหล่านี้ พบว่า การสะสม %C ในหญ้าเนเปียร์ให้ผลคล้ายคลึงกับการสะสมปริมาณ cellulose โดยพันธุ์ที่มีสัดส่วนลำต้นมากทำให้มีปริมาณ %C สูงกว่าพันธุ์ที่มีสัดส่วนใบมาก พันธุ์ที่ให้ %C สูงสุดเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์จักรพรรดิ 40.71% เป็นที่น่าสังเกตว่าหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 มีปริมาณ %C ต่ำที่สุด ไม่แตกต่างจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีสัดส่วนใบสูง (ตารางที่ 6.18 ก) %C ในหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น (หรือตามความถี่ในการตัดที่ลดลง) โดยเพิ่มจาก 37.4% ในหญ้าที่ตัดทุก 45 วัน เป็น 41.44% ของระยะตัด 360 วัน

% H ของหญ้าเนเปียร์ตอบสนองต่ออิทธิพลของพันธุ์และระยะตัดคล้ายคลึงกับ %C โดยกลุ่มพันธุ์ต้นสูง ได้แก่ จักรพรรดิ บาน่า และยักษ์ ให้ %H สูงสุด 40.71% 40.38% และ 40.53% (ตารางที่ 6.18 ข) ตามลำดับ โดยพันธุ์ปากช่อง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีทรงพุ่มใหญ่กลับมีสัดส่วน H ต่ำที่สุด 39.9% เช่นกัน

ขณะที่สัดส่วนของ N ในชีวมวลของหญ้าเนเปียร์มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.6–1.2% (ตารางที่ 6.18 ค) โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์มี %N 1.2% สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ซึ่งมีปริมาณ N อยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.78 % นอกจากนี้ %N ลดลงตามระยะเวลาตัดเพิ่มขึ้น (ความถี่ในการตัดลดลง) จาก 1.18% ที่ระยะตัดทุก 45 วัน เป็น 0.37% ของหญ้ามีตัดครั้งเดียวที่ 360 วัน จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์ และหญ้าเนเปียร์ที่ตัดทุก 90 วันลงมา มีปริมาณ N เกินค่ามาตรฐาน ($\leq 1\%$) สำหรับผลิตพลังงานด้วยกระบวนการเคมีความร้อน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วน C:N ของวัตถุดิบชีวมวลสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง 20:1 เพื่อรักษาประสิทธิภาพในกระบวนการย่อยแบบปราศจากอากาศ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าสัดส่วน C:N ของหญ้าเนเปียร์มีค่ามากกว่า 20:1 ดังนั้น การปรับสัดส่วนด้วย N จึงมีความจำเป็นสำหรับการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต

ส่วนปริมาณ O ในหญ้าเนเปียร์มีค่าอยู่ระหว่าง 39.3–47.3% โดยพันธุ์ปากช่อง 1 และบาน่ามีปริมาณมากที่สุด ขณะที่พันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณน้อยที่สุด ขณะที่อิทธิพลของระยะเวลาในตัดมีผลต่อปริมาณ O ไม่ชัดเจน (ตารางที่ 6.18 ง)

ตารางที่ 6.18 ค่าเฉลี่ย % ธาตุ ก) C ข) H ค) N และ ง) O ในชีวมวลหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะ
ทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน ที่พื้นที่ 3 แห่ง พ.ศ. 2558

ก) ค่าเฉลี่ย % C พ.ศ.2558

Cultivar	Carbon (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	37.63	37.16	37.75	38.99	40.14	38.33 BC
Surat	37.04	38.57	39.94	40.77	42.31	39.72 ABC
Muaklek	36.01	38.31	38.07	39.84	40.26	38.50 BC
King	37.36	40.60	40.85	41.96	41.90	40.53 AB
Common	37.64	39.33	39.84	41.76	41.39	39.99 ABC
Tifton	36.70	38.42	38.70	40.40	40.84	39.01 ABC
Pakchong1	37.77	40.19	40.02	40.16	41.43	39.92 C
Bana	38.45	40.36	40.34	40.62	42.15	40.38 AB
Chakapat	37.99	40.37	42.00	40.66	42.51	40.71 A
mean	37.40 c	39.26 c	39.72 b	40.57 ab	41.44 a	39.68

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ข) ค่าเฉลี่ย % H พ.ศ.2558

Cultivar	Hydrogen (%)					mean

	45	90	120	180	360	
Kasetsart	5.52	5.69	5.79	5.98	6.03	5.80 E
Surat	5.66	5.80	5.96	5.96	6.25	5.92 C
Muaklek	5.56	5.79	5.76	5.95	6.00	5.81 DE
King	5.74	5.96	6.10	6.10	6.35	6.05 A
Common	5.71	5.83	5.93	6.04	6.09	5.92 C
Tifton	5.59	5.74	5.81	5.93	6.13	5.84 D
Pakchong1	5.75	5.94	5.99	5.93	6.29	5.98 B
Bana	5.83	6.00	6.05	6.00	6.31	6.04 A
Chakapat	5.77	5.99	6.19	6.04	6.40	6.08 A
mean	5.68 d	5.86 c	5.95 b	5.99 b	6.20 a	5.94

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค) ค่าเฉลี่ย % N พ.ศ.2558

Cultivar	Nitrogen (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	1.55	1.44	0.95	1.10	0.71	1.15 A
Surat	1.35	1.12	0.82	0.78	0.26	0.87 C
Muaklek	1.21	1.04	0.83	0.39	0.66	0.83 B
King	0.95	0.76	0.47	0.52	0.31	0.60 H
Common	1.11	0.75	0.51	0.55	0.23	0.63 G
Tifton	1.20	0.95	0.68	0.52	0.26	0.72 F
Pakchong1	1.07	1.02	0.71	0.75	0.28	0.77 E
Bana	1.16	1.12	0.70	0.62	0.32	0.78 D
Chakapat	0.99	0.94	0.54	0.78	0.29	0.71 F
mean	1.18 a	1.01 b	0.69 c	0.67 d	0.37 e	0.78

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ง) ค่าเฉลี่ย % O พ.ศ.2558

Cultivar	Oxygen (%)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	41.6	41.7	37.0	40.1	41.7	40.4 CD
Surat	41.7	41.5	41.7	41.6	41.5	41.6 BC
Muaklek	41.8	43.3	43.5	42.9	43.3	42.9 BC
King	42.2	44.5	43.9	43.5	44.5	43.7 B
Common	41.4	44.3	45.0	43.6	44.3	43.7 B
Tifton	40.8	44.5	44.5	43.3	44.5	43.5 B
Pakchong1	43.8	48.7	48.2	46.9	48.7	47.3 A
Bana	41.4	48.1	50.6	46.7	48.1	47.0 A
Chakapat	42.9	35.7	42.0	40.2	35.7	39.3 D
mean	42.0 b	43.6 ab	44.1 a	43.2 ab	43.6 ab	43.3

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ค่าความร้อน (higher heating value)

ค่าความร้อนของวัตถุดิบชีวมวลควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 14 MJ/kg. ซึ่งจากการศึกษาพบว่า หญ้าเนเปียร์มีค่าความร้อนเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ตารางที่ 6.19) โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์จักรพรรดิ พันธุ์ยักษ์ และพันธุ์สุราษฎร์มีค่า HHV เฉลี่ยสูงที่สุด 16.9 16.5 และ 16.2 MJ/kg ตามลำดับ การเพิ่มระยะเวลาเก็บเกี่ยวจากระยะ 45 วันเป็น 360 วันทำให้ค่า HHV เพิ่มขึ้นจาก 15.0 เป็น 17.0 MJ/kg จากผลการศึกษาจึงสามารถแนะนำว่า หากต้องการจัดการหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นวัตถุดิบชีวมวลในการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการเคมีความร้อน ควรตัดหญ้าในช่วงทำยถุ หรือตัดเพียง 1-2 ครั้งต่อปี สามารถช่วยเพิ่มค่า HHV ให้สูงขึ้นได้

ตารางที่ 6.19 ค่าเฉลี่ย higher heating value (dry basis) ของชีวมวลหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะ
ทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน พ.ศ.2558

Cultivar	HHV (MJ/ dry kg biomass)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	14.97	14.74	16.18	16.54	17.06	15.89 bcd
Surat	14.87	15.67	16.37	16.68	17.63	16.24 abc
Muaklek	14.39	15.36	15.25	16.14	16.37	15.50 de
King	15.11	16.29	16.66	17.06	17.36	16.49 ab
Common	15.24	15.69	15.94	16.71	16.74	16.06 bcd
Tifton	14.79	15.24	15.42	16.21	16.64	15.65 cde
Pakchong1	15.07	12.17	15.76	15.72	16.67	15.07 e
Bana	15.68	15.87	15.68	15.73	16.69	15.92 bcd
Chakapat	15.30	17.19	17.39	16.70	17.85	16.88 a
mean	15.04 c	15.35 c	16.07 b	16.38 b	17.00 a	15.97

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์

ตารางที่ 6.20 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพันธุ์และระยะความถี่ในการเก็บเกี่ยวของหญ้าเนเปียร์ที่มีต่อการผลิตก๊าซมีเทน โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์เกษตรศาสตร์มีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด $299.2 \text{ m}^3/\text{ตันแห้ง}$ รองลงมาเป็นพันธุ์จักรพรรดิ $283.2 \text{ m}^3/\text{ตันแห้ง}$ ขณะที่พันธุ์ปากช่อง1 และบาน่าให้ปริมาณก๊าซมีเทนได้ต่ำที่สุด 234.0 และ $255.3 \text{ m}^3/\text{ตันแห้ง}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตจากหญ้าเนเปียร์สามารถเพิ่มขึ้นได้ เมื่อลดระยะเวลาในการตัด หรือเพิ่มความถี่ในการตัดมากขึ้น เพื่อให้หญ้าอ่อนลง ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นจาก $273.6 \text{ m}^3/\text{ตันแห้ง}$ เมื่อตัดทุก 45 วัน ถึง $267.6 \text{ m}^3/\text{ตันแห้ง}$ ในหญ้าที่ตัดที่ระยะ 360 วันครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของพันธุ์และระยะตัดแสดงให้เห็นข้อยกเว้นในหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ที่มีสัดส่วนใบมาก ทรงพุ่มเตี้ย คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ (ภาพที่ 6.4) ซึ่งมีศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการตัดที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเมื่อ

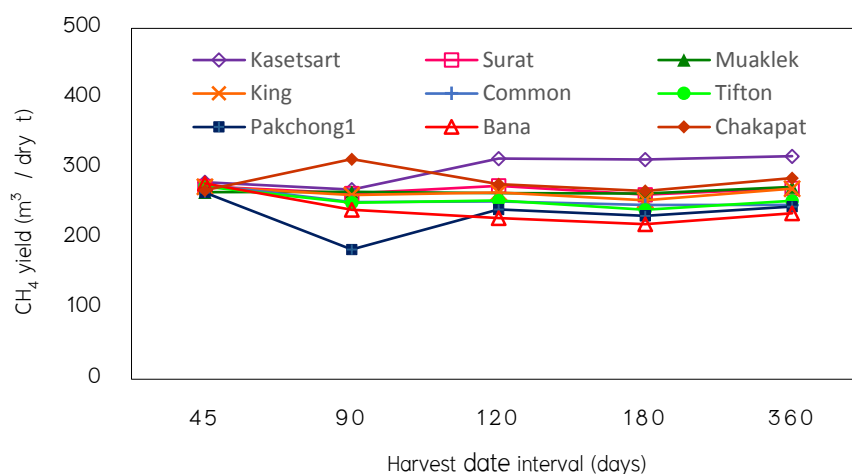
หญ้าพันธุ์นี้มีอายุมากขึ้น ทำให้มีสัดส่วนใบเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งใบเป็นส่วนหนึ่งของพืชที่ย่อยโดยจุลินทรีย์ได้ง่ายที่สุด โดยแสดง %การย่อยได้ทั้งหมดของหญ้าเนเปียร์ในตารางที่ 6.17

ตารางที่ 6.20 ค่าเฉลี่ยผลผลิตก๊าซมีเทนจากชีวมวลหญ้าเนเปียร์สด 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน 2558

Cultivar	CH ₄ (m ³ /dry t biomass)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	280.8 bc	270.2 bcdefg	314.3 a	313.0 a	317.9 a	299.2 A
Surat	274.9 bcdef	264.6 bcdefghi	275.6 bcde	263.1 bcdefghi	272.3 bcdef	270.1 C
Muaklek	266.6 bcdefgh	267.0 bcdefgh	265.0 bcdefghi	264.6 bcdefghi	274.1 bcdef	267.5 C
King	274.4 bcdef	262.4 cdefghi	266.2 bcdefgh	255.0 defghij	271.7 bcdefg	265.9 CD
Common	277.1 bcd	252.3 efghijk	253.3 efghijk	248.5 ghijk	248.4 ghijk	255.9 D
Tifton	274.5 bcdef	251.4 fghijk	254.7 defghij	241.5 ijkl	254.4 defghij	255.3 D
Pakchong1	266.0 bcdefgh	184.9 m	242.0 ijkl	232.8 jkl	246.0 hijk	234.0 E
Bana	279.0 bc	241.6ijkl	229.6 kl	221.0 l	236.4 jkl	241.5 E
Chakapat	269.2 bcdefgh	313.7 a	277.9 bcd	268.3 bcdefgh	286.7 b	283.2 B
mean	273.6 a	256.5 b	264.3 ab	256.4 b	267.6 c	260.6

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).



ภาพที่ 6.4 ค่าเฉลี่ยผลผลิตก๊าซมีเทนจากอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ และ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน พ.ศ. 2558

ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่

ตารางที่ 6.21 แสดงให้เห็นว่า พันธุ์และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่ผลิตได้จากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งพบว่าหญ้าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแห้งต่อพื้นที่และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) สูง แต่มีปริมาณ lignin ต่ำ สามารถให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย โดยหญ้าพันธุ์บาน่าให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุด 1703 m³/ไร่ ขณะที่พันธุ์ที่มีการย่อยได้ทั้งหมดสูงสุด แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างต่ำ (เกษตรศาสตร์) ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่ำที่สุดด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น (หรือมีควมถี่ในการเก็บเกี่ยวน้อย) มีผลให้ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณผลผลิตหญ้าต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นสำคัญ

ดังนั้น จากผลการศึกษาข้างนี้จึงชี้ให้เห็นว่า ผลผลิตต่อพื้นที่ของหญ้าเนเปียร์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทน ขณะที่คุณภาพของชีวมวลเป็นปัจจัยรอง นอกจากนี้ ยังสามารถแนะนำได้ว่า การจัดการหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ที่เสื่อมโทรม โดยสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านน้ำ ผู้ผลิตควรเลือกพันธุ์ที่เหมาะสม และวิธีการจัดการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถี่เกินไป โดยผลการศึกษาข้างนี้ชี้ให้เห็นว่า การเก็บเกี่ยว 1 ครั้งต่อปี หรือตัดด้วยความถี่ไม่เกิน 3 ครั้ง/ปี น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม และเพิ่มศักยภาพในการจัดการหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซมีเทนได้ ตารางที่ 6.21 แสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมมีศักยภาพสามารถนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าจากก๊าซมีเทนได้ระหว่าง 291–2,335 kWh/ไร่/ปี

โดยหญ้าเนเปียร์พันธุ์บานาที่ตัดในระยะ 360 วัน เพียง 1 ครั้งต่อปี สามารถให้ผลผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 2,236 kWh/ไร่/ปี

เนื่องจากการตัดหญ้าเนเปียร์ด้วยความถี่หลายครั้งต่อปีในช่วงที่พื้นที่มีสภาพที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้พืชขาดแคลนปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต โดยเฉพาะช่วงฤดูแห้งแล้ง อาจทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตฟื้นขึ้นมาได้เป็นปกติหลังจากตัด และยังมีความเสี่ยงต่อการอยู่รอดของหญ้าในแปลงอีกด้วย ดังนั้น การนำพื้นที่เสื่อมโทรมหรือมีความเหมาะสมต่อการผลิตพืชอาหารตํานับว่ามีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพืชพลังงานหากมีการจัดการที่เหมาะสม กรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกเขตพื้นที่ zoning ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ และพบว่าพื้นที่ในประเทศไทยที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ และนาข้าวอีกหลายประเภท จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มแนวทางในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เหล่านี้มาผลิตพืชพลังงานต่อไป จึงนับว่าเป็นแนวทางการจัดการทรัพยากรที่ดินที่มีความเป็นไปได้

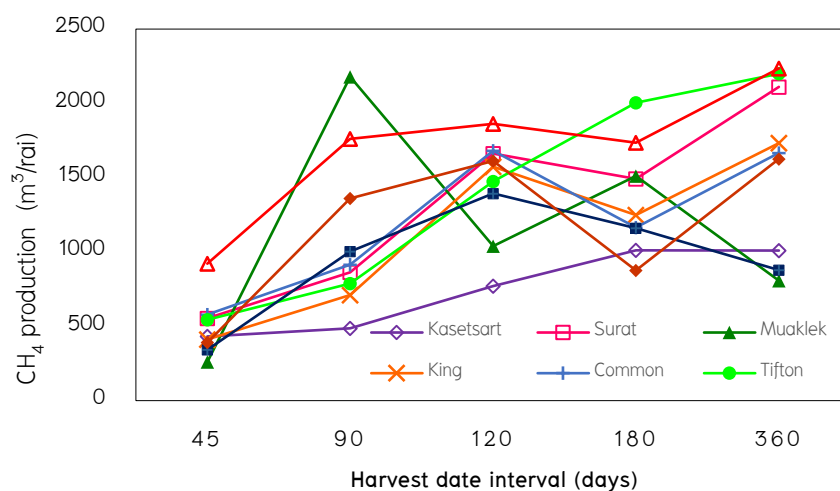
อย่างไรก็ตาม แนวทางในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนทั้งในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรมได้ตลอดปี ต้องควรมีการพิจารณาศึกษาวิจัยการจัดการน้ำชลประทาน และจัดการดินที่เหมาะสมต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพหญ้าเนเปียร์สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้บรรลุตามเป้าหมายของนโยบายการเพิ่มปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนของประเทศต่อไป

ตารางที่ 6.21 ค่าเฉลี่ยผลผลิตก๊าซมีเทนจากชีวมวลหญ้าเนเปียร์แห้งในพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะต่างๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน 2558

Cultivar	CH ₄ production (m ³ /rai)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	431.78 lmn	486.52 lmn	770.34 ijklmn	1011.29 defghijklmn	1009.73 defghijklmn	741.93 D
Surat	554.12 klmn	863.12 ghijklmn	1662.52 abcdefg	1492.41 abcdefghij	2111.04 ab	1336.64 ABC
Muaklek	259.51 n	2178.95 ab	1040.58defghijklmn	1512.03 abcdefghij	807.08 hijklmn	1159.63 BC
King	411.72 lmn	711.41 jklmn	1574.63abcdefghi	1247.90 cdefghijkl	1732.47 abcdef	1135.63 BC
Common	579.27 klmn	914.15 efghijklmn	1681.40abcdefg	1164.33 cdefghijklm	1666.93 abcdefg	1201.21 BC
Tifton	544.30 klmn	788.69 hijklmn	1474.86abcdefghij	2004.09 abc	2199.56 ab	1402.30 AB
Pakchong1	342.27 mn	1004.38 efghijklmn	1394.03 abcdefghijk	1160.87 cdefghijklm	879.51 fghijklmn	956.21 CD
Bana	921.76 efghijklmn	1761.95abcde	1861.50 abcd	1735.94 abcde	2235.23 a	1703.27 A
Chakapat	391.01 mn	1360.85bcdefghijk	1613.36 abcdefghi	875.55 ghijklmn	1626.15 abcdefgh	1173.39 BC
mean	492.86 c	1118.89 b	1452.58 ab	1356.05 ab	1585.30 a	

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).



ภาพที่ 6.5 ค่าเฉลี่ยผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่จากอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน พ.ศ. 2558

ตารางที่ 6.21 ค่าเฉลี่ยผลผลิตก๊าซมีเทนและพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลหญ้าเนเปียร์แห้งในพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 9 พันธุ์ เมื่อตัดที่ระยะทุกๆ 45 90 120 180 และ 360 วัน พ.ศ. 2558

Cultivar	Electric production (kW/ rai)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	4318	3716.8	7703	10113	10097	7419.2
Surat	5541	7164.5	16625	14924	21110	13366.2
Muaklek	2593	4995.8	10406	15120	8071	11595.8
King	4117	5991.3	15746	12479	17325	11356.2
Common	5793	6755.2	16814	11643	16669	12012.2
Tifton	5443	5321.0	14749	20041	21996	14023.2
Pakchong1	3423	7177.3	13940	11609	8795	9562.2
Bana	9218	7224.7	18615	17359	22352	17032.6
Chakapat	3910	10252.9	16134	8756	16262	11734.2
mean	4928.4	11188.89	14525.7	13560.44	15853	12011.31

Note: Different capital letters in the same column of cultivar mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

Different small letters in the row of harvest interval mean indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

หมายเหตุ: คำนวณจาก $1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 = 36 \text{ MJ}$; CH_4 1 m^3 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 10 KW

บทที่ 7

การวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตหญ้าเนเปียร์

7.1 การประเมินต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายของเกษตรกร

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายแบบหญ้าสด ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (in--depth interview) เกษตรกรในพื้นที่ 2 เขต คือพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา) และพื้นที่ภาคกลาง (อ.เลขาวิทย จ.กาญจนบุรี และ อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี) ที่มีพื้นที่ปลูกอย่างน้อย 10 ไร่ โดยเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาไม่พบว่ามีกรจำหน่ายเพื่อเป็นชีวมวล ดังนั้น ต้นทุนและผลตอบแทนในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากการจำหน่ายเพื่อเป็นอาหารสัตว์

1. ต้นทุนการผลิตทั้งหมด ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลาง จ.กาญจนบุรี และจ. สุพรรณบุรี (จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกร 15 ราย) มีต้นทุนการผลิตหญ้าเนเปียร์รวมทั้งหมดประมาณ 3,363.30 บาทต่อ 1 รุ่ง (หรือ 1 ครั้งการตัด) ต่อไร่ โดยการตัด 1 รุ่งคิดเป็นต้นทุนคงที่ 1,536.65 บาท/ไร่ ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าเครื่องสูบน้ำและวัสดุการให้น้ำ และมีต้นทุนผันแปร 1,826.65 บาท/ไร่ ดังตารางที่ 1 ซึ่งต้นทุนผันแปรของการผลิตหญ้าเนเปียร์ประกอบด้วย ค่าท่อนพันธุ์ 112.83 บาท/ไร่ ค่าปุ๋ย (ปุ๋ยเคมี 103.15 บาท/ไร่ และปุ๋ยคอก 92.50 บาท/ไร่) ค่าสารกำจัดวัชพืช 118.00 บาท/ไร่ ค่าไฟฟ้า 472.25 บาท/ไร่ ค่าจ้างแรงงาน (การเตรียมดิน 156.67 บาท/ไร่ การปลูก 131.25 บาท/ไร่ การให้น้ำ 81.25 บาท/ไร่ การให้ปุ๋ย 12.00 บาท/ไร่ การตัดหญ้า 500.00 บาท/ไร่) ค่าซ่อมเครื่องสูบน้ำ 46.75 บาท/ไร่ ดังตารางที่ 2

ในขณะที่ เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกจำนวน 9 ราย มีต้นทุนการผลิตหญ้าเนเปียร์รวมทั้งหมดประมาณ 5,192.95 บาทต่อ 1 รุ่ง/ไร่ โดยการตัด 1 รุ่ง มีต้นทุนคงที่ 1,985.53 บาท/ไร่ ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่ารถแทรกเตอร์ รถไถ เครื่องตัดหญ้าและเครื่องบดหญ้า และมีต้นทุนผันแปร 3,207.43 บาท/ไร่ ดังตารางที่ 1 ซึ่งต้นทุนผันแปรของการผลิตหญ้าเนเปียร์ประกอบด้วย ค่าท่อนพันธุ์ 15.01 บาท/ไร่ ค่าปุ๋ย (ปุ๋ยเคมี 20.95 บาท/ไร่ และปุ๋ยคอก 528.84 บาท/ไร่) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 372.76 บาท/ไร่ ค่าสารกำจัด

วิชาชีพ 7.78 บาท/ไร่ ค่าไฟฟ้า 89.79 บาท/ไร่ ค่าจ้างแรงงาน (การเตรียมดินและปลูก 752.30 บาท/ไร่ การให้น้ำ 296.52 บาท/ไร่ การให้ปุ๋ย 21.17 บาท/ไร่ และการตัดหญ้า 677.14 บาท/ไร่) ค่าถ่วงบรรจุหญ้า 300.73 บาท/ไร่ ค่าซ่อมแซมเครื่องจักรกล (รถแทรกเตอร์ 92.48 บาท/ไร่ เครื่องบดหญ้า 1.80 บาท/ไร่ และเครื่องตัดหญ้า 29.55 บาท/ไร่) และค่าลัมพาน 0.90 บาท/ไร่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ต้นทุนการผลิตรวมของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายแบบหญ้าสด เฉลี่ยต่อ 1 ไร่การผลิต

ต้นทุนการผลิต	พื้นที่ภาคกลาง (บาท/ไร่/ไร่)	พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (บาท/ไร่/ไร่)
ต้นทุนคงที่	1,536.65	1,985.53
ต้นทุนผันแปร	1,826.65	3,207.43
ต้นทุนรวม/ไร่ (บาท)	3,363.30	5,192.95

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 2 ต้นทุนผันแปรในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายเฉลี่ยต่อ 1 ไร่ การผลิตในเขตพื้นที่ภาคกลาง

รายการ	มูลค่า (บาท/ไร่)	มูลค่า (บาท/ไร่)
1) ค่าท่อนพันธุ์	451.33	112.83
2) ค่าปุ๋ย		
- ปุ๋ยเคมี	412.60	103.15
- ปุ๋ยคอก	370.00	92.50
3) ค่าสารกำจัดวัชพืช	472.00	118.00
4) ค่าไฟฟ้า	1,889.00	472.25
5) ค่าจ้างแรงงาน		
- ค่าแรงงานการเตรียมดิน	626.67	156.67
- ค่าแรงงานปลูก	525.00	131.25
- ค่าแรงให้น้ำ	325.00	81.25
- ค่าแรงงานการให้ปุ๋ย	48.00	12.00
- ค่าจ้างตัดหญ้า	2,000.00	500.00
6) ค่าซ่อมเครื่องสูบน้ำ	187.00	46.75
รวม	7,306.60	1,826.65

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 3 ต้นทุนผันแปรในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อจำหน่ายเฉลี่ยต่อ 1 ไร่ การผลิตในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รายการ	มูลค่า (บาท/ไร่)	มูลค่า (บาท/ไร่)
1) ค่าท่อนพันธุ์	66.87	15.01
2) ค่าปุ๋ย		
- ปุ๋ยเคมี	93.33	20.95
- ปุ๋ยคอก	2,356.00	528.84
3) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	1,660.67	372.76
4) ค่าสารกำจัดวัชพืช	34.67	7.78
4) ค่าไฟฟ้า	400.00	89.79
5) ค่าจ้างแรงงาน		
- ค่าแรงงานการเตรียมดินและปลูก	3,351.50	752.30
- ค่าแรงให้น้ำ	1,321.00	296.52
- ค่าแรงงานให้ปุ๋ย	94.33	21.17
- ค่าจ้างตัดหญ้า	3,016.67	677.14
9) ค่าอุปกรณ์หญ้า	1,339.74	300.73
10) ค่าซ่อมแซมเครื่องจักรกล		
- ค่าซ่อมรถแทรกเตอร์	412.00	92.48
- ค่าซ่อมเครื่องบดหญ้า	8.00	1.80
- ค่าซ่อมเครื่องตัดหญ้า	131.67	29.55
- ค่าลับฟัน	4.00	0.90
รวม	14,290.44	3,207.43

ที่มา: จากการคำนวณ

2. ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม คือต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมด โดยคำนวณได้จากการนำ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ (บาท) หารด้วย ผลผลิตต่อไร่ ได้เป็น ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมหรือค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (บาท/ไร่)

เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม เท่ากับ 0.33 บาทต่อกิโลกรัมต่อไร่ (มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 3,363.30 บาท/ไร่/ไร่ และผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 10,000 กิโลกรัมต่อไร่/ไร่) ดังตารางที่ 4

ในขณะที่ เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม เท่ากับ 0.76 บาทต่อกิโลกรัมต่อไร่ (มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 5,192.95 บาท/ไร่/ไร่ และผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 6,833.33 กิโลกรัม/ไร่/ไร่) ดังตารางที่ 4

ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม ของเกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

ในเขตพื้นที่ภาคกลาง

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนการผลิตของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย} &= 3,363.30 \text{ บาท/ไร่/ไร่} \\ \text{ผลผลิต/ไร่ ของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย} &= 10,000 \text{ กิโลกรัม/ไร่/ไร่} \\ \text{ต้นทุนต่อกิโลกรัม} &= 3,363.30 / 10,000 = 0.33 \text{ บาท/กิโลกรัม/} \\ &\text{ไร่/ไร่} \end{aligned}$$

ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนการผลิตของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย} &= 5,192.95 \text{ บาท/ไร่/ไร่} \\ \text{ผลผลิต/ไร่ ของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย} &= 6,833.33 \text{ กิโลกรัม/ไร่/ไร่} \\ \text{ต้นทุนต่อกิโลกรัม} &= 5,192.95 / 6,833.33 = 0.76 \text{ บาท/กิโลกรัม/} \\ &\text{ไร่/ไร่} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4 ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน และกำไรสุทธิ ของการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายแบบ
หญ้าสดเฉลี่ยต่อ 1 รุ่น

ต้นทุนการผลิต	พื้นที่ภาคกลาง (บาท/รุ่น/ไร่)	พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (บาท/รุ่น/ไร่)
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	3,363.30	5,192.95
ผลผลิต/รุ่น	10,000.00	6,833.33
ต้นทุน/กก.	0.33	0.76
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	7,500.00	11,263.33
ต้นทุนการผลิตรวม/ปี	13,453.21	23,448.96
ผลตอบแทนรวม/ปี	30,000.00	52,373.33
กำไร/รุ่น	4,136.70	6,070.38
กำไร/ปี	16,546.79	28,924.37

ที่มา: จากการคำนวณ

3. ผลตอบแทนและกำไรสุทธิ ผลตอบแทนจากการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย คำนวณได้จากการนำผลผลิตเฉลี่ยต่อรุ่นคูณด้วยราคาหญ้าเนเปียร์สด (ค่าเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ในช่วงปีการผลิต) ในขณะที่กำไรสุทธิตำหนดจาก ผลตอบแทนรวมต่อรุ่นลบด้วยต้นทุนการผลิตรวมต่อรุ่น

เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีผลตอบแทนรวมต่อรุ่น เท่ากับ 7,500 บาทต่อรุ่น (ผลตอบแทนจากการขายหญ้าสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.75 บาท มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 3,363.30 บาท/รุ่น และผลผลิตต่อรุ่น เท่ากับ 10,000 กิโลกรัมต่อรุ่น) และมีกำไรสุทธิต่อรุ่น เท่ากับ 4,136.70 บาท/รุ่น ดังตารางที่ 4

ในขณะที่ เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีผลตอบแทนรวมต่อรุ่น เท่ากับ 11,263.33 บาทต่อรุ่น (ผลตอบแทนจากการขาย

หญ้าสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 1.65 บาท มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 5,192.95 บาท/รุ้น และผลผลิตต่อรุ้น เท่ากับ 6,833.33 กิโลกรัมต่อรุ้น) และมีกำไรสุทธิต่อรุ้น เท่ากับ 6,070.38 บาท/รุ้น ดังตารางที่ 4

ผลตอบแทนรวมต่อรุ้น และกำไรสุทธิ ของเกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

ในเขตพื้นที่ภาคกลาง

ผลตอบแทนจากการขายหญ้าสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.75 บาท

$$\begin{aligned}\text{ผลตอบแทนรวม/รุ้น/ไร่} &= 10,000 \times 0.75 \\ &= 7,500 \quad \text{บาท/รุ้น/ไร่} \\ \text{กำไร/รุ้น/ไร่} &= 7,500 - 3,363.30 \\ &= 4,136.70 \quad \text{บาท/รุ้น/ไร่}\end{aligned}$$

ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลตอบแทนจากการขายหญ้าสดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 1.65 บาท

$$\begin{aligned}\text{ผลตอบแทนรวม/รุ้น/ไร่} &= 6,833.33 \times 1.65 \\ &= 11,263.33 \quad \text{บาท/รุ้น/ไร่} \\ \text{กำไร/รุ้น/ไร่} &= 11,263.33 - 5,192.95 \\ &= 6,070.38 \quad \text{บาท/รุ้น/ไร่}\end{aligned}$$

วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์

ต้นทุนการผลิตหญ้าสดต่อปี คำนวณได้จาก ต้นทุนต่อรุ่น คูณด้วย จำนวนการเก็บเกี่ยว (ครั้ง)

เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีต้นทุนการผลิตหญ้าสดต่อปี เท่ากับ 13,453.21 บาท/ปี และผลตอบแทนการผลิตหญ้าสดต่อปี เท่ากับ 30,000 บาท/ปี ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต้นทุนการผลิตหญ้าสดต่อปี เท่ากับ 23,448.96 บาท/ปี และผลตอบแทนการผลิตหญ้าสดต่อปี เท่ากับ 52,373.33 บาท/ปี ดังตารางที่ 4

ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตหญ้าสดต่อปี ของเกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จากจำนวนการเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ย 4 ครั้งต่อปี) แสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

ในเขตพื้นที่ภาคกลาง

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนการผลิตหญ้าสด/ปี} & \quad /ไร่ & = & \quad 3,363.30 \times 4 \\ & & = & \quad 13,453.21 \quad \text{บาท/ปี/ไร่} \\ \text{ผลตอบแทนการผลิตหญ้าสด/ปี} & = & 7,500 \times 4 \\ & = & 30,000 \quad \text{บาท/ปี/ไร่}\end{aligned}$$

ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนการผลิตหญ้าสด/ปี/ไร่} & = & 5,192.95 \times 4 \\ & = & 23,448.96 \quad \text{บาท/ปี/ไร่} \\ \text{ผลตอบแทนการผลิตหญ้าสด/ปี/ไร่} & = & 11,263.33 \times 4 \\ & = & 52,373.33 \quad \text{บาท/ปี/ไร่}\end{aligned}$$

จากเกษตรกรกรณีศึกษาในทั้งสองเขตพื้นที่ดังกล่าว ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนที่คำนวณได้เป็นต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์ในปีที่ 1 โดยในปีที่ 2 เป็นต้นไปจนถึงปีการผลิตปัจจุบัน ได้กำหนดให้ต้นทุนและผลตอบแทนเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 3.00 ต่อปี ตามเป้าหมายอัตราเงินเฟ้อพื้นฐานของธนาคารแห่งประเทศไทย ดังนั้น เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายใน

เขตพื้นที่ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีต้นทุนและผลตอบแทนแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อการจำหน่ายถึงปีการผลิตปัจจุบัน
ของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคกลาง

ปีที่	ต้นทุน (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)
1	13,453.21	30,000.00
2	13,856.80	30,900.00
3	14,272.51	31,827.00
4	14,700.68	32,781.81
5	15,141.70	33,765.26
6	15,595.95	34,778.22
รวม	87,020.85	194,052.30

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 6 ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อการจำหน่ายถึงปีการผลิตปัจจุบัน
ของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ปีที่	ต้นทุน (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)
1	23,448.96	52,373.33
2	24,152.43	53,944.53
3	24,877.00	55,562.87
4	25,623.31	57,229.76
5	26,392.01	58,946.65
6	27,183.77	60,715.05
รวม	151,677.50	338,772.19

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 5 และ 6 เป็นการประมาณต้นทุนและผลตอบแทนจนถึงปีการผลิตปัจจุบัน (ระยะเวลาการผลิต 6 ปี) ของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อการจำหน่าย เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีต้นทุนรวมของการจำหน่ายหญ้าสด เท่ากับ 84,433.49 บาท/ไร่ และผลตอบแทนของการจำหน่ายหญ้าสด เท่ากับ 194,052.30 บาท/ไร่ ในขณะที่เกษตรกรกรณีศึกษาการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีต้นทุนรวมของการจำหน่ายหญ้าสด เท่ากับ 151,677.50 บาท/ไร่ และผลตอบแทนของการจำหน่ายหญ้าสด เท่ากับ 338,772.19 บาท/ไร่

4. การวิเคราะห์การลงทุนการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อการจำหน่าย

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุน พิจารณาโดยใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายคน (เกษตรกรและบุคคล) ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 7.00 ต่อปี ($MRR = 7.00\%$) เป็นอัตราคิดลดของเกษตรกรกรณีศึกษาทั้งสองพื้นที่

1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของการผลิต (NPV)

หมายถึง การคำนวณหาผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของการผลิต โดยการหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

2) อัตราผลตอบแทนภายในการผลิต (IRR)

หมายถึง อัตราส่วนลด (r) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิมีค่าเป็นศูนย์

3) อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)

หมายถึง อัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนซึ่งสามารถคำนวณออกมาในรูปของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน เทียบกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่ายไปในการดำเนินการผลิต

การวิเคราะห์การลงทุนตามหลักเกณฑ์ของการผลิตหญ้าเนเปียร์ของเกษตรกรกรณีศึกษา แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันต้นทุน มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่ายในอัตราคิดลด 7.00% ต่อปี ของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคกลาง

ปีที่	มูลค่าปัจจุบันต้นทุน (บาท)	มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทน (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
1	12,511.48	27,900.00	15,388.52
2	11,635.68	25,947.00	14,311.32
3	10,821.18	24,130.71	13,309.53
4	10,063.70	22,441.56	12,377.86
5	9,359.24	20,870.65	11,511.41
6	8,704.09	19,409.71	10,705.61
รวม	63,095.37	140,699.63	77,604.26

ที่มา: จากการคำนวณ

NPV = 77,604.26

IRR = 99.99%

B/C Ratio = 2.229

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่าย มีค่าเท่ากับ 77,604.26 บาท มีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายในของการผลิต (IRR) มีค่าเท่ากับ 99.99% หมายถึง การลงทุนผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่าย มีอัตราผลตอบแทนภายในการผลิตเท่ากับ 99.99% เมื่อเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดที่กำหนดไว้ร้อยละ 7.00 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 2.229 หมายถึง การลงทุนของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่ายของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 2.229 มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า เป็นการผลิตที่ควรลงทุน

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันต้นทุน มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทน และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของ
การผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่ายในอัตราคิดลด 7.00% ต่อปี ของเกษตรกรกรณีศึกษาใน
เขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ปีที่	มูลค่าปัจจุบันต้นทุน (บาท)	มูลค่าปัจจุบันผลตอบแทน (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
1	21,807.53	48,707.20	26,899.67
2	20,281.01	45,297.70	25,016.69
3	18,861.34	42,126.86	23,265.52
4	17,541.04	39,177.98	21,636.93
5	16,313.17	36,435.52	20,122.35
6	15,171.25	33,885.03	18,713.78
รวม	109,975.34	245,630.28	135,654.94

ที่มา: จากการคำนวณ

NPV = 135,654.94

IRR = 99.99%

B/C Ratio = 2.233

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่าย มีค่าเท่ากับ 135,654.94 บาท มีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายในของการผลิต (IRR) มีค่าเท่ากับ 99.99% หมายถึง การลงทุนผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่าย มีอัตราผลตอบแทนภายในการผลิตเท่ากับ 99.99% เมื่อเทียบกับอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดที่กำหนดไว้ร้อยละ 7.00 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 2.233 หมายถึง การลงทุนของการผลิตหญ้าเนเปียร์สดเพื่อจำหน่ายของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 2.233 มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า เป็นการผลิตที่ควรลงทุน

7.2 การประเมินต้นทุน และผลตอบแทนจากการผลิตหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เสื่อมโทรม

จากการวิจัยศึกษาการตัดหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ได้แก่ เกษตรศาสตร์ สุราษฎร์ มวกเหล็ก ยักษ์ ธรรมดา ทิปตัน ปากช่อง 1 บาน่า และจักรพรรดิ ที่ระยะการตัด 5 ระยะ ได้แก่ ตัดทุก 45 90 120 180 และ 360 วัน ศึกษาใน 3 สถานที่ ได้แก่ 1) อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี 2) อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม และ 3) อ. ลี้ควี จ. นครราชสีมา คำนวณค่าต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ ผลตอบแทนรวมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตรวมต่อปี ผลตอบแทนรวมต่อปี กำไรต่อไร่ และกำไรต่อปี โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของต้นทุนการผลิตรวมของเกษตรกรกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 15 ราย (ดังตารางที่ 4) แสดงรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ผลผลิต/ไร่ เป็นค่าผลผลิตหญ้าเนเปียร์จากผลโครงการวิจัย

$$\text{ต้นทุนการผลิตรวม/ไร่} = (\text{ค่าเฉลี่ยต้นทุนคงที่/ไร่}) + (\text{ค่าเฉลี่ยต้นทุนผันแปร/ไร่})$$

$$\text{ผลตอบแทนรวม/ไร่} = (\text{ผลผลิต/ไร่}) \times (\text{ราคาจากการขายหญ้าสดเฉลี่ย กก. ละ 0.75}$$

บาท)

$$\text{ต้นทุนการผลิตรวม/ปี} = (\text{ต้นทุนการผลิตรวม/ไร่}) \times (\text{จำนวนครั้งของการเก็บเกี่ยว})$$

$$\text{ผลตอบแทนรวม/ปี} = (\text{ผลตอบแทนรวม/ไร่}) \times (\text{จำนวนครั้งของการเก็บเกี่ยว})$$

$$\text{กำไร/ไร่} = (\text{ผลตอบแทนรวม/ไร่}) - (\text{ต้นทุนการผลิตรวม/ไร่})$$

$$\text{กำไร/ปี} = (\text{ผลตอบแทนรวม/ปี}) - (\text{ต้นทุนการผลิตรวม/ปี})$$

ใน อ. พนมทวน พบว่า ระยะการตัดทุก 90 วัน หรือจำนวนการตัด 4 ครั้งต่อปี ให้กำไรต่อปีมากที่สุดในพื้นที่บ้านท่าเทือก 22,534.19 บาท/ไร่/ปี รองลงมาได้แก่ พันธุ์ปากช่อง และจักรพรรดิ เท่ากับ 12,859.19 และ 9,867.59 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ เมื่อเทียบกับระยะการตัดทุก 45 120 180 และ 360 วัน ดังตารางที่ 9

ใน อ. กำแพงแสน พบว่า ระยะการตัดทุก 120 วัน หรือจำนวนการตัด 3 ครั้งต่อปี ให้กำไรต่อปีมากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะการตัดทุก 45 90 180 และ 360 วัน โดยพื้นที่บ้านท่าเทือกให้กำไรต่อปีมากที่สุด

เท่ากับ 22,273.77 บาท/ไร่/ปี รองลงมาได้แก่ พันธุ์จักรพรรดิ และเกษตรศาสตร์ เท่ากับ 13,938.20 และ 12,019.62 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ ดังตารางที่ 10

ขณะที่ อ. สี่คิ้ว พบว่า ระยะการตัดทุก 90 วัน หรือจำนวนการตัด 4 ครั้งต่อปี ให้กำไรต่อปีมากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะการตัดทุก 45 120 180 และ 360 วัน โดยพันธุ์ปากช่องให้กำไรต่อปีมากที่สุด เท่ากับ 76,406.31 บาท/ปี รองลงมาได้แก่ พันธุ์สุราษฎร์ และยักษ์ เท่ากับ 70,715.13 และ 66,972.93 บาท/ปี ตามลำดับ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และกำไรจากการผลิตเหู้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะเวลาตัด 45 90 120 180 และ 360 วัน ณ อ.

พนมทวน จ. กาญจนบุรี

[illegible]

ผลตอบแทนรวม/รุ่น	2,842.13	5,843.33	4,835.70	7,252.88	7,760.25	7,130.55	7,239.68	9,333.23	7,317.98
ต้นทุนการผลิต/ปี	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55
ผลตอบแทนรวม/ปี	8,526.38	17,529.98	14,507.10	21,758.63	23,280.75	21,391.65	21,719.03	27,999.68	21,953.93
กำไร/รุ่น	- 1,130.06	1,871.14	863.52	3,280.69	3,788.07	3,158.37	3,267.49	5,361.04	3,345.79
กำไร/ปี	- 3,390.18	5,613.42	2,590.55	9,842.07	11,364.20	9,475.10	9,802.47	16,083.12	10,037.37

180 วัน

ผลผลิต/รุ่น	4,923.10	8,735.50	9,075.00	7,782.80	7,683.80	12,465.60	8,297.10	12,692.50	5,259.80
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	3,692.33	6,551.63	6,806.25	5,837.10	5,762.85	9,349.20	6,222.83	9,519.38	3,944.85
ต้นทุนการผลิต/ปี	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90
ผลตอบแทนรวม/ปี	7,384.65	13,103.25	13,612.50	11,674.20	11,525.70	18,698.40	12,445.65	19,038.75	7,889.70
กำไร/รุ่น	- 1,497.63	1,361.67	1,616.30	647.15	572.90	4,159.25	1,032.87	4,329.42	- 1,245.10
กำไร/ปี	- 2,995.25	2,723.35	3,232.60	1,294.30	1,145.80	8,318.50	2,065.75	8,658.85	- 2,490.20

360 วัน

ผลผลิต/รุ่น	5,289.50	13,036.70	4,686.50	9,467.00	10,677.30	13,616.30	6,288.60	17,635.50	8,998.20
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	3,967.13	9,777.53	3,514.88	7,100.25	8,007.98	10,212.23	4,716.45	13,226.63	6,748.65
ต้นทุนการผลิต/ปี	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25
ผลตอบแทนรวม/ปี	3,967.13	9,777.53	3,514.88	7,100.25	8,007.98	10,212.23	4,716.45	13,226.63	6,748.65
กำไร/รุ่น	- 4,876.13	934.27	-5,328.38	- 1,743.00	- 835.28	1,368.97	- 4,126.80	4,383.37	-2,094.60
กำไร/ปี	- 4,876.13	934.27	-5,328.38	- 1,743.00	- 835.28	1,368.97	- 4,126.80	4,383.37	-2,094.60

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และกำไรจากการผลิตหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะการตัด 45 90 120 180 และ 360 วัน ณ อ.

กำแพงแสน จ. นครปฐม

ระยะตัด	เกษตรศาสตร์	สุราษฎร์	มวกเหล็ก	ยักษ์	ธรรมดา	ทิปตัน	ปากช่อง1	บ้านป่า	จักรพรรดิ
ตร์									
45 วัน									
ผลผลิต/ไร่	2,160.90	2,143.80	2,593.20	2,627.00	2,927.7	2,449.90	2,444.30	2,648.80	2,968.80
ต้นทุนการผลิตรวม/ไร่	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42	2,754.42
ผลตอบแทนรวม/ไร่	1,620.68	1,607.85	1,944.90	1,970.25	2,195.78	1,837.43	1,833.23	1,986.60	2,226.60
ต้นทุนการผลิต/ปี	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51	16,526.51
ผลตอบแทนรวม/ปี	9,724.05	9,647.10	11,669.40	11,821.50	13,174.65	11,024.55	10,999.35	11,919.60	13,359.60
กำไร/ไร่	-1,133.74	-1,146.57	- 809.52	- 784.17	- 558.64	- 916.99	- 921.19	- 767.82	- 527.82
กำไร/ปี	-6,802.46	-6,879.4	- 4,857.11	- 4,705.01	- 3,351.86	- 5,501.96	- 5,527.16	- 4,606.91	- 3,166.91
90 วัน									
ผลผลิต/ไร่	5,832.10	7,442.90	4,594.30	7,587.90	7,030.2	5,105.20	8,569.10	7,606.90	8,181.40
ต้นทุนการผลิตรวม/ไร่	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30	3,363.30
ผลตอบแทนรวม/ไร่	4,374.08	5,582.18	3,445.73	5,690.93	5,272.65	3,828.90	6,426.83	5,705.18	6,136.05
ต้นทุนการผลิต/ปี	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21	13,453.21
ผลตอบแทนรวม/ปี	17,496.30	22,328.7	13,782.90	22,763.70	21,090.60	15,315.60	25,707.30	22,820.70	24,544.20
กำไร/ไร่	1,010.77	2,218.87	82.42	2,327.62	1,909.35	465.60	3,063.52	2,341.87	2,772.75
กำไร/ปี	4,043.09	8,875.49	329.69	9,310.49	7,637.39	1,862.39	12,254.09	9,367.49	11,090.99
120 วัน									
ผลผลิต/ไร่	10,638.30	10,021.90	9,163.60	9,097.60	9,929.7	9,968.80	9,212.80	15,195.70	11,491.00

ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18	3,972.18
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	7,978.73	7,516.43	6,872.70	6,823.20	7,447.28	7,476.60	6,909.60	11,396.78	8,618.25
ต้นทุนการผลิต/ปี	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55	11,916.55
ผลตอบแทนรวม/ปี	23,936.18	22,549.2	20,618.10	20,469.60	22,341.83	22,429.80	20,728.80	34,190.33	25,854.75
กำไร/รุ่น	4,006.54	3,544.24	2,900.52	2,851.02	3,475.09	3,504.42	2,937.42	7,424.59	4,646.07
กำไร/ปี	12,019.62	10,632.72	8,701.55	8,553.05	10,425.27	10,513.25	8,812.25	22,273.77	13,938.20
180 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	8,406.60	10,375.6	8,006.60	13,466.60	10,643.6	12,810.20	10,435.40	12,991.40	1,9097.10
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95	5,189.95
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	6,304.95	7,781.70	6,004.95	10,099.95	7,982.70	9,607.65	7,826.55	9,743.55	14,322.83
ต้นทุนการผลิต/ปี	10,379.90	10,379.9	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90	10,379.90
ผลตอบแทนรวม/ปี	12,609.90	15,563.4	12,009.90	20,199.90	15,965.40	19,215.30	15,653.10	19,487.10	28,645.65
กำไร/รุ่น	1,115.00	2,591.75	815.00	4,910.00	2,792.75	4,417.70	2,636.60	4,553.60	9,132.87
กำไร/ปี	2,230.00	5,183.50	1,630.00	9,820.00	5,585.50	8,835.40	5,273.20	9,107.20	18,265.75
360 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	7,015.40	11,696.90	5,351.60	26,362.00	7,459.90	11,532.30	9,857.90	16,948.20	15,157.10
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	5,261.55	8,772.68	4,013.70	19,771.50	5,594.93	8,649.23	7,393.43	12,711.15	11,367.83
ต้นทุนการผลิต/ปี	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25	8,843.25
ผลตอบแทนรวม/ปี	5,261.55	8,772.68	4,013.70	19,771.50	5,594.93	8,649.23	7,393.43	12,711.15	11,367.83
กำไร/รุ่น	-3,581.70	-70.58	- 4,829.55	10,928.25	- 3,248.33	- 194.03	- 1,449.83	3,867.90	2,524.57
กำไร/ปี	-3,581.70	- 70.58	- 4,829.55	10,928.25	- 3,248.33	- 194.03	- 1,449.83	3,867.90	2,524.57

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และกำไรจากการผลิตหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะการตัด 45 90 120 180 และ 360 วัน ณ อ. สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

ระยะตัด	เกษตรศาสตร์	สุราษฎร์	มหะ	ชัย	ธรรมดา	ทิปตัน	ปากช่อง1	บ้านนา	จักรพรรดิ
ร	ร								
45 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	6,255.30	4,399.00	2,079.80	3,897.30	8,234.60	3,782.20	5,324.90	3,925.20	4,344.40
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05	4,116.05
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	10,321.25	7,258.35	3,431.67	6,430.55	13,587.09	6,240.63	8,786.09	6,476.58	7,168.26
ต้นทุนการผลิต/ปี	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28	24,696.28
ผลตอบแทนรวม/ปี	61,927.47	43,550.10	20,590.02	38,583.27	81,522.54	37,443.78	52,716.51	38,859.48	43,009.56
กำไร/รุ่น	6,205.20	3,142.30	- 684.38	2,314.50	9,471.04	2,124.58	4,670.04	2,360.53	3,052.21
กำไร/ปี	37,231.19	18,853.82	- 4,106.26	13,886.99	56,826.26	12,747.50	28,020.23	14,163.20	18,313.28
90 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	4,937.40	13,854.60	4,903.80	13,287.60	10,760.10	10,918.10	14,716.90	13,228.10	11,547.40
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31	5,181.31
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	8,146.71	22,860.09	8,091.27	21,924.54	17,754.17	18,014.87	24,282.89	21,826.37	19,053.21
ต้นทุนการผลิต/ปี	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23	20,725.23
ผลตอบแทนรวม/ปี	32,586.84	91,440.36	32,365.08	87,698.16	71,016.66	72,059.46	97,131.54	87,305.46	76,212.84
กำไร/รุ่น	2,965.40	17,678.78	2,909.96	16,743.23	12,572.86	12,833.56	19,101.58	16,645.06	13,871.90
กำไร/ปี	11,861.61	70,715.13	11,639.85	66,972.93	50,291.43	51,334.23	76,406.31	66,580.23	55,487.61
120 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	6,297.00	16,818.50	9,177.50	13,855.50	17,085.80	8,929.50	16,225.70	6,996.58	12,445.00

ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57	6,246.57
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	10,390.05	27,750.53	15,142.88	22,861.58	28,191.57	14,733.68	26,772.41	11,544.36	20,534.25
ต้นทุนการผลิต/ปี	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71	18,739.71
ผลตอบแทนรวม/ปี	31,170.15	83,251.58	45,428.63	68,584.73	84,574.71	44,201.03	80,317.22	34,633.08	61,602.75
กำไร/รุ่น	4,143.48	21,503.96	8,896.31	16,615.01	21,945.00	8,487.11	20,525.84	5,297.79	14,287.68
กำไร/ปี	12,430.44	64,511.87	26,688.92	49,845.02	65,835.00	25,461.32	61,577.51	15,893.37	42,863.04
180 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	8,635.18	5,593.60	12,138.50	3,742.50	12,854.50	12,061.90	11,693.40	12,674.20	21,122.20
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09	8,377.09
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	14,248.05	9,229.44	20,028.53	6,175.13	21,209.93	19,902.14	19,294.11	20,912.43	34,851.63
ต้นทุนการผลิต/ปี	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18	16,754.18
ผลตอบแทนรวม/ปี	28,496.09	18,458.88	40,057.05	12,350.25	42,419.85	39,804.27	38,588.22	41,824.86	69,703.26
กำไร/ปี	5,870.95	852.35	11,651.43	- 2,201.97	12,832.83	11,525.04	10,917.02	12,535.34	26,474.54
กำไร/ปี	11,741.91	1,704.70	23,302.87	- 4,403.93	25,665.67	23,050.09	21,834.04	25,070.68	52,949.08
360 วัน									
ผลผลิต/รุ่น	9,723.08	5,361.10	12,034.90	4,586.60	8,563.80	7,549.10	8,202.20	9,639.50	10,246.10
ต้นทุนการผลิตรวม/รุ่น	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66
ผลตอบแทนรวม/รุ่น	16,043.08	8,845.82	19,857.59	7,567.89	14,130.27	12,456.02	13,533.63	15,905.18	16,906.07
ต้นทุนการผลิต/ปี	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66	14,768.66
ผลตอบแทนรวม/ปี	16,043.08	8,845.82	19,857.59	7,567.89	14,130.27	12,456.02	13,533.63	15,905.18	16,906.07
กำไร/รุ่น	1,274.42	- 5,922.84	5,088.93	- 7,200.77	- 638.39	- 2,312.64	- 1,235.03	1,136.52	2,137.41
กำไร/ปี	1,274.42	- 5,922.84	5,088.93	- 7,200.77	- 638.39	- 2,312.64	- 1,235.03	1,136.52	2,137.41

ที่มา: จากการคำนวณ

จากผลการวิจัยศึกษาระยะเวลาการตัดหญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์ ที่ระยะการตัดทุก 45 90 120 180 และ 360 วัน ใน 3 พื้นที่ สามารถประเมินได้ว่า ในพื้นที่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) มีต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ต่อปี ผลตอบแทนรวมต่อไร่ต่อปี และกำไรรวมต่อไร่ต่อปี มากกว่าในพื้นที่เขตภาคกลาง (อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม) ในเขตพื้นที่ภาคกลางการเก็บเกี่ยวผลผลิตหญ้าเพื่อให้ได้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุดสามารถกระทำได้ 2 ระยะการตัด กล่าวคือ ตัดหญ้าทุก 90 วันหรือจำนวน 4 ครั้งต่อปี ใน อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และตัดทุก 120 วันหรือจำนวน 3 ครั้งต่อปี ใน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ขณะที่พื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) การตัดทุก 120 วัน ให้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุด

บทที่ 8

สรุป และข้อเสนอแนะ

การเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ของพันธุ์ทดสอบทั้ง 9 พันธุ์ขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมและควบคุมโดยสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลกับผลผลิตหญ้าเนเปียร์มากที่สุด คือ ปริมาณน้ำฝน และพลังงานศักย์ของน้ำหรือระดับความชื้นของน้ำในดิน

ในช่วงที่ศึกษา พื้นที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนและมีปริมาณน้ำชุ่มในดินที่หญ้าเนเปียร์สามารถดึงไปใช้ง่ายมากที่สุด ทำให้มีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด โดยเฉพาะพันธุ์ที่ต้องการน้ำมากและไม่ทนแล้ง เช่น บาน่า จักรพรรดิ และสุราษฎร์ พื้นที่ให้ผลผลิตรองลงมาคือ อ.สีคิ้ว และ อ.พนมทวน (ตารางที่ 8.1) โดยศักยภาพการให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศพืช โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลัก

ตารางที่ 8.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พ.ศ. 2557-2558 และผลผลิตหญ้าเนเปียร์ของพื้นที่ 3 แห่ง

ข้อมูล	นครราชสีมา	กาญจนบุรี	นครปฐม
ปริมาณน้ำฝน (มม.)	311	83	866
พันธุ์ที่ให้ผลผลิตแห้งสูงสุด (ผลผลิตเฉลี่ย, กก./ไร่)	ยักษ์ บาน่า จักรพรรดิ 6,815.7 -7,194.8	บาน่า 7,385.1	สุราษฎร์ บาน่า จักรพรรดิ 7,091.6-7,493.5

หญ้าเนเปียร์สามารถจัดกลุ่มตามความสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งและน้ำขังได้ ดังนี้ 1) พันธุ์ทนแล้ง ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ และพันธุ์ธรรมดา 2) พันธุ์ทนแล้งปานกลาง ได้แก่ พันธุ์มวกเหล็ก และยักษ์ 3) พันธุ์ไม่ทนแล้ง ได้แก่ พันธุ์ปากช่อง 1 ทิพตัน บาน่า และจักรพรรดิ 4) พันธุ์อ่อนแอต่อสภาพแล้ง ได้แก่ พันธุ์สุราษฎร์ 5) ทนน้ำท่วมขังหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ ได้แก่ พันธุ์ปากช่อง 1 และ 6) พันธุ์ทนน้ำท่วมขังปานกลาง ได้แก่ พันธุ์บาน่า ทิพตัน และธรรมดา (ตารางที่ 8.2)

ตารางที่ 8.2 พันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ต่าง ๆ

สภาพพื้นที่	พันธุ์หญ้าเนเปียร์
1. พันธุ์ทนแล้ง	พันธุ์เกษตรศาสตร์ และพันธุ์ธรรมดา
2. พันธุ์ทนแล้งปานกลาง	พันธุ์มวกเหล็ก และยักษ์
3. พันธุ์ไม่ทนแล้ง	พันธุ์ปากช่อง 1 ทิพตัน บาน่า และจักรพรรดิ
4. พันธุ์อ่อนแอต่อสภาพแล้ง	พันธุ์สุราษฎร์
5. หน่น้ำท่วมขังหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ	พันธุ์ปากช่อง 1
6. พันธุ์ทนน้ำท่วมขังปานกลาง	พันธุ์บาน่า ทิพตัน และธรรมดา

ดังนั้น ควรเลือกพันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำฝน ความถี่/การทิ้งช่วงของฝน และปริมาณน้ำในดินเป็นหลัก เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตหญ้าเนเปียร์ในการผลิตพลังงานทดแทนหรือเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไปในอนาคต

มีความสัมพันธ์ของลักษณะทนแล้งกับคุณภาพชีวมวล เช่น เฮมิเซลลูโลส จึงสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้สำหรับการพัฒนาพันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้มีความทนแล้ง สามารถให้ผลผลิตและมีคุณภาพชีวมวลที่สูงขึ้นต่อไปในอนาคต

ความสามารถในการให้ผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อระดับน้ำในดินได้แตกต่างกัน (ตารางที่ 8.3) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับความต้องการน้ำ คือ กลุ่มแรกมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง (Kc) ได้แก่ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 พันธุ์ยักษ์ พันธุ์จักรพรรดิ พันธุ์สุราษฎร์ และพันธุ์มวกเหล็ก กลุ่มที่สองมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำปานกลาง ได้แก่ พันธุ์ธรรมดา และพันธุ์บาน่า และกลุ่มที่สามมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำต่ำ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ และพันธุ์ทิพตัน หญ้าเนเปียร์ 9 พันธุ์มีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) อยู่ในช่วง 1.35–2.50 g/L แตกต่างกัน โดยพบว่า พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำก็สูงตามไปด้วย ซึ่งค่า Kc ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในการกำหนดปริมาณการให้น้ำของหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในเขตพื้นที่ต่างๆ ในประเทศได้ต่อไป

ตารางที่ 8.3 ระดับความต้องการน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้ของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ต่างๆ

ระดับความต้องการ น้ำ	ค่า Kc	ปริมาณการใช้ น้ำ (มม./วัน) ระยะ 60 วัน	พันธุ์หญ้าเนเปียร์
1. มีค่าสัมประสิทธิ์ การใช้น้ำสูง	1.70 -1.83	785-840	พันธุ์ปากช่อง 1 ยักษ์ จักรพรรดิ สุราษฎร์ และมวกเหล็ก
2. มีค่าสัมประสิทธิ์ การใช้น้ำปานกลาง	1.65 -1.68	767-776	พันธุ์ธรรมดา และบาน่า
3. มีค่าสัมประสิทธิ์ การใช้น้ำต่ำ	1.38	623-642	พันธุ์เกษตรศาสตร์ และทิฟตัน

พันธุ์ และระยะเวลาความถี่ในการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลร่วมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น (หรือมีความถี่ในการเก็บเกี่ยวน้อย) มีผลให้ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณผลผลิตหญ้าต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นสำคัญ หญ้าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแห้งต่อพื้นที่และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) สูง แต่มีปริมาณ lignin ต่ำสามารถให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ได้สูง โดยหญ้าพันธุ์บาน่าให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุด 2,235.23 $\text{m}^3/\text{ไร่/ปี}$ เมื่อเก็บเกี่ยวครั้งเดียวที่ระยะ 360 วัน (ตารางที่ 8.4) รองลงมาคือพันธุ์ทิฟตันให้ผลผลิตก๊าซมีเทน 2,199.56 $\text{m}^3/\text{ไร่/ปี}$ ถัดมาคือพันธุ์สุราษฎร์ ให้ผลผลิตก๊าซมีเทน 2111.04 $\text{m}^3/\text{ไร่/ปี}$ เมื่อเก็บเกี่ยวครั้งเดียวที่ระยะ 360 วัน เช่นเดียวกันทั้งสองพันธุ์ ขณะที่พันธุ์ที่มีการย่อยได้ทั้งหมดสูงสุด แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำ เช่น พันธุ์เกษตรศาสตร์ และมวกเหล็ก ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่ำที่สุด เมื่อตัดทุก ๆ 45 วัน ซึ่งให้ก๊าซมีเทน 431.78 และ 259.51 $\text{m}^3/\text{ไร่/ปี}$

ตารางที่ 8.4 ผลผลิตก๊าซมีเทนเฉลี่ยของหญ้าเนเปียร์จำนวน 9 พันธุ์ เมื่อเก็บเกี่ยวที่ความถี่ 5 ระยะ

Cultivar	CH ₄ production (m ³ /rai/year)					mean
	45	90	120	180	360	
Kasetsart	431.78	486.52	770.34	1011.29	1009.73	741.93
Surat	554.12	863.12	1662.52	1492.41	2111.04	1,336.64
Muaklek	259.51	2178.95	1040.58n	1512.03	807.08	1,159.63
King	411.72	711.41	1574.63	1247.90	1732.47	1,135.63
Common	579.27	914.15	1,681.40	1,164.33	1,666.93	1,201.21
Tifton	544.30	788.69	1,474.86	2,004.09	2,199.56	1,402.30
Pakchong1	342.27	1,004.38	1,394.03	1,160.87	879.51	956.21
Bana	921.76	1,761.95	1,861.50	1,735.94	2,235.23	1,703.27
Chakapat	391.01 mn	1,360.85	1,613.36	875.55	1,626.15	1,173.39
mean	492.86	1118.89	1452.58	1356.05	1585.30	

การปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) มีต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ต่อปี ผลตอบแทนรวมต่อไร่ต่อปี และกำไรรวมต่อไร่ต่อปี มากกว่าในพื้นที่เขตภาคกลาง (อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม) ในเขตพื้นที่ภาคกลางการเก็บเกี่ยวผลผลิตหญ้าเพื่อให้ได้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุดสามารถกระทำได้ 2 ระยะการตัด กล่าวคือ ตัดหญ้าทุก 90 วันหรือจำนวน 4 ครั้งต่อปี ใน อ. พนมทวน จ. กาญจนบุรี และตัดทุก 120 วันหรือจำนวน 3 ครั้งต่อปี ใน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ขณะที่พื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือ (อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา) การตัดทุก 120 วันให้กำไรต่อไร่ต่อปีมากที่สุด

จากผลการศึกษา ยังชี้ให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์สามารถเป็นพืชพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่เสื่อมโทรม และยังให้ชีวมวลที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นพลังงานได้หลายประเภท หากเลือกพันธุ์และวิธีการจัดการพืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

อย่างไรก็ตาม แนวทางในการผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนทั้งในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรมให้ได้ตลอดปีในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ ต้องควรมีการพิจารณาศึกษาวิจัยการจัดการน้ำชลประทาน และจัดการดินที่อย่างแม่นยำเหมาะสมต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ และเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุดิบชีวมวลจากหญ้าเนเปียร์สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้บรรลุตามเป้าหมายของนโยบายการเพิ่มปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนของประเทศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2553. พืชอาหารสัตว์พันธุ์ดี. สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์
กรุงเทพ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2556) สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม, 2556, จาก
<http://webkc.dede.go.th/webmax/sites/default/files>

กรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2556. มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 1
สิงหาคม, 2556, จาก <http://www.eppo.go.th/nepc/kpc/kpc-145.html>

จักรพันธ์ หมั่นจี. 2553. การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกร โดยการย่อยสลายร่วมกับหญ้าเนเปียร์
และเศษอาหารโดยถังปฏิกรณ์เอเอสปีอาร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิญาณี แสงศรี นุชรา สีนบัวทอง² สุชาติ เหลืองประเสริฐ³ และ สุริยะ สะวานนท์. 2557. การผลิตก๊าซ
ชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์โดยการหมักร่วมกับมูลโค. การประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 13 วันที่
26-28 มีนาคม 2557

ธนสิทธิ์ เหล่าประเสริฐ. 2554. กรมปศุสัตว์หนุนปลูกเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าอาหารสัตว์ใหม่. เทคโนโลยี
ชาวบ้าน 23(506): 86-88.

ยุวดี แสงศิลป์ สุริยะ สะวานนท์ สุชาติ เหลืองประเสริฐ และ นุชรา สีนบัวทอง. 2557. การผลิตก๊าซ
มีเทนจากหญ้าเนเปียร์โดยการหมักแบบสองขั้นตอน. การประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 13
วันที่ 26-28 มีนาคม 2557

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. 2556. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม, 2556, จาก [http://cstr-](http://cstr-grasses.erd.or.th/index.php#)
[grasses.erd.or.th/index.php#](http://cstr-grasses.erd.or.th/index.php#)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. 2557. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2557. จาก [http://cstr-](http://cstr-grasses.erd.or.th/index.php#)
[grasses.erd.or.th/index.php#](http://cstr-grasses.erd.or.th/index.php#)

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน: การผลิตและการจัดการ. กรุงเทพฯ. ภาควิชาพืชไร่นา
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริกร อนันต์เตา นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ และพิชิต พงษ์สกุล. 2550. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการดูดซึมโลหะหนักจากดินเหมืองแร่สังกะสีของแฟกส์แหล่งพันธ์. วารสารดินและปุ๋ย. 29: 60–71

สืบสกุล อยู่อินทร์พรหม, พฤกษ์ อักกะรังสี, ปฎิรูป ผลจันทร์, พิชยา สวอยสม. 2555. ผลของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนและเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมทั้งหมดต่ออัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ปากช่องหนึ่ง. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3 วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2557. ก๊าซชีวภาพ. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2557. จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%B2%E0%B8%8B%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E>

ศูนย์บริการข้อมูลโครงการศึกษา วิจัย ต้นแบบวิสาหกิจชุมชนพลังงานสีเขียวจากพืชพลังงาน (ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน). 2556. คู่มือการลงทุนโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., Pascual, J.A., 1996, Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials, *Biores. Tech.*, 57, pp.251–257.

Brejda, J.J. 2000. Fertilization of native warm-season grasses. p. 177– 200. *In* K.J. Moore and B. Anderson (ed.) *Native warm-season grasses: Research trends and issues*. CSSA Spec. Publ. 30. CSSA. and ASA, Madison, WI.

Chen, Y., Aviad, T., 1990, Effect of humic substances on plant growth. *In* *Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Reading*, ed. P. MacCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm & P.R. Bloom. Soil. Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA, pp.161–186.

Cosgrove, D.R. and M. Collins. 2003. Forage establishment. *In* R.F. Barnes, C. J. Nelson, M. Collins, and K.J. Moore (eds.) *Forages, Vol. I. An Introduction to Grassland Agriculture*. P. 239–261. Iowa State Press. Ames, IA.

- Fernandez, A. Sanchez, A., Font, X 2005. Anaerobic co-digestion of a simulated organic fraction of municipal solid wastes and fats of animal and vegetable origin. *Biochemical Engineering Journal*, 26: 22–28.
- Genevini, P.L., Adani, F., Veeken, A.H.M., Nierop, K.G.J., Scaglia, B., Digkema, C. 2002, Qualitative modification of humic acid substances, PUDOC, Wageningen, NL, pp.13–18.
- Gunaseelan V.N. (1997) Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review. *Biomass & Bioenergy*, **13**, 83 – 114.
- Haghiri, F. (1973). Cadmium uptake by plants. *J. Environ. Qual.* 2: 93–95.
- Heo, N.H., Park, S.C., Lee, J.S., Kang, H. and Park, D.H. 2003. Single-stage anaerobic codigestion for mixture wastes of simulated Korean food and waste and waste activated sludge. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 105–108.
- Hoshino, M. 1975. Studies on the Tropical Forage Crop in Thailand. Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Agricultural and Forestry, Japan.
- Ishii, y., Hamano, K., Kang, D.J., Kannika, R., Idota, S., Fukuyama, K and Nishiwaki, A. (2013). C4–Napier grass Cultivation for Cadmium Phytoremediation Activity and Organic Livestock Farming in Kyushu, Japan. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 3. 321–330.
- Jones M.B. and Lazenby A. (1988) *The Grass Crop. The Physiological Basis of Production*. London: Chapman and Hall.
- Kannika Rengsirikul, Yasuyuki Ishii, Kunn Kangvansaichol, Prapa Sripichitt, Vittaya Punsuvon, Pilanee Vaithanomsat, Ganda Nakamanee, Sayan Tudsri. 2013. Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) Harvested 3–Monthly in Central Thailand. *J. Sustainable Bioen Systems*. 3 (2): 2013.
- Kannika, R., Yasuyuki, I., Kunn, K., Pichit, P., Prapa, S., Vittaya P., Pilanee, V., Ganda, N., Sayan, T. (2011) Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland Science*, 57:135–141.

- Koopmans, G.F., Romkens, P.F., Fokkema, M.J., Song, J., Luo, Y.M., Japenga, J., and Zhao, F.J. (2008). Feasibility of phytoextraction to remediate cadmium and zinc contaminated soils. *Environ. Pollut.* 156: 905–914.
- Lehtomäki, A. 2006. *Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues*. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Lehtomäki A., T.A. Viinikainen, J.A. Rintala. 2008. Screening boreal energy crops and crop residues for methane biofuel production *Biomass Bioenergy*, 32: 541–550.
- Li, J.T., Baker, A.J.M., Ye, Z.H., Wang, H.B., and Shu, W.S (2012). Phytoextraction of Cd-contaminated soils: Current status and future challenges. *Critical reviews in Environmental Science and Technology*. 42:2113–2152.
- Liu, X., Shen, Y., Lou, L., Ding, C., and Cai, Q. (2009) Copper tolerance of the biomass crops elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach), vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and the upland reed (*Phragmites australis*) in soil culture, *Biotechnology Advances*. 27: 633–640.
- Moore, K.J., L.E. Moser, K.P. Vogel, S.S. Waller, B.E. Johnson and J.F. Pedersen. 1991. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.* 83: 1073–1077.
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreno, A.M., Aguirre, E., Garnica, M., Fuentes, M., Garcia-Mina, J.M. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinin, polyamines and mineral nutrients, *J. Plant Physiology*, 167, pp.633–642.
- Murakami, M., Ae, N., and Ishikawaa, S. (2007). Phytoextraction of cadmium by rice (*Oryza sativa* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), and maize (*Zea mays* L.). *Environ. Pollut.* 145: 96–103.
- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., Mucolo, A., 2009, Biological activities of humic substances, In: Seni. N., Xing, B., Huang, P.M., (Eds.), *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, Wiley, New Jersey, USA, pp.305–340.
- Nardi, S., Pizzeghello, A., Muscolo, A., Vianello, A., 2002, Physiological effects of humic substances on higher plants, *Soil Biol. Biochem.*, 34, pp.1527–1536.

- Nelson, C. J. and L. E. Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser (Ed.). Forage Quality, Evaluation, and Utilization. pp. 115–154. Am. Soc. Agronomy, Crop Sci. Am., Soil Sci. Soc. Am., Madison.
- Ortega, R., Fernandez, M., 2007, Agronomic evaluation of liquid humus derived from earthworm humic substances. J. Plant Nutri., 30, pp.2091–2104.
- Overman, A.R. 1995. Rational basis for the logistic model for forage grasses. J. Plant Nutrition. 18: 995–1012.
- Piccolo, A. and Mirabella, A., 1987, Molecular weight distribution of peat humic substances extracted with different inorganic and organic solution, Sci. Total Environ., 62: 39–46.
- Piccolo, A., 1988, Characteristics of soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solvents and purified by HCl–HF treatment, Soil Sci., 146, pp.418–426.
- Pranot Mani-in and Pitipong Thobunluepop. 2014. Growth Biomass and Biomass Production of Seven Tropical Grasses under Different Crop Spacing. In The 7th Joint Graduate Student Seminar on March 8th –9th , Baan Suan Resort Juree Pun Suk, Supanburi.
- Rozenbaha, I., Odham, G., Jarberg, Uif., Aslberg, T., Klavins, M., 2002, Characterization of humic acid substances by acid catalysed transesterification, Anal. Chim. Acta, 452, pp.105–114.
- S. Ketkamalas, “Effect of Variety and Cutting Stage on Yield and Nutritive Value of Napier Silage,” M.Sc. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 2006 (in Thai).
- Sanderson, M.A., G.E. Brink, K. Higgins, and D. Naugle. 2004. Alternative uses of warm-season grasses. p. 389–416. In: Moser, L.E., B.L. Burson, and L.E. Sollenberger (ed.) Warmseason (C4) grasses. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Schnitzer, M., Schuppi, P., 1989, Method for the sequential extraction of organic matter from soils and soil fractions. Soil Sci. Soc. Am. J., 53, pp.1418–1424.
- Schulten, H.–R., 1995, The three-dimension structure of humic substances and soil organic matter studied computational chemistry, Fr.J.Anal.Chem., 351, 62–73.

- Schwarzenbach, R.P., Gschwend, P.M., Imboden, D.M., 1993, Environmental organic chemistry, John Wiley & Sons Inc.
- Sheoran, V., Sheoran, A. S. and Poonia, P. (2010). Role of Hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 41:168–214.
- Smeets, K., Ruytinx, J., Semane, B., van Belleghem, F., Remans, T., van Sanden, S., Vangronsveld, J., and Cuypers, A. (2008). Cadmium-induced transcriptional and enzymatic alterations related to oxidative stress. *Environ. Exp. Bot.* 63: 1–8.
- Stewart D.J., Bogue M.J. and Badger D.M. (1984) Biogas production from crops and organic wastes. 2. Results from continuous digestion tests. *New Zealand Journal of Science*, **27**, 285 – 294.
- Stevenson, E.J., 1994, Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions, Wiley–Interscience, New York.
- Stevenson, F.K., 1982, Extraction , fractionation, and general chemical composition of soil organic matter, In: Stevenson, F.J. (Ed.), Humus chemistry, A Wiley–Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, pp.26–53.
- Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor, and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671–677.
- Triolo, J.M., Sommer, S.G., Møller, H.B., Weisbjerg, M.R., Jiang, X.Y., 2011. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignin concentration on methane production potential. *Bioresour. Technol.* 102, 9395–9402.
- Vicente–Chandler, J. 1974. Fertilization of humid tropical grasslands. In: MAYS, D.A. (Ed.) Forage fertilization. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p.277–300.
- Waramit, N., Moore, K.J., Heggenstaller, A.H., 2011. Composition of Native Warm–Season Grasses for Bioenergy Production in Response to Nitrogen Fertilization Rate and Harvest Date. *Agronomy Journal* 103, 655–662.

- Waramit, Naroon, Kenneth J. Moore, and Steven L. Fales. 2012. Forage quality of native warm-season grasses in response to nitrogen fertilization and harvest date. *Animal Feed Science and Technology* 174:46–59.
- Zayed, A., Gowthaman, S., and Terry N. (1998) Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *J Environ Qual.* 27:715–21.