อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

วนิดา ปัญญา

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

วนิดา ปัญญา

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโต
ของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty)
ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและ
รณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

วนิดา ปัญญา

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส สังพาลี)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

ชื่อผู้เขียน นางสาววนิดา ปัญญา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส สังพาลี

บทคัดย่อ

หญ้าแฝก (*Vetiveria* sp.) เป็นพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเฉพาะการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ตลอดจนการปรับปรุงบำรุงดินมาอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันจำเป็นจะต้องใช้กล้าหญ้าแฝกจำนวนมาก ดังนั้นในการขยายพันธุ์หรือการเพิ่มปริมาณกล้าเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญเป็นอันดับแรก การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก และศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโต ของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา ดำเนินการในช่วงเดือนมกราคม – กรกฎาคม 2566 ในพื้นที่ของศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ที่ความสูง 1,080 เมตรจากระดับน้ำทะเล ใช้กล้าแฝกอายุ 4 เดือน ปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ทำการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น กำหนดให้น้ำ 3 ระดับ เท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 เท่าของค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETo) หรือคิดเป็น 2.1 (w1), 2.6 (w2) และ 3.1 (w3) ลิตรต่อวัน ตามลำดับ ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 1 (s1), 2 (s2) และ 3 (s3) หน่อต่อกระถาง รวมทั้งหมด 9 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ บันทึกการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก นับจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูง และวัดขนาดความโตคอราก ทุก ๆ 15 วันหลังปลูก วิเคราะห์ข้อมูลโดยทดสอบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่ได้ วิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญเติบโตของจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูง และขนาดความโตคอราก วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตของการเพิ่มจำนวนหน่อ และจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก ทำการปรับเส้นโค้งในรูปแบบ nonlinear parametric curves โดยใช้โปรแกรม R Package sicegar และ FlexParamCurve และศึกษาความสัมพันธ์โดยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

ผลการศึกษาการพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ พบว่าปริมาณการจ่ายน้ำด้วยระบบ

อัตโนมัติตามระยะเวลา มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในด้านการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่อายุ 180 วันหลังปลูก พบว่าจำนวนหน่อ จำนวนใบ และความสูงเฉลี่ยต่อกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ขนาดความโตคอรากเฉลี่ย พบว่าการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้จำนวน 2 และ 3 หน่อเริ่มปลูก โดยมีขนาดความโตคอรากเฉลี่ย เท่ากับ 13.8 มิลลิเมตร ส่วนรูปแบบการเจริญเติบโตของการเพิ่มจำนวนหน่อ และจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูกเป็นแบบ Logistic curve เมื่อพิจารณาค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (exponential) อย่างรวดเร็ว และค่าประมาณการเจริญเติบโตสูงสุด (asymptote) พบว่า การให้น้ำอัตรา 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตเหมาะสมที่สุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหน่อและจำนวนใบในทุกกรรมวิธีอยู่ในระดับมากและเป็นไปในทิศทางเชิงบวก โดยจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกเพื่อเพิ่มจำนวนหน่อในการขยายพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ : อัตราการให้น้ำ, ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ, รูปแบบการเจริญเติบโต

Title IRRIGATION RATES AND NUMBERS OF INITIAL TILLER ON THE GROWTH PATTERN OF VETIVER (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) UNDER THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM IN THE DEVELOPMENT AND PROMOTION OF THE UTILIZATION OF VETIVER IN FORESTRY DEMONSTRATION CENTER NO.1 CHIANG MAI PROVINCE

Author Miss Wanida Panya

Degree Master of Science in Geosocial Based Sustainable Development

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Witchaphart Sungpalee

ABSTRACT

Vetiver grass (*Vetiveria* sp.) can be used for conserving soil and water particularly on the prevention of soil erosion. Thire for, it is necessary to use large quantity of seedling. Thus, vetiver propagation is the first important step for an increase in an amount of seedlings. This study aimed to investigate and develop an automated irrigation system for the production of vetiver seedlings. Also, influence of the rate of irrigation and number of shoots per growth pattern of Sri Lankan vetiver grass species was observed. This experiment was conducted during January-July, 2023 at the Development and Promotion of the Utilization of Vetiver in Forestry Demonstration Center No. 1 Chiang Mai Province located a height of 1,080 meters above sea level. Four months old vetiver seedling were grown in 3 levels of irrigation equaled to 0.8, 1.0 and 1.2 times the value of the plant's water use (ETo) or equivalent to 2.1 (W1), 2.6 (W2) and 3.1 (W3) liters per day, respectively. For each water level, different starting shoot numbers were used, which are at 1 (S1), 2 (S2) and 3 (S3) shoot (S) per pot. This made a total of 9 methods and there were 4 repetitions each. Growth performance of the vetiver grass was recorded based on a

number of shoot and leaves, height, and root collar size every 15 days after planting. Obtained data were analyzed by testing an average quantity of water received. Growth variation in number of shoots and leaves, height and root collar size were analyzed. Besides, there was an analysis of growth pattern of an increase in shoots and leaves based on duration of growth. R Package sicegar and FlexParamCurve were used to fit data into nonlinear parametric curve. Relationships were studied using simple linear regression analysis.

It was found that automatic water system dispensed an amount of water according to the specified value at the confidence level of 95 percent. Based on growth performance 180 days after planting, it was found that there was no statistical difference in terms of a number of shoots/leaves and height of the vetiver grass. For the root collar size, however, giving water at 2.6 liters per day together with using one shoot at the beginning of planting were statistically significant different at the confidence level of 95 percent when compared with using two or three shoots (13.8 mm. in size). Regarding growth pattern of an increase in shoots/leaves after logic curve transplanting as well as rapid exponential and asymptote, it was found that giving water at 2.6 liters per day together with using one shoot at the beginning of planting had optimal growth coefficient. Moreover, the relationship between a number of shoots/leaves of all methods was found at a highest level and in the same direction. Results of this study can be used as guidelines for promoting vetiver grass planting to increase the number of shoots for further propagation.

Keywords : irrigation rate, automated irrigation system, growth pattern

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส สังพาลี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก และรองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบแก้ไข ตลอดจนให้ความดูแลเอาใจใส่ในการทำวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนเป็นผลสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณาจารย์ประจำหลักสูตรทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประศาสน์วิชาความรู้อันทรงคุณค่า ที่สามารถนำมาเป็นหลักในการดำเนินชีวิต และการทำงานในปัจจุบันและอนาคต

ขอขอบคุณ นางปัญญารัตน์ ปัญญาเกียรติสิริ หัวหน้าศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัย อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา และขอขอบคุณนายณรงค์ศักดิ์ จินะสะทุ่ง และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ตลอดจน นายสพล สมนาม นางสาวลลิตวดี ทะนุตัน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามจนเสร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด และขอขอบคุณพี่ๆ สาขาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน รุ่นที่ 18 ทุกท่านที่คอยชี้แนะ ให้กำลังใจ สนับสนุน และช่วยเหลือตลอดมา

วนิดา ปัญญา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
สารบัญภาพผนวก ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 6
หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร 6
หญ้าแฝก และการขยายพันธุ์ 8
แนวคิดการจัดการน้ำสำหรับปลูกหญ้าแฝก 19
การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ 23
การเจริญเติบโตของพืช 28
ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ 30

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
กรอบแนวคิดการวิจัย 36
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 37
พื้นที่ดำเนินการวิจัย 37
วัสดุอุปกรณ์ 40
วิธีการดำเนินงาน 43
การเก็บและบันทึกข้อมูล 45
การวิเคราะห์ข้อมูล 46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 48
ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก 48
ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา 52
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 86
สรุปผล 86
ข้อเสนอแนะ 88
บรรณานุกรม 89
ภาคผนวก 97
ประวัติผู้วิจัย 104

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกลุ่มกับหญ้าแฝกดอน 14

ตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกกับความชันของพื้นที่ 24

ตารางที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2566 40

ตารางที่ 4 ปริมาณการจ่ายน้ำด้วยระบบอัตโนมัติตามระยะเวลาที่กำหนด 51

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อ (หน่อ) จำนวนใบ (ใบ) ความสูง (เซนติเมตร) และขนาดความโตคอราก (มิลลิเมตร) ของหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ภายใต้ระดับน้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน 54

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd) และค่าประมาณการที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95 %CI) ของ 9 รูปแบบปฏิบัติ ที่มีอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน 56

ตารางที่ 7 การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ภายใต้อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Shapiro-Wilk normality test 58

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ภายใต้อัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน โดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test 58

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปโดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) ที่ใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 1 2 และ 3 หน่อ ร่วมกับการให้น้ำ ทั้ง 3 ระดับด้วยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test 59

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ที่มีการให้น้ำ ทั้ง 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน โดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test 64

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปโดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) ที่มีการให้น้ำ ทั้ง 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกันโดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test 64

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตแบบ sigmoid curve ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ โดยโปรแกรม R ค่า Midpoint Estimate และ Maximum Estimate จาก Package sicegar และ ค่า Asymptote จาก Package FlexParamCurve 67

ตารางที่ 13 ประมาณการจำนวนหน่อจากการให้ปริมาณน้ำ 1 เท่าของ Eto ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อ 5 หน่อต่อตารางเมตร ในพื้นที่ผลิตขนาด 1 ไร่ 80

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การกระจายพันธุ์หญ้าแฝก 9
ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของหญ้าแฝก 13
ภาพที่ 3 ประโยชน์การใช้หญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ 27
ภาพที่ 4 ระยะการเจริญเติบโตของพืช 29
ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย 36
ภาพที่ 6 สถานที่ตั้งศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ 1 จังหวัดเชียงใหม่ . 38
ภาพที่ 7 โปรแกรม Arduino IDE สำหรับใช้งานบอร์ด NodeMCU ESP8266 42
ภาพที่ 8 การติดตั้งระบบตู้ควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ และวางแผนการปลูกในพื้นที่โรงเรือน.... 44
ภาพที่ 9 กล่องวงจรควบคุมระบบการให้น้ำอัตโนมัติ 48
ภาพที่ 10 คำสั่งระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Arduino IDE..... 50
ภาพที่ 11 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน 60
ภาพที่ 12 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 2 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน 61
ภาพที่ 13 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน 62
ภาพที่ 14 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 68
ภาพที่ 15 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 69
ภาพที่ 16 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 70

ภาพที่ 17 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 1 หน่อ เริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 71

ภาพที่ 18 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 2 หน่อ เริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 72

ภาพที่ 19 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 3 หน่อ เริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 73

ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับจำนวนหน่อหญ้าแฝกต่อกอ ที่อายุ 6 เดือน โดยใช้โปรแกรม R Package FlexParamCurve 75

ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับจำนวนใบหญ้าแฝกต่อกอ ที่อายุ 6 เดือน โดยใช้โปรแกรม R Package FlexParamCurve 76

ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหน่อ และจำนวนใบ 79

ภาพที่ 23 การประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ 82

ภาพที่ 24 กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนา ภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่เข้าศึกษาดูงาน 83

ภาพที่ 25 ศูนย์ประสานงานโครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ เข้าศึกษาดูงาน 84

ภาพที่ 26 การนำเสนอผลงานทางวิชาการ ในการประชุมการป่าไม้ ครั้งที่ 25 “ป่าไม้ไทยสู่เศรษฐกิจสีเขียว” ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 85

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 การออกแบบตู้ควบคุมระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ 98

ภาพผนวกที่ 2 การออกแบบระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนคำสั่งควบคุม 98

ภาพผนวกที่ 3 ออกแบบและวางแผนการปลูกทดลอง 99

ภาพผนวกที่ 4 การปลูกทดลอง โดยให้ปริมาณน้ำ ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน 99

ภาพผนวกที่ 5 การบันทึกข้อมูล นับจำนวนหน่อ จำนวนใบ วัดความสูง และวัดขนาดคอราก 100

ภาพผนวกที่ 6 หญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วัน 100

ภาพผนวกที่ 7 โรงเรือนศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ 100

ภาพผนวกที่ 8 การเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ 101

ภาพผนวกที่ 9 การเผยแพร่ผลงานวิจัยแก่กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่..... 101

ภาพผนวกที่ 10 การเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับศูนย์ประสานงาน โครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพงตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ 102

ภาพผนวกที่ 11 การเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับกลุ่มเกษตรกรพื้นที่ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 103

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรดิน และน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตและเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิตภาคเกษตร ปัจจุบันปัจจัยดังกล่าวเสื่อมโทรมลง เกิดจากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง แต่ขาดการพัฒนาฟื้นฟูอย่างถูกวิธี อีกทั้งมีปัญหาเกี่ยวกับสภาพดิน เช่น ดินเปรี้ยวจัด ดินกรด และดินเค็ม เป็นต้น หรือแม้ในพื้นที่ที่มีความลาดเทที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน สภาพปัญหาของทรัพยากรดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิด ปัจจัยทางชีวภาพ คุณภาพของดิน สมบัติของดิน และการใช้ประโยชน์ (รัตนะ, 2559) จากสภาพปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง และบางพื้นที่ประสบปัญหาการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง เมื่อประมาณ 60 ปีที่ผ่านมา Jonh Greenfield ชาวนิวซีแลนด์และ Richard Grimshaw ชาวอังกฤษ ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรและอนุรักษ์ดินและน้ำของธนาคารโลก ได้ทำให้หญ้าแฝก (Vetiver) มาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณลักษณะพิเศษคือ มีรากยาว หยั่งลึกแผ่กระจายลงไปในดิน ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวดิน สามารถลดหรือป้องกันการชะล้างพังทลายของดินได้เป็นอย่างดี ทำให้เป็นที่รู้จักและมีการรณรงค์ให้ใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน (คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ [กปร.], 2547)

ต่อมาในปี พ.ศ.2534 พระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้ทรงศึกษาข้อมูลของธนาคารโลกเกี่ยวกับหญ้าแฝก ทรงตระหนักถึงปัญหาการชะล้างพังทลายของดินจากน้ำไหลบ่าและทรงเห็นคุณค่าจากการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาทรัพยากรดินของประเทศที่กำลังเสื่อมโทรม (กปร., 2554) จึงได้พระราชทานพระราชดำริให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการศึกษาทดลองเกี่ยวกับหญ้าแฝก ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีแบบง่าย ๆ เกษตรกรสามารถดำเนินการได้เอง ทั้งยังไม่ต้องดูแลรักษามากนักและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าวิธีอื่น ๆ ด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

นับแต่ที่พระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้พระราชทานพระราชดำริด้านหญ้าแฝกครั้งแรก กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้ดำเนินงานให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการ การศึกษา ทดลอง วิจัย การส่งเสริม ขยายผลและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ในการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะดินและน้ำ

มาอย่างต่อเนื่อง (กปร, 2557) ด้วยศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ หน่วยงานในสังกัดสำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ ภายใต้กรมฯ ได้ถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตกล้าหญ้าแฝกพร้อมส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนบนพื้นที่ต้นน้ำลำธาร รวมทั้งอบรม สาธิต และศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกตามแนวพระราชดำริ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุก ๆ ปี จากระบบฐานข้อมูลการปลูกหญ้าแฝกในประเทศไทย ปริมาณการแจกจ่ายกล้าหญ้าแฝกของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และกรมพัฒนาที่ดิน ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี 2555-2564 มีการแจกจ่ายกล้ามากกว่า 10 ล้านกล้าต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) ซึ่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จะเห็นว่าลักษณะภูมิประเทศจะมีพื้นที่อยู่ในช่วงความลาดชัน ตั้งแต่ 12-35% คิดเป็นร้อยละ 38 ของพื้นที่จังหวัด และพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35% คิดเป็นร้อยละ 41 ของพื้นที่ (ศุทธินี และคณะ, 2557) ทำให้มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดินสูง อีกทั้งเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคการเกษตรมาอย่างต่อเนื่อง และมีการปลูกพืชชนิดเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้บางพื้นที่ประสบกับปัญหาการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง ซึ่งการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ จำเป็นจะต้องใช้กล้าหญ้าแฝกจำนวนมาก การขยายพันธุ์หญ้าแฝกหรือการเพิ่มปริมาณกล้าหญ้าแฝกเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการส่งเสริมการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่ต้องจำเป็นต้องมีเทคนิควิธีการที่ทำให้หญ้าแฝกมีเปอร์เซ็นต์รอดตายที่สูงและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ ชนิดดิน พันธุ์หญ้าแฝก รูปแบบการปลูก และการดูแลรักษา เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปหญ้าแฝกสามารถขายพันธุ์โดยการแยกหน่อ ด้วยคุณสมบัติ ของหญ้าแฝกที่สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยหน่อจึงทำให้การขยายพันธุ์หญ้าแฝกสามารถทำได้ทั้งปีประกอบกับการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดนั้น มีอัตราการงอกต่ำ เพียงร้อยละ 1 – 34 (กมลพรรณ และคณะ, 2536) จึงไม่ได้รับความนิยมที่จะขยายพันธุ์โดยเมล็ด และเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้หญ้าแฝกไม่สามารถแพร่พันธุ์กระจายออกไปได้อย่างรวดเร็วเหมือนเช่นวัชพืชอื่น ๆ

สำหรับการขยายพันธุ์หรือการเพิ่มปริมาณกล้าแฝกของศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ขยายพันธุ์กล้าในแปลงขนาดใหญ่โดยใช้หน่อปลูกปักชำลงในดินโดยตรง แต่มีระยะปลูกที่ไม่ชัดเจนและสม่ำเสมอ จากการรายงานของ Ghosh et al. (2018) เมื่อปลูกหญ้าแฝกในระยะห่างที่เหมาะสม ผลผลิตหน่อต่อกอจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่มีการแข่งขันในด้านการสังเคราะห์แสง การดูดใช้ธาตุอาหารและน้ำกับพืชใกล้เคียง และจากการศึกษาของ Moula and Rahman (2008) ที่ได้ทดสอบปลูกหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) โดยการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 1, 2 และ 3 หน่อ พบว่า การใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 2 หน่อ มีอัตราการรอดตาย และให้ผลผลิตสูงที่สุด นอกจากปัจจัยด้านความหนาแน่นของ

พืชแล้ว ต้องมีการจัดการดูแลการให้น้ำที่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของหญ้าแฝก โดยเฉพาะการดูแลรักษาให้สามารถตั้งตัวได้ในช่วงแรกซึ่งจำเป็นต้องมีการให้น้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสม โดยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่พืชต้องการ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทางสรีระวิทยาต่าง ๆ ภายในต้นพืช การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีความสัมพันธ์กันกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Crop coefficient; K_C) และค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_O) ซึ่งการศึกษาของ Hammam et al. (2019) ที่ปลูกหญ้าแฝกในระดับความหนาแน่น 9, 6 และ 12 หน่อต่อตารางเมตร ภายใต้การให้น้ำหยด 3 ระดับ ได้แก่ 0.8, 1.0 และ 1.2 เท่าของ ET_O พบว่า ความหนาแน่นของหญ้าแฝกที่ปลูก 9 หน่อตารางเมตร ร่วมกับการให้น้ำในระดับ 1.0 เท่าของ ET_O ให้ผลผลิตสูงเนื่องจากได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอ นอกจากนี้ อำพร และคณะ (2562) รายงานว่าหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์มีความต้องการการใช้น้ำและมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในแต่ละภูมิภาคของประเทศที่แตกต่างกัน ทำให้มีความต้องการการใช้น้ำที่แตกต่างกันไปด้วย อักทั้ง Kaveeta et al. (2000) ได้รายงานว่าการปลูกหญ้าแฝก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ศรีลังกา สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี สายพันธุ์ราชบุรี และ สายพันธุ์กำแพงเพชร 1 มีรูปแบบการพัฒนาปลายยอดที่คล้ายคลึงกัน แต่ใช้ระยะเวลายาวนานแตกต่างกัน ซึ่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก หรือพืชอื่น ๆ จะมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ผันแปรไปตามปัจจัยที่ได้รับ และส่งผลต่อกระบวนการทางสรีระวิทยา โดยวิถีการเจริญเติบโตของพืชนั้นมักจะมีลักษณะที่สามารถเขียนออกมาเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ จะเป็นรูปตัวเอส (S) หรือเรียกว่า Sigmoid curve ที่เริ่มต้นด้วยการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ เปลี่ยนเป็นอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และสิ้นสุดด้วยอัตราการเติบโตแบบคงที่ จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง (Liu, et al., 2018) และเนื่องจากการขยายพันธุ์ในพื้นที่แปลงขนาดใหญ่ จำเป็นต้องมีการใช้แรงงานคน เพื่อให้มีการจัดการดูแลอย่างทั่วถึง

ด้วยหญ้าแฝกเป็นพืชที่นิยมนำไปปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำในหลายพื้นที่และมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ความต้องการการใช้น้ำจึงแตกต่างกันไปด้วย และด้วยสภาพปัญหาความแห้งแล้ง เนื่องมาจากสภาพอากาศและฤดูกาลในบางปีอาจจะมีปริมาณน้ำฝนน้อย (ศรีราชา, 2559) รวมทั้งบางพื้นที่มีภูมิประเทศในการสร้างเป็นแหล่งกักเก็บน้ำได้จำกัด ทำให้น้ำที่กักเก็บไว้ใช้ไม่เพียงพอในการให้น้ำกับพืช (คณะอนุกรรมการยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2561) จึงมีการคิดค้นวิธีการที่จะช่วยประหยัดน้ำและทำให้การใช้น้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืชที่เพาะปลูก และเหมาะสมต่อสภาพดินและสภาพแวดล้อม (ธรรมนูญ, 2549) ระบบการให้น้ำแบบหยดได้ถูกนำมาใช้ในการให้น้ำแก่พืชเพื่อแก้ไขปัญหาความเสียหายของพืชในฤดูแล้งและเพิ่มประสิทธิภาพในการให้น้ำ ด้วยการให้น้ำปริมาณน้อย ๆ แต่ทำให้พืชได้รับน้ำที่ตรงจุดและที่สำคัญคือช่วยประหยัดน้ำได้มาก (ดิเรก, 2545) ในเขตการเกษตรขนาดใหญ่ก็ได้มีการทดสอบและพัฒนาระบบให้น้ำแบบหยดสำหรับไร่อ้อยนอกเขตชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็น

การทดสอบการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดแบบเทป พบว่า เมื่อวัดจากปริมาณผลผลิต การให้น้ำหยดแบบเทปให้ผลผลิตดีกว่าการให้น้ำแบบทั่วไป (สราวุฒิ และคณะ, 2560) และได้มีการพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ คือระบบสั่งการและประมวลผลแบบอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กในการควบคุม กำหนดเวลาในการเปิด-ปิดน้ำ เพื่อให้น้ำเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำสำหรับการเกษตร (สลิลรัตน์, 2561) ซึ่งการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้นี้ เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น ลดปริมาณการใช้น้ำโดยไม่จำเป็นและมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ยังเป็นการลดข้อจำกัดการใช้แรงงานในการดูแลรักษา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานในปัจจุบันอีกทางหนึ่ง (อัญชลี, 2562)

ดังนั้นการขยายพันธุ์หญ้าแฝกควรมีการจัดการด้านการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกและการให้น้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการของหญ้าแฝก อันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของหญ้าแฝก ซึ่งจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกเพื่อการขยายพันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตพื้นที่

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ของศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

2. ขอบเขตเนื้อหา

2.1 การออกแบบระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติ และพัฒนาระบบโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และโปรแกรม Arduino IDE ที่ใช้สั่งงาน

2.2 การทดลองปลูกหญ้าแฝกโดยระบบน้ำหยดอัตโนมัติ ที่กำหนดระดับปริมาณน้ำ 3 ระดับ และจำนวนหน่อปลูก 3 จำนวน

3. ขอบเขตเวลา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในช่วง ธันวาคม 2566 ถึง กรกฎาคม 2566

นิยามศัพท์เฉพาะ

อัตราการให้น้ำ หมายถึง การให้น้ำแบบน้ำหยด โดยปล่อยน้ำให้มีอัตรา 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวันหรือ ปรับลดค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ลง 20 % และปรับเพิ่ม 20 % โดยใช้การคำนวณความต้องการน้ำของหญ้าแฝก จากค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2562

ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ หมายถึง ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดโดยใช้การควบคุมด้วยเวลา

รูปแบบการเจริญเติบโต หมายถึง อัตราการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ที่ใช้โปรแกรม Arduino IDE สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก
2. ได้อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่เหมาะสม สำหรับการผลิตกล้าแฝก
3. สามารถนำมาพัฒนาการจัดทำคู่มือระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก เพื่อแจกจ่ายและประชาสัมพันธ์ให้แก่เกษตรกรและหน่วยงานอื่น ๆ

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร
2. หญ้าแฝก และการขยายพันธุ์
3. แนวคิดการจัดการน้ำสำหรับการปลูกหญ้าแฝก
4. การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ
5. การเจริญเติบโตของพืช
6. ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร

หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงยึดหลักการดำเนินงานทางสายกลาง มีจุดมุ่งหมายและเป้าหมายหลัก คือ การพัฒนาคนให้พออยู่พอกินและพึ่งตนเองได้ โดยทรงยึดหลักการดำเนินงานบนทางสายกลาง เป็นขั้นเป็นตอนบนพื้นฐานของความสมดุลพอดีในทุกภาคส่วนมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมตามวิถีแห่งธรรมชาติด้วยมรรควิธีที่เรียบง่าย และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยมีหลักการทรงงาน 27 หลักการ (กปร., 2562) ที่ใช้เป็นกรอบในการดำเนินงาน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้น้อมนำหลักการทรงงานเพื่อเป็นกรอบการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ระเบิดจากข้างใน

พระองค์ทรงมุ่งเน้น เรื่องการพัฒนาคน โดยตรัสว่า “...ต้องระเบิดจากข้างใน...” หมายความว่า ต้องสร้างความเข้มแข็งให้คนในชุมชนที่เราเข้าไปพัฒนา ให้มีสภาพพร้อมที่จะรับการพัฒนา

เสียก่อน แล้วจึงค่อยออกมาสู่สังคมภายนอก มิใช่การนำเอาความเจริญหรือบุคคลจากสังคมภายนอกเข้าไปหาชุมชนหรือหมู่บ้านที่ยังไม่ทันได้มีโอกาสเตรียมตัวหรือตั้งตัว กล่าวคือ การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความพร้อม และการมีส่วนริเริ่มดำเนินการโดยประชาชนในพื้นที่ มิใช่การริเริ่มจากภายนอก เช่น การสนับสนุนการประกอบอาชีพ โดยการใช้เทคโนโลยีชาวบ้านหรือภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เรียบง่ายและมีราคาถูก ชาวบ้านสามารถเรียนรู้ได้เร็วและมีไว้ใช้เอง การสนับสนุนให้ประชาชนอยู่รวมกลุ่มกันหรือร่วมในกิจกรรมเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชนของตนก่อน แล้วจึงค่อยขยายการพัฒนาออกมาสู่โลกภายนอก

2. ภูมิสังคม

การพัฒนาประเทศนั้น ต้องให้ความเคารพและสอดคล้องกับ “ภูมิสังคม” โดย “ภูมิ” คือ ให้ความเคารพภูมิศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา หรือภาษาชาวบ้าน คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา เนื่องจากแต่ละแห่ง แต่ละภูมิภาค แต่ละมุมเมืองนั้น ลักษณะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง สำหรับ “สังคม” นั้น คือ คน โดยจะเห็นว่าความหลากหลายทางด้านวัฒนธรรม หลักปฏิบัติ ค่านิยมของคนที่อยู่ในท้องถิ่นต่าง ๆ แทบจะไม่เหมือนกันเลย จึงทรงกำชับว่าต้องให้ความเคารพต่อสองสิ่งนี้ รวมถึงต้องมีวิธีคิดอย่าง “องค์รวม” หรือมองอย่างครบวงจร ซึ่งไม่จำเป็นต้องผูกมัดติดตำราหรือวิชาการและเทคโนโลยีที่อาจจะไม่เหมาะสมกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ที่แท้จริงของคนไทยดังพระราชดำริว่า “...การพัฒนาจะต้องเป็นไปตามภูมิประเทศทางภูมิศาสตร์ และภูมิประเทศทางสังคมศาสตร์ในสังคมวิทยา คือ นิสัยใจคอของคน เราจะไปบังคับให้คนอื่นคิดอย่างอื่นไม่ได้ เราต้องแนะนำ เราเข้าไปช่วยโดยที่จะคิดให้เขาไม่ได้ แต่ถ้าเราเข้าไปแล้ว เราจะไปดูว่าเขาต้องการอะไรจริง ๆ แล้วก็ต้องอธิบายให้เขาเข้าใจหลักการของการพัฒนานี้ก็จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่ง...”

3. ไม่ติดตำรา

การพัฒนาตามแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร มีลักษณะของการพัฒนาที่อนุโลม และรอมชอมกับสภาพธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสภาพของสังคมจิตวิทยาแห่งชุมชน คือ “ไม่ติดตำรา” ไม่ผูกมัดติดกับวิชาการ และเทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสมกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ที่แท้จริงของคนไทย

4. ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

การที่จะพระราชทานโครงการใดโครงการหนึ่ง จะทรงศึกษาข้อมูลรายละเอียดอย่างเป็นระบบ ศึกษาทั้งข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารและแผนที่ ตลอดจนสอบถามจากเจ้าหน้าที่ นักวิชาการและราษฎรในพื้นที่ให้ได้รายละเอียดที่ถูกต้อง รวมทั้งศึกษาตรวจสอบและทอดพระเนตรในพื้นที่จริง

เพื่อที่จะพระราชทานความช่วยเหลือได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ตรงตามความต้องการของประชาชน และสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ

5. แก้ปัญหาจากจุดเล็ก

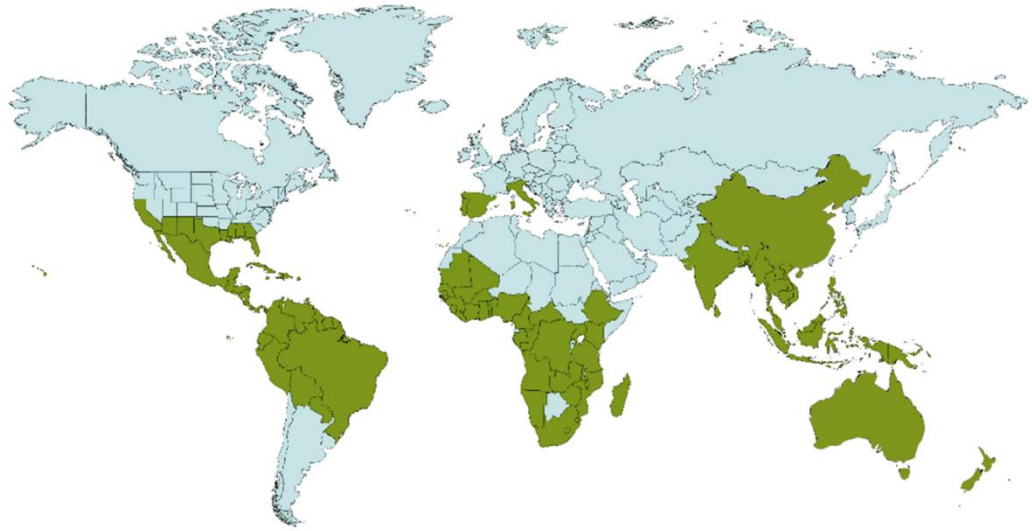
ทรงมองปัญหาในภาพรวม (Macro) ก่อนเสมอ แต่การแก้ไขปัญหาของพระองค์จะเริ่มจากจุดเล็ก ๆ (Micro) คือ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่คนมักจะมองข้าม ดังพระราชดำรัสความตอนหนึ่งว่า

"...ถ้าปวดหัวก็คิดอะไรไม่ออกเป็นอย่างนั้นต้องแก้ไขการปวดหัวนี้ก่อน...
...มันไม่ได้เป็นการแก้อาการจริงแต่ต้องแก้ปวดหัวก่อน เพื่อที่จะให้อยู่ในสภาพที่คิดได้...
...แบบ (Macro) นี้ เขาจะทำแบบรื้อทั้งหมด ฉันไม่เห็นด้วย...
...อย่างบ้านคนอยู่ เราบอกบ้านนี้มันผุตรงนั้น ผุตรงนี้ ไม่คุ้มที่จะซ่อม...
...เอาตกลงรื้อบ้านนี้ ระเบิดเลย เราจะไปอยู่ที่ไหน ไม่มีที่อยู่...
...วิธีทำต้องค่อย ๆ ทำ จะไประเบิดหมดไม่ได้..."

หญ้าแฝก และการขยายพันธุ์

1. ความเป็นมาของหญ้าแฝกในประเทศไทย

หญ้าแฝกจัดเป็นพืชเขตร้อน ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ กระจายทั่วไปในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ประมาร 12 ชนิดทั่วโลก (ภาพที่ 1) ในการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกมีมาแต่โบราณ ชาวไมซอร์ ประเทศอินเดียปลูกหญ้าแฝกมาแล้วประมาณ 200 ปี เพื่อเป็นอาหารสัตว์ แนวคิดในการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้เริ่มขึ้นเมื่อประมาณ 60 ปี ที่ผ่านมา โดยเริ่มจาก Jonh Greenfield ชาวนิวซีแลนด์ และ Richard Grimshaw ชาวอังกฤษ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรและอนุรักษ์ดินและน้ำของธนาคารโลก ได้ทำให้เทคโนโลยีหญ้าแฝกเป็นที่รู้จักและรณรงค์ให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย (สำนักงาน กปร., 2547)



ภาพที่ 1 การกระจายพันธุ์หญ้าแฝก

ที่มา: Lavania (2000)

ในปี พ.ศ. 2534 ความทราบถึงพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยสำนักงาน กปร. ได้ถวายเอกสารหญ้าแฝกของธนาคารโลก พระองค์ทรงศึกษาและได้ให้ผู้เชี่ยวชาญหญ้าแฝก 3 ท่านเข้าเฝ้าถวายรายงานคือ Mr. R.G. Grimshaw Mr. John C. Greenfield และ Dr. P.K. Yoon หลังจากนั้นจึงทรงศึกษาทดลองการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาต่าง ๆ และพระราชทานพระราชดำริที่สำคัญเกี่ยวกับหญ้าแฝกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา ซึ่งมีตอนหนึ่งที่สำคัญ คือ พระองค์ทรงคาดการณ์ไว้ว่าในอนาคตข้างหน้า ภูมิอากาศของโลกจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก จะเกิดทั้งน้ำท่วมและภัยแล้ง ซึ่งนับจาก ปี พ.ศ. 2534 เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ประจักษ์จริงตามนั้น การเกิดอุทกภัยในทวีปต่าง ๆ การขยายตัวของสภาวะภัยแล้ง จึงทรงพระราชทานพระราชดำริให้นำหญ้าแฝกไปแก้ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ป้องกันการเกิดอุทกภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสื่อมโทรมของดิน และในช่วงขณะนั้น สำนักงาน กปร. ได้นำเข้าหญ้าแฝกสายพันธุ์จากประเทศอินเดีย นำมามอบให้กรมพัฒนาที่ดินขยายพันธุ์ ต่อมากรมพัฒนาที่ดินจึงตั้งชื่อเพื่อความเป็นสิริมงคลว่า หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน (อาทิตย์, 2548)

พระราชดำริที่สำคัญเกี่ยวกับหญ้าแฝก

นับแต่ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้พระราชทานพระราชดำริด้านหญ้าแฝกครั้งแรก เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2534 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินงานสนองพระราชดำริมาอย่างต่อเนื่องจวบจนกระทั่งได้มีการจัดตั้งคำสั่งคณะกรรมการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจาก

พระราชดำริ เมื่อวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2551 มีองคมนตรีเป็นประธาน เพื่อดำเนินการด้านบริหารจัดการ โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 32 หน่วยงานร่วมดำเนินงานเพื่อสนองพระราชดำริอย่างเป็นรูปธรรม (กปร., 2557)

นับตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายน 2534 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้พระราชทานพระราชดำริเป็นครั้งแรก จวบจนถึงปัจจุบัน กว่า 30 ครั้ง ซึ่งได้อัญเชิญพระราชดำริบางส่วน (กิติมา, 2558) ดังนี้

“...ให้ศึกษา ทดลองปลูกหญ้าแฝก เพื่อป้องกันการพังทลายของดินในศูนย์ศึกษาการพัฒนาฯ และพื้นที่อื่น ๆ โดยให้พิจารณาปลูกตามความเหมาะสมของภูมิประเทศ และควรเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการศึกษา ทดลอง ให้ครอบคลุมทุกด้านด้วย...”

(พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับหญ้าแฝกครั้งแรกเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2534 ณ พระตำหนักเปี่ยมสุข วังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์)

“...มีหลายคนไม่เชื่อว่าหญ้าธรรมดานี้อย่างเดียว จะช่วยประเทศให้รอดพ้นจากอันตรายอย่างคนบางคนก็บอกว่า หญ้านี่เป็นวัชพืช แต่คนที่ศึกษาออกมายืนยันว่า หญ้าแฝกไม่ใช่วัชพืช แต่เป็นหญ้ามหัศจรรย์ เป็นหญ้าที่ช่วยประเทศชาติ...”

(พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริในโอกาสที่องคมนตรีและประธานกรรมการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เข้าเฝ้ากราบบังคมทูลรายงานความก้าวหน้าการดำเนินโครงการและรับพระราชทานดำริเกี่ยวกับการดำเนินงานโครงการ ณ พระตำหนักเปี่ยมสุข วังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2534)

“...หญ้าแฝกเป็นพืชอเนกประสงค์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย นอกจากคุณประโยชน์หลักของหญ้าแฝกที่ใช้ปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว รากของหญ้าแฝกที่แผ่หยั่งลึกลงไปในดินยังช่วยดูดซับสารพิษที่ปนเปื้อนมากับน้ำที่ไหลผ่าน...”

(พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริกับนายอำพล เสนาณรงค์ องคมนตรี และคณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติและคณะวิจัย ณ ศาลาเริง วังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2545)

“...หญ้านี้มันดีนะ มันเป็นหญ้ามหัศจรรย์ มันมีคุณสมบัติดี และให้ไปจัดการดำเนินการขยายผลที่ศูนย์ฯ ห้วยทรายกับที่ศูนย์ฯ เขาหินซ้อน...”

(คัดตัดตอนจากการบรรยายพิเศษ “15 ปี การพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ” โดย ดร. สุเมธ ตันติเวชกุล การประชุมสัมมนาเรื่อง การพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ครั้งที่ 5 วันที่ 28-29 พฤศจิกายน 2548)

“...หญ้าแฝกมีประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำได้เป็นอย่างดี เนื่องเพราะหญ้าแฝกมีรากยาวซึ่งรากจะประสานติดต่อกันแน่นหนาเหมือนกำแพงใต้ดิน ทำให้สามารถกักเก็บน้ำและความชื้นได้...”

(พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้พระราชทานพระราชดำริ ณ พระตำหนักเปี่ยมสุข วังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2552)

การแก้ปัญหาในเรื่องของปัญหาดินถล่ม พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงห่วงใยถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว จึงได้พระราชทานพระราชดำริกับนายสุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องประชุมสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนากรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ชั้น 14 อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลศิริราช สรุปความว่า “...แต่เดิมเคยมีดินถล่มครั้งใหญ่ที่ตำบลกระทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2531 เนื่องจากมีพายุดีเปรสชั่นเข้าก่อนห น้านั้น 3 - 4 วัน ครั้นถึงวันที่ 22 พฤศจิกายน 2531 มีฝนตกใหญ่บริเวณพื้นที่เชิงเขาที่ชาวบ้านท่าสวนยางพาราดินอุ้มน้ำไว้ไม่ไหวก็พังทลายทำความเสียหายทั้งพื้นที่เชิงเขา และบริเวณชายเขาด้านล่างที่ดินถล่มไปทับ ในกรณีทั่ว ๆ ไปให้ใช้ความระมัดระวังในการดำเนินงาน เพราะแม้กระทั่งหญ้าแฝกซึ่งตามหลักจะป้องกันดินพังทลาย ก็อาจจะเป็นตัวการทำให้ดินถล่มได้ เพราะรากเจาะลึกทำให้ดินแตกแยก และนำน้ำลงไปอาจจะเป็นเหตุให้ดินพังทลายเสียเอง ตลอดจนการปลูกต้นไม้มักจะใช้ต้นไม้โตเร็วซึ่งส่วนมากไม่มีรากแก้ว ก็จะไม่ยึดดินไว้ได้ ฉะนั้น ควรศึกษาอย่างรอบคอบว่าโครงสร้างดินลักษณะใดควรจะดำเนินการอย่างไร ปลูกพืชชนิดไหน จะได้แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพได้ หรือแม้กระทั่งการทดลองใช้กระสอบพลาสติกแบบมีปีกก็ต้องระมัดระวัง ศึกษาสภาพพื้นที่ให้ดี เพราะอาจจะเหมาะสมกับบางพื้นที่เท่านั้นไม่สามารถใช้แบบเดียวกันได้ทั้งหมด...” (กิติมา, 2558)

ต่อมา เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2555 ทรงมีพระราชดำรัสกับคณะกรรมการยุทธศาสตร์ เพื่อการฟื้นฟูและสร้างอนาคตประเทศ (กยอ.) และคณะกรรมการยุทธศาสตร์เพื่อวางระบบบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (กยน.) ณ ห้องประชุมสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนากรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ชั้น 14 อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลศิริราช สรุปความว่า “...ควรปลูกป่าแก้ปัญหาน้ำท่วม - ดินถล่มโดยแนะนำให้ปลูกป่าผสม ไม้เนื้อแข็งที่โตช้ากับไม้เนื้ออ่อน ทั้งนี้ การปลูกไม้เนื้อแข็งรากลึกช่วยป้องกันดินถล่ม โดยเฉพาะไม้เนื้อแข็งจะต้องเน้นเรื่องการอุ้มน้ำ และรักษาหน้าดิน รวมทั้งการระบายน้ำ...” (กิติมา, 2558)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

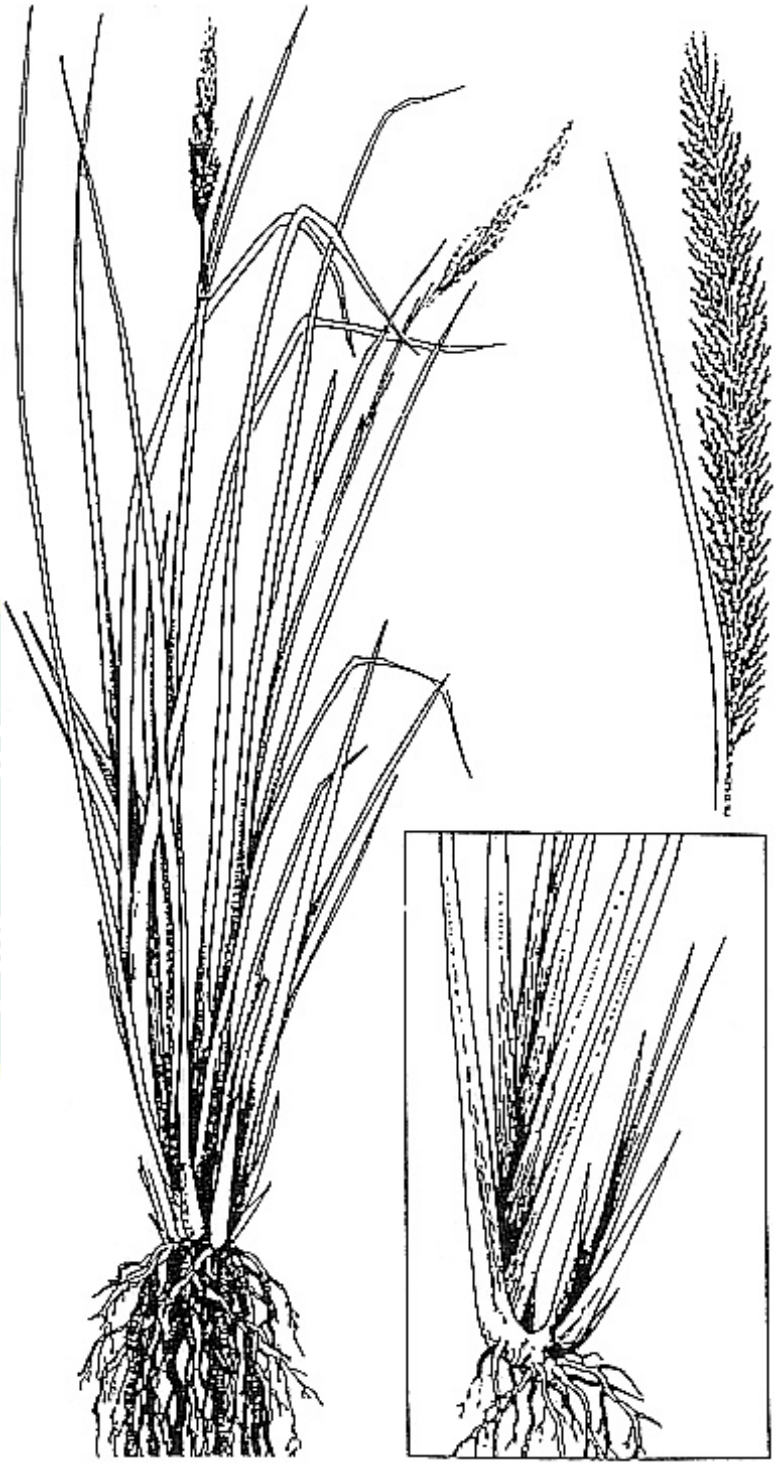
หญ้าแฝก มีชื่อสามัญว่า Vetiver อยู่ในสกุล Vetiveria วงศ์หญ้า POACEAE (GRAMINREAE) เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุได้หลายปี พบการกระจายประมาณ 12 ชนิดทั่วโลก โดยสำรวจพบในประเทศไทย 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกลุ่ม และหญ้าแฝกดอน ซึ่งมีความแตกต่างในทางพฤกษอนุกรมวิธาน คือ

1) แฝกลุ่ม หรือ แฝกหอม เดิมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria zizanioides* ปัจจุบันเริ่มใช้ชื่อใหม่เป็น *Chrysopogon zizanioides* มี 11 สายพันธุ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ประกอบด้วย

(1) กำแพงเพชร 2
(2) เชียงราย
(3) สงขลา 1
(4) สงขลา 2
(5) สงขลา 3
(6) สุราษฎร์ธานี
(7) ตรัง 1
(8) ตรัง 2
(9) ศรีลังกา
(10) เชียงใหม่
(11) แม่ฮ่องสอน

2) แฝกดอน เดิมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria nemoralis* ปัจจุบันเริ่มใช้ชื่อใหม่เป็น *Chrysopogon nemoralis* มี 17 สายพันธุ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ประกอบด้วย

(1) อุดรธานี 1
(2) อุดรธานี 2
(3) นครพนม 1
(4) นครพนม 2
(5) ร้อยเอ็ด
(6) ชัยภูมิ
(7) เลย
(8) สระบุรี 1
(9) สระบุรี 2
(10) ห้วยขาแข้ง
(11) กาญจนบุรี
(12) นครสวรรค์
(13) ประจวบคีรีขันธ์
(14) ราชบุรี
(15) จันทบุรี
(16) พิษณุโลก
(17) กำแพงเพชร 1



ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของหญ้าแฝก

ที่มา: National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine (1993)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกลุ่มกับหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกลุ่ม	หญ้าแฝกดอน
ถิ่นกำเนิด	**ถิ่นกำเนิด**
- ตอนกลางของทวีปเอเชีย สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย พบในพื้นที่ลุ่ม มีความชื้นสูงหรือมีน้ำขัง	- เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทย ลาว เขมร และเวียดนาม พบได้ทั่วไปในที่ค่อนข้างแล้ง
- มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ทั่วไป	- กระจายพันธุ์อยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ไม่มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์
- เป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง	- เป็นพุ่มใบยาว ปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม
- สูงประมาณ 150-200 เซนติเมตร	- สูงประมาณ 100-150 เซนติเมตร
- มีการแตกตะเกียงและแตกแขนงลำต้นได้	- ปกติไม่มีการแตกตะเกียงและแขนงลำต้น
ใบ	**ใบ**
- ยาว 45-100 เซนติเมตร กว้าง 0.6-1 เซนติเมตร	- ยาว 35-80 เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.8 เซนติเมตร
- ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบออกสีขาว มีรอยกั้นขวาง ในเนื้อใบส่องกับแดดเห็นชัดเจน	- ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นเส้นแข็งสามเหลี่ยม ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบแต่ซีดกว่า แผ่นใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ
- เนื้อใบค่อนข้างเนียนมีไขเคลือบมากทำให้ดูนุ่มมัน	- เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อย ทำให้ดูกร้านไม่เหลือบมัน
ช่อดอกและดอก	**ช่อดอกและดอก**
- ช่อดอกสูง 150-250 เซนติเมตร	- สูง 100-150 เซนติเมตร
- ส่วนใหญ่มีสีอมม่วง	- มีได้หลายสี ตั้งแต่สีขาวครีม สีม่วง
- ดอกย่อยส่วนใหญ่ไม่มีรยางค์แข็ง	- ดอกย่อยมีรยางค์แข็ง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หญ้าแฝกลุ่ม	หญ้าแฝกดอน
เมล็ด	**เมล็ด**
- ขนาดโตกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย	- ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกลุ่ม
ราก	**ราก**
- มีความหอมเย็น มีน้ำมันหอมระเหย อยู่เฉลี่ย 1.4-1.6% ของน้ำหนักแห้ง - โดยทั่วไปรากจะหยั่งลึกได้ประมาณตั้งแต่ 100-300 เซนติเมตร ที่อายุประมาณ 1 ปี	- ไม่มีความหอม - รากสั้นกว่าโดยทั่วไปจะหยั่งลึกประมาณ 80-100 เซนติเมตร ที่อายุประมาณ 1 ปี
การใช้ประโยชน์	**การใช้ประโยชน์**
- รากใช้ทำน้ำมันหอม สบู่ เครื่องประดับ เช่น กระเป๋า พัด ไม้แขวนเสื้อ สมุนไพร และเป็นยากันแมลงในตู้เสื้อผ้า	- ชาวพื้นบ้านใช้ใบมาทำวัสดุมุงหลังคา แต่ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

มีลักษณะต่าง ๆ โดยทั่วไปตาม กมลพรรณ และคณะ (2536) ดังนี้

2.1 ลำต้น (Culm) มีลักษณะเป็นพุ่มตั้งตรงขึ้นสูง ขึ้นอยู่เป็นกลุ่มใหญ่ กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดกันแน่น มีลักษณะเฉพาะตัว ที่แตกต่างจากหญ้าชนิดอื่นค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นมีลักษณะแบน เกิดจากส่วนโคนของโคนใบที่จัดเรียงซ้อนกัน ลำต้นจริงมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน การเจริญและแตกกอของหญ้าแฝก มีการแตกหน่อใหม่ขึ้นมาทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอเดิมทำให้กอมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ

2.2 ใบ (Leaf) ใบของหญ้าแฝกจะแตกจากโคนกอ มีลักษณะแคบยาว ขอบขนาน ปลายสอบแหลม แผ่นใบกร้าน คาย โดยเฉพาะใบแก่ ขอบใบและเส้นกลางใบมีหนามละเอียด (spiculose) หนามบนใบที่ส่วนโคนและกลางแผ่นใบมีน้อย แต่จะมีมากที่บริเวณปลายใบ มีลักษณะตั้งทแยงปลายหนามชี้ขึ้นไปทางปลายใบ

2.3 ราก (Root) เป็นส่วนสำคัญและเป็นลักษณะพิเศษของหญ้าแฝกที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นหลัก หญ้าส่วนใหญ่โดยทั่วไปมีรากลักษณะที่เป็นระบบรากฝอย (Fibrous roots) แตกต่างจากหญ้าชนิดอื่นที่มีส่วนลำต้นใต้ดินกระจายออกแผ่กว้างเพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน (Horizontal) มีระบบรากในแนวดิ่ง (Vertical) ไม่ลึกมาก แต่ระบบรากของหญ้าแฝกแตกต่างจากรากหญ้าทั่วไป คือ มีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดิน ไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง และมีรากฝอยมาก

หญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 18 เดือน รากจะเจริญเต็มที่ รากแกนที่ส่วนโคนกอจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางโตประมาณ 2-3 มิลลิเมตร. ผนังด้านนอกจะแข็งตัว มีลักษณะอวบคล้ายนวม เซลล์ด้านนอกจะตายไปทำหน้าที่เพิ่มความหนา ความแข็งแรง ดูดน้ำและความชื้น และป้องกันส่วนลำเลียงน้ำและอาหารที่อยู่ภายใน

โครงสร้างภายในของราก มีลักษณะเด่น คือ บริเวณชั้นคอร์เท็กซ์มีโพรงอากาศ (Air space) ขนาดใหญ่กระจายอยู่รอบราก เป็นบริเวณที่ทำหน้าที่เก็บก๊าซเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจของเซลล์ราก รากหญ้าแฝกมีลักษณะคล้ายรากพืชจำพวก Hydrophytes

2.4 ช่อดอก (Inflorescence) หญ้าแฝกมีช่อดอกตั้ง มีลักษณะเป็นรวง ก้านช่อดอก (Main axis) ยาว กลม ก้านช่อดอกและรวงสูงประมาณ 20-30 ซม. แผ่กว้างเต็มที่ 10-15 ซม. ช่อดอกของหญ้าแฝกหอมส่วนใหญ่มีสีม่วง ซึ่งเป็นลักษณะปกติประจำแต่ละชนิดพันธุ์

ในพืชสกุลหญ้า ลักษณะของช่อดอกจัดเป็นลักษณะสำคัญในการจำแนกสายพันธุ์ แต่ในหญ้าแฝกลักษณะนี้อาจทำให้เกิดความสับสนโดยเฉพาะเมื่อใช้ความยาว ความกว้าง และสีของรวงเป็นลักษณะจำแนก เพราะแท้จริงแล้วช่อดอกหญ้าแฝกจะเปลี่ยนรูปและสีไปได้ตามขั้นตอนของการผสมเกสร โดยเชแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

- ระยะผสมเกสร (Anthesis stage) เริ่มตั้งแต่ดอกเริ่มแทงยอดโผล่พ้นใบธง (Flag leaf) จนถึงระยะดอกหญ้าบานเต็มที่ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน ในระยะนี้แกนช่อดอกจะยืดตัวอย่างรวดเร็ว รยางค์ต่าง ๆ ในรวงจะมีน้ำ อาหาร และฮอร์โมนต่าง ๆ อย่างสมบูรณ์ ส่วนโคนของแกนช่อดอกย่อย (Rachis) ซึ่งมีลักษณะเป็นต่อม (Pulvinus) เมื่อเต่งตึงเต็มที่ดันให้แกนช่อย่อยกางแผ่ออก

- ระยะหลังผสมเกสร (Post- anthesis or embryo development stage) เมื่อดอกหญ้าได้รับการผสมแล้ว ขบวนการต่าง ๆ ในช่อดอกจะลดลงตามลำดับ ต่อมที่โคนแกนช่อย่อยแฟบลง ช่อดอกเริ่มห่อตัว โดยเริ่มจากรัดตัวจากปลายยอดซึ่งเป็นส่วนที่ถูกผสมเกสรก่อน ลงมาหาส่วนโคนรวง ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน ช่อดอกระยะนี้จะเปลี่ยนมีขนาดเล็กลง

- ระยะติดเมล็ด (Seed maturity stage) ดอกหญ้าที่ผสมแล้วและพัฒนาเต็มที่มีความสมบูรณ์ มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อยและเกาะกันอยู่ในแกนช่อย่อยแบบตามยาวขนานกับแกนรวมกันทั้งรวงเป็นก้อนคล้ายรูปกระสวย ระยะนี้ช่อดอกรัดตัวแน่นเต็มที่จนเหลือเล็กที่สุด คัพภะ (Embryo) ได้พัฒนาเต็มที่เป็นเมล็ด (Seed) สีของรวงซีดลงเรื่อย ๆ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 10-12 วัน เมื่อเมล็ดแก่เต็มที่ก็ร่วงจากช่อดอก (Disarticulation) แบบหลุดไปทั้งดอก คงเหลือแต่ส่วนก้านดอกที่ยังติดอยู่กับแกนช่อย่อย

รวมระยะเวลาของการติดดอกตั้งแต่ระยะผสมเกสร ติดเมล็ด ถึงดอกร่วง ใช้เวลาประมาณ 20 ถึง 28 วัน ในแต่ละรวงมีแกนช่อย่อย (Rachis) ที่แตกแขนงออกในระดับใกล้เคียงกัน (Pseudo sympodial branching) จัดเรียงกันอยู่เป็นชั้น ๆ ประมาณ 8-12 ชั้น (Whorl) ในแต่ละชั้นนี้มีแกนช่อย่อยอยู่ประมาณ 6-18 แกน ในแต่ละแกนมีดอกหญ้า (Spikelet) อยู่ประมาณ 10-12 ดอก เมื่อรวมทั้งรวงมีอยู่ประมาณ 600-1,500 ดอก ทั้งนี้จำนวนดอกหญ้าทั้งหมดในช่อดอกขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของหญ้าแฝกต้นแม่ด้วย

2.5 ดอกหญ้า (Spikelets) หญ้าแฝกมีดอกหญ้าเรียงตัวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ ๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละคู่ประกอบด้วยดอกชนิดที่ไม่มีก้าน (Sessile spikelet) และดอกชนิดมีก้าน (Pedicelled spikelet) ยกเว้นที่ส่วนปลายของก้านช่อย่อยมักจัดเรียงเป็น 3 ดอกอยู่ด้วยกัน ดอกที่ไม่มีอยู่ด้านล่าง ส่วนดอกที่มีก้านชูอยู่ด้านบน

ดอกที่ไม่มีก้านเป็นดอกสมบูรณ์ที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ด้วยกัน (Hermaphrodite-spikelet) ส่วนดอกมีก้านเป็นดอกตัวผู้ (Male spikelet) ที่มีแต่เกสรตัวผู้อยู่ภายใน ในแต่ละดอกประกอบไปด้วยดอกย่อย (Floret) อีก 2 ดอก แต่ส่วนมากมีการลดรูป หรือไม่สมบูรณ์เหลือดอกย่อยเพียงดอกเดียวกับดอกย่อยเปล่า ๆ ที่มีแต่กาบคลุม ดอกหญ้าแฝกมีลักษณะคล้ายกระสวย ขอบขนานรูปไข่ ปลายสอบ ขนาดของดอกกว้าง 1.5-2.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3.5 มิลลิเมตร

2.6 เมล็ดและต้นอ่อน (Seed and seedling) เมื่อดอกหญ้าแฝกได้รับการผสมแล้ว ดอกที่มีก้านดอกซึ่งเป็นดอกสมบูรณ์ก็จะติดเมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อนเป็นรูปกระสวย ผิวเรียบ หัวท้ายมน ขนาดโตกว้าง 1-1.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3 มิลลิเมตร เมล็ดมีผนังบาง เนื้ออ่อนแบบเม็ดสาคู มีส่วนประกอบของแป้งและน้ำมันมาก

ต้นอ่อนของหญ้าแฝกมีการเจริญเช่นเดียวกับหญ้าทั่วไป โดยเริ่มจากมีรากแรก (Radicle) แทงออกมาจากเมล็ด จากนั้นปลอกหุ้มยอด (Coleoptile) ก็จะแทงออกมาตรงกันข้ามกับราก ต้นอ่อนเจริญยืดตัวอย่างรวดเร็ว ตั้งตัวได้สูงประมาณ 2 ซม. ภายใน 3 วัน และเริ่มมีใบแท้สีเขียวและมีหนามบนขอบใบปรากฏให้เห็นชัดเจนในช่วงอาทิตย์แรก

3. การขยายพันธุ์หญ้าแฝก

การขยายพันธุ์หญ้าแฝกหรือการเพิ่มปริมาณหญ้าแฝก เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการส่งเสริมหญ้าแฝกเพื่อไปใช้ประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ อีกทั้งต้องให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ สามารถทำได้โดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การขยายพันธุ์โดยเมล็ด ในสภาพธรรมชาติเมล็ดโดยทั่วไปจะถูกทิ้งให้แก่คาร่วงและหลุดร่วงไป เนื่องจากเมล็ดมีอายุที่ไม่สม่ำเสมอกัน โดยส่วนใหญ่ได้สูญเสียความสามารถในการงอกไปแล้ว เมล็ดส่วนที่เหลืออยู่ก็แทบไม่มีโอกาสจะงอกได้ นอกจากจะตกลงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะงอกทันที เมล็ดหญ้าแฝกมีความไวในการตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ดังนั้นจึงเสียความสามารถในการงอกได้ง่าย เมื่อประสบกับสภาพแห้งแล้ง ลมแรง และแดดจัดแม้เพียงในเวลาช่วงสั้น ๆ ทำให้การเก็บรักษาเมล็ดเพื่อนำไปเพาะขยายพันธุ์จึงทำได้ยาก (สมพร, 2550; Moula et al., 2009) โดย Parihar et al. (1998) รายงานถึงการงอกของเมล็ดหญ้าแฝกในประเทศอินเดีย มีความงอกเมล็ดร้อยละ 18.5 ส่วนรายงานในประเทศจีนตอนใต้ พบว่าการงอกของเมล็ดมีเพียงร้อยละ 0.5 – 14.0 หลังจากแช่ในสารละลายจิบเบอเรลลิน (GA3) และมีอัตราการรอดตายหลังย้ายปลูกเพียงร้อยละ 50 (Wang et al., 2019)

3.2 การขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อ เป็นวิธีการที่นิยมและง่ายต่อการขนย้ายปลูก มโดยหน่อของหญ้าแฝกที่นำมาใช้ในการขยายพันธุ์ควรมีอายุไม่น้อยกว่า 3 เดือน เนื่องจากจะเป็นหน่อที่มีความสมบูรณ์แล้ว และยังไม่ได้ตั้งท้อง ก่อนการปลูกต้องตัดปลายใบให้เหลือยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ลอกกาบใบแก่ออกแล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นแช่ในน้ำหรือสารเร่งราก และต้องให้ท่วมโคนต้นประมาณ 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำขึ้นมาเก็บไว้ในที่ร่มรำไร ใช้ใบหญ้าแฝกคลุมหรือกระดาษหนังสือพิมพ์หุ้มที่โคน รดน้ำให้ชุ่ม แล้วจึงทำการคลุมด้วยพลาสติกใสเป็นเวลา 3 - 5 วัน หญ้าแฝกก็จะแตกหน่อและรากออกมา ทำการคัดเลือกหน่อที่สมบูรณ์ไปปักชำลงในถุงดำที่มีวัสดุเพาะชำที่มีการระบายน้ำได้ดี โดยอาจใช้ส่วนผสมของดินที่ใช้ปลูกด้วย ดินร่วน ทราย และ ถ่านแกลบ

สัดส่วน 1: 2: 1 หลังจากที่เพาะชำได้ 2 เดือน ก็สามารนำไปปลูกได้ โดยวิธีการนี้จะทำให้หญ้าแฝกมีโอกาสในการรอดสูงมาก (ยุพดี, 2543) สำหรับหญ้าแฝกที่มีการแยกหน่อขยายพันธุ์หลายครั้ง หรือกล้าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วนำไปปลูกอาจจะพบว่ามีการแตกกอในลักษณะที่แผ่ไปกับดินและต้นไม่ตั้งขึ้น สาเหตุนี้เกิดจากอัตราการเจริญของส่วนรากและลำต้นไม่สัมพันธ์กัน เกิดจากการเร่งแยกมากเกินไป ทำให้ต้นกล้าไม่แข็งแรง ซึ่งพบว่าเมื่อนำไปปลูกลงดินในแปลงช่วงระยะเวลาหนึ่งหญ้าแฝกจะเจริญเติบโตมีกอตั้งขึ้นเป็นปกติได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

3.3 การขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้อาหารสูตร MS ซึ่งเติม 6- benzyl amino purine (BAP) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้หญ้าแฝกมีการแตกยอด 3-5 ยอด ในเวลา 3 สัปดาห์ การเจริญเติบโตแข็งแรง และทำการย้ายชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมี 3 ยอด ลงอาหารสังเคราะห์สูตรเดิมแต่ลด BAP เหลือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติม 3-Indole butyric acid 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าหญ้าแฝกมีการแตกยอดเพิ่มขึ้น 10 - 20 เท่า ภายในเวลา 4 -6 สัปดาห์ โดยยอดที่เกิดใหม่มีขนาดเล็กลง และมีปริมาณมากมาย ชักนำให้เกิดราก โดยตัดแยกชิ้นส่วนยอดลงเพาะเลี้ยงอาหารสังเคราะห์สูตร MS ซึ่งไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ใส่ผงถ่าน พบว่ามีรากเกิดขึ้น 5 - 10 ราก ในเวลา 3 - 4 สัปดาห์ สามารถขยายพันธุ์หญ้าแฝกให้มีปริมาณมากที่มีต้นแข็งแรงสม่ำเสมอเหมือนต้นแม่พันธุ์ (อาทิตย์ และคณะ, 2536) นอกจากนี้ในรายงานของ Cedo et al. (2012) ได้ทำการทดลองโดยใช้สูตรอาหาร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 6-benzylaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มจำนวนของยอดได้ และเมื่อเติม naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือเติม indole-3-butyric (IBA) 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากเพิ่มมากขึ้นได้ ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารที่มีความเข้มข้นของ NAA และ BAP หรือ kinetin ที่เหมาะสม ทำให้เกิดการแตกหน่อจำนวนมาก และ BAP และ kinetin สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการงอกใหม่ของพืชได้

แนวคิดการจัดการน้ำสำหรับปลูกหญ้าแฝก

แนวคิดพื้นฐานการจัดการทรัพยากรน้ำคือ การสร้างความสมดุลน้ำ ระหว่างปริมาณน้ำต้นทุน (Water supply) และ ปริมาณความต้องการใช้น้ำ (Water demand) ในระบบที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพการใช้น้ำทั้งทางด้านผลิตผลและเศรษฐศาสตร์สูงสุด มาตรการจัดการน้ำต้นทุนในระบบชุมชนและเกษตร คือ การจัดหาแหล่งน้ำและระบบกักเก็บน้ำผิวดินจากน้ำฝน และการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาล และมาตรการจัดการการใช้น้ำ คือ หลักการจัดการปริมาณความต้องการใช้น้ำสำหรับการปลูกพืช (Crop water demand) ด้วยแนวคิดความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน พืช และ ภูมิอากาศ (Soil-Plant-Atmosphere continuum) เพื่อกำหนดเวลาและปริมาณน้ำอย่างอุตมภาคที่จะให้กับพืช

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน 1) ประเมินและตัดสินใจเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืช จากการแปลผล ปริมาณความชื้นดิน การแสดงออกทางสรีระวิทยาของพืชต่อความเครียดด้านน้ำ และสภาพภูมิอากาศ 2) กำหนดปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและคุณภาพของน้ำต้นทุน (น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน) และ ค่าชลภาระ (Water duty) ซึ่งผันแปรตามสมบัติทางชลศาสตร์ของดิน ได้แก่ ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินบริเวณเขตรากพืช (Soil water storage) น้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (Available soil moisture) และ การซึมลึก (Percolation) และ วิธีการให้น้ำ และ 3) กำหนดความถี่ในการให้น้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับการตอบสนองทางสรีวิทยาของพืชด้านน้ำ ระบบการเขตกรรม และสมบัติทางชลศาสตร์ของดิน (บุญลือ, 2563)

ความแม่นยำของการให้น้ำพืชในระบบเกษตร เป็นการควบคุมปริมาณการให้น้ำตามความต้องการน้ำที่แท้จริง เพื่อการผลิตพืชที่เหมาะสมตามความถี่ในการให้น้ำ และระดับของความผันแปรของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจการให้น้ำ ด้านภูมิอากาศ ปริมาณความชื้นในดิน และการตอบสนองทางสรีระวิทยาของพืช

Casadesús et al. (2012) วิเคราะห์ระบบ Smart farm ทั่วโลก ที่ประยุกต์ใช้ควบคุมการให้น้ำพบว่า ระบบส่วนมากมีการประมาณค่าความต้องการใช้น้ำด้วยวิธีการสมดุลน้ำในดิน เพื่อกำหนดการรักษาปริมาณน้ำในดินให้เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของพืช เพื่อป้องกันไม่ให้พืชประสบกับสภาวะเครียดด้านน้ำ โดยให้ความสำคัญกับการควบคุมระดับปริมาณน้ำในดินให้ค่าความจุความชื้นภาคสนาม (Field Capacity : FC) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ก่อนถึงความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Permanent willing point: PWP) และปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช จะกำหนดจากผลต่างของผลรวมความต้องการใช้น้ำของพืชในการคายระเหยและการรั่วซึมกับความชื้นในดินหรือฝนใช้การ

1. การใช้น้ำของพืชจากสภาพภูมิอากาศ หรือ อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ET_O คือ อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง เมื่อปลูกหญ้าในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลาจนไม่เป็นข้อจำกัดในการคายระเหย ดังนั้นอัตราการใช้น้ำที่วัดได้นี้จึงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืชนี้ (วิบูลย์, 2526) วิธีการคำนวณค่า ET_O ที่นิยมได้แก่ Penman-Monteith ที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศ และ Class A pan coefficients (Kp) ซึ่งใช้ค่าการระเหยน้ำจากถาดระเหยน้ำ เมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$ETc = Kc \times ET_O$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้น ๆ (Crop evapotranspiration) mm/day

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดนั้น ๆ (Crop coefficient)

ET_O = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) mm/day

2. สถานะของน้ำในดิน หรือ ความชื้นในดิน

การจำแนกประเภทความชื้นในดิน สามารถจำแนกของบุญลือ (2565) ได้ 5 ชนิด ได้แก่

- ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง จะคงเหลืออยู่แต่ Capillary Water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

- จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่าเป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้แม้ว่าจะเป็นปริมาณที่ไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือ ความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตขึ้น แต่ยังสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตของพืชอยู่ได้ ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชน้ำในดินจะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้ เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate Wiling Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวร ถึง Ultimate Wiling Point เรียกว่า Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wiling Point

- ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture) ความชื้นในดินที่พืชน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ Capillary Water ที่อยู่ระหว่าง Field Capacity และ Permanent Wilting Point ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าความชื้นในดินทั้งสองก็คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture)

- ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (Unavailable Moisture) ความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้

- ความชื้นเกินจำเป็น (Superfluous Moisture) ความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

3. สถานะของน้ำในต้นพืช

สัณฐานวิทยา สรีระวิทยาของพืช และดัชนีที่เกี่ยวข้องกับสถานะของน้ำในต้นพืช ถูกนำมาใช้กำหนดเวลาและปริมาณการให้น้ำแก่พืช ด้วยเครื่องมือตรวจวัดการแสดงออกทางสรีระวิทยาของพืชเกี่ยวกับสถานะของน้ำในต้นพืชทางตรง (Direct physiological indicator; Plant water status) ได้แก่ การวัดน้ำในต้นพืช (Plant water content) ด้วยเครื่องมือ stem micro variation sensors, dendrometers, leaf thickness sensors หรือ การวัดศักย์ของน้ำในต้นพืช (Plant water potential) ของราก ต้น หรือใบ ด้วยเครื่องมือ เช่น pressure chamber และ psychrometer)

สำหรับการตรวจวัดทางอ้อมที่เป็นบ่งชี้การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำในต้นพืช เช่น sap-flow porometer และอุณหภูมิเรือนยอดพืช ด้วย thermal infrared (บุญลือ, 2565)

พืชสามารถควบคุมสถานะของน้ำภายในลำต้นได้ด้วยการจัดการกับการตอบสนองต่อความชื้นในดินและความต้องการการระเหยน้ำเพื่อการคายระเหยจากสภาพภูมิอากาศ เช่น พืชจะลดการคายน้ำเมื่ออุณหภูมิในอากาศสูง ซึ่งเมื่อวัดการคายระเหยน้ำที่แท้จริง จะได้ค่าต่ำกว่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงที่คำนวณได้จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา หรือการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของพืชขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำในต้นพืชมากกว่าสถานะของน้ำในดิน ด้วยกลไกการปิดการลำเลียงน้ำเมื่อความต่างศักย์ของแรงดันระหว่างรากพืชกับความชื้นดินมีแนวโน้มที่พืชจะได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำ ดังนั้นการศึกษาสถานะของน้ำในต้นพืช เพื่อบ่งชี้ความเครียดของน้ำด้านพืช จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการสนับสนุนการตัดสินใจกำหนดการให้น้ำ (scheduling irrigation) ว่าควรจะให้น้ำเวลาใดร่วมกับความชื้นดิน และให้น้ำปริมาณเท่าใดร่วมกับค่าความต้องการใช้น้ำของพืชเพื่อการคายระเหยในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ (บุญลือ, 2565)

4. ปริมาณการใช้น้ำของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น มีระบบรากยาว ช่วยในการดูดซับน้ำในดิน มีการแตกหน่อที่เบียดกันแน่นและหนา สามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะต่าง ๆ ได้ดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ซึ่งในปัจจุบันศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ได้เข้ามามีบทบาทในการส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูกในพื้นที่ต้นน้ำและพื้นที่เกษตร เพื่อใช้ประโยชน์ในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน การบำบัดน้ำเสีย การดูดซับโลหะหนักในดิน และการรักษาความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน

โดยในการปลูกหญ้าแฝกจำเป็นต้องมีการให้น้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต นำไปสู่การเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งหญ้าแฝกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกลุ่ม และหญ้าแฝกดอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) โดยในแต่ละชนิดมีความหลากหลายทางสายพันธุ์ มีลักษณะประจำพันธุ์ และมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการปลูกในแต่ละพื้นที่ของประเทศที่แตกต่างกัน ทำให้มีความต้องการการใช้น้ำที่แตกต่างกัน จึงต้องมีวิธีการที่จะทำให้หญ้าแฝกมีอัตราการรอดตาย สามารถเจริญเติบโตได้ดี สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

จากการศึกษาของอำพร และคณะ (2562) ที่ได้ปลูกทดลองหญ้าแฝกตามความเหมาะสมในการปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในแต่ละภาคของประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ศรีลังกา เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกภาคเหนือ พันธุ์ร้อยเอ็ด เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์กำแพงเพชร 1 เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคกลางและภาคตะวันออก และพันธุ์สงขลา 3

เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคใต้ สถานที่ทำการศึกษาคือ สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง) สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี) และ สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 8 (ปัตตานี) ศึกษาจากการปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลองและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type Lysimeter) เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความชื้นที่หญ้าแฝกใช้ (ET) และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เก็บข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงทดลองเพื่อนำมาคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) ที่คำนวณจากวิธีการของ Penman Monteith และค่า K_C ของหญ้าแฝกจะคำนวณได้จากสมการ $K_C = ET/ET_O$ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของหญ้าแฝกแต่ละพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกาเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 หญ้าแฝกพันธุ์ร้อยเอ็ดเฉลี่ยเท่ากับ 1.03 หญ้าแฝกพันธุ์กำแพงเพชร 1 เฉลี่ยเท่ากับ 1.0 และหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 เฉลี่ยเท่ากับ 1.11 และยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากวิธีการของ Penman Monteith ที่เป็นสมการที่ดัดแปลงมาจากการใช้น้ำของพืชในตระกูลหญ้าเหมือนกัน

ในการศึกษาของ Hammam et al. (2019) ที่ได้ปลูกทดสอบระยะการปลูกของหญ้าแฝกภายใต้การให้ระบบน้ำหยดในระดับปริมาณต่าง ๆ ตามการคายระเหย (ET_O) พบว่า การให้น้ำในระดับ 1.2 $\%ET_O$ ส่งผลให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด ในส่วนของระยะการปลูกหญ้าแฝก ความหนาแน่นของหญ้าแฝกในแปลง 38,000 ต้น/แปลง และมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิตดีที่สุด

การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

หญ้าแฝก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการจัดการดินและน้ำ และการป้องกันความเสื่อมโทรมของดิน ถือได้ว่าเป็นวัตถุประสงค์หลักของการปลูกหญ้าแฝก (กมลพรรณ และคณะ, 2542) ซึ่งในหลายประเทศได้มีการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดย Wakindiki and Ben-Hur (2002) รายงานว่า การปลูกพืชเพื่ออนุรักษ์ดินบนพื้นที่ลาดชัน มีประโยชน์ในส่วนของ ทรงพุ่มของพืชช่วยลดแรงกระแทกจากฝนตก ช่วยให้น้ำซึมลงดินได้มากขึ้น รากของพืชช่วยยึดเกาะดิน และแถวของพืชช่วยลดความเร็วของน้ำไหลบ่า ในประเทศไนจีเรีย ได้ทดลองศึกษาจากการใช้หญ้าแฝกปลูกเป็นแถวสามารถช่วยกักเก็บตะกอนดินได้มาก ดินมีความชื้นมากขึ้น และทำให้ผลผลิตพืชปลูกเพิ่มขึ้น ส่วนแปลงที่ไม่มีปลูกหญ้าแฝกพบว่าดินถูกกร่อน และสูญเสียปริมาณธาตุอาหารมากกว่าในแปลงที่มีการปลูกหญ้าแฝก (Babalola et al., 2003) และในประเทศอินเดียพบว่า แถบหญ้าแฝกที่ปลูกตาม

แนวระดับในพื้นที่ลาดเท สามารถลดปริมาณการไหลบ่าของปริมาณน้ำฝน ลดการสูญเสียดิน และเพิ่มผลผลิตข้าวฟ่าง (กปร., 2556)

การใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในประเทศไทย จากการศึกษาของ กิตติมา (2558) ได้แบ่งเป็น 5 รูปแบบคือ การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันตะกอนดินทับถมลงแหล่งน้ำ การปลูกหญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและรักษาความชื้นในดิน การปลูกหญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม และการปลูกหญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกได้ ดังนี้

1. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

1) พื้นที่ลาดชัน โดยปลูกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ และดักตะกอนดิน อีกทั้งยังช่วยทำให้น้ำมีโอกาสซึมลงดินมากขึ้น ระยะห่างระหว่างแถวของหญ้าแฝกจะขึ้นอยู่กับความชันของพื้นที่ ถ้ายิ่งพื้นที่มีความชันสูง มักจะปลูกหญ้าแฝกโดยให้มีระยะระหว่างแถวน้อยลง จำนวนแถวจะถี่ขึ้น หรือปลูกร่วมกับวิธีกล เช่น ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขอบขั้นบันไดดิน เพื่อให้หญ้าแฝกช่วยลดการกร่อนของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถปลูกพืชหลักในพื้นที่ระหว่างแถวหญ้าแฝกได้ด้วย โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกกับความชันของพื้นที่

ความลาดชัน (%)	ระยะห่างของแถวหญ้าแฝก (เมตร)
5-10	30
11-15	20
16-20	15
21-25	12
26-30	10
31-35	8
36-45	7
46-55	6

2) พื้นที่ไหล่ถนน การปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างของไหล่ถนน ต้องไม่บดบังทัศนวิสัยในการขับขี่ ซึ่งเป็นวิธีป้องกันความเสียหายของไหล่ถนนจากการกัดเซาะของน้ำได้ดี โดยเฉพาะถนนลูกรัง ที่มักประสบปัญหาถูกน้ำกัดเซาะจนเสียหาย และจำเป็นต้องซ่อมแซมอยู่เสมอ

ในการวางแนวปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างของไหล่ถนน ให้แถวแรกอยู่บนไหล่ถนน แถวถัดลงไปอยู่ต่ำกว่าไหล่ถนนประมาณ 100 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความของลาดชัน และความกว้างของไหล่ถนน

3) ทางลำเลียงในไร่นา เป็นเส้นทางในการลำเลียงผลิตผลทางการเกษตรออกจากพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นแนวคันดินหรือดินลูกรังซึ่งถูกกัดเซาะได้ง่าย การปลูกหญ้าแฝกให้ปลูกบริเวณริมขอบทางลำเลียงทั้ง 2 ข้าง ยาวตลอดจนสุดแนวทางลำเลียงนั้น

2. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันตะกอนดินทับถมลงแหล่งน้ำ

1) ปลูกหญ้าแฝกตามแหล่งน้ำ การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่แหล่งน้ำแบบต่าง ๆ ได้แก่อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ สระน้ำ แม่น้ำ ลำธาร คลอง และคลองส่งน้ำ แนวหญ้าแฝกจะช่วยป้องกันการพังทลายของขอบแหล่งน้ำนั้น และช่วยดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงไปทับถมในแหล่งน้ำ

(1) อ่างเก็บนำ วางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับของความลาดเท จำนวน 3 แถว (ไม่ควรปลูกบริเวณคันหรือสันอ่างเก็บน้ำ)

(2) บ่อน้ำสระน้ำจะต้องวางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับ จำนวน 2 แถว

(3) แม่น้ำ ลำธาร คลอง คลองส่งน้ำ วางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเรียบ ขนานไปตามความยาวของแม่น้ำ ลำธาร คลองหรือคลองส่งน้ำ ทั้ง 2 ฝั่ง โดยปลูกห่างจากริมฝั่งเข้าไป 50 เซนติเมตร ในกรณีที่ริมตลิ่งมีความชันมากและเป็นพื้นที่ที่มีการไหลผ่านของน้ำจะเน้นการป้องกันดินตามแนวตลิ่งที่ถูกกระแสน้ำพัดผ่าน จึงควรปลูกหญ้าแฝกที่ระดับน้ำท่วมสูงสุด 1 แถว และปลูกเพิ่มขึ้นอีก 1-2 แถวเหนือแถวแรก ซึ่งจำนวนแถวขึ้นอยู่กับความกว้างของไหล่คลองนั้น

2) ปลูกหญ้าแฝกบริเวณร่องน้ำ การปลูกหญ้าแฝกในบริเวณร่องน้ำ หรือทางระบายน้ำในไร่นา ปลูกพาดผ่านร่องน้ำเป็นรูปตัววีคว่ำ ให้ส่วนแหลมของตัววีคว่ำอยู่กลางร่องน้ำ หันทวนน้ำ ส่วนแขนทั้งสองข้างของตัววีจะพาดขึ้นไปถึงบนฝั่งร่องน้ำทั้ง 2 ด้าน เพื่อลดความแรงของน้ำและกระจายน้ำให้เข้าไปในพื้นที่ทั้ง 2 ฝั่ง โดยทั่วไปใช้กล้าหญ้าแฝกในถุงพลาสติกขนาดเล็ก 2x6 นิ้ว ใช้ระยะปลูก 10 เซนติเมตร อาจปลูกแถวเดี่ยวหรือปลูก 2 แถวสลับฟันปลา ควรปลูกก่อนฤดูฝน และต้องดูแลรดน้ำ สำหรับระยะห่างระหว่างแนวตัววีประมาณ 2 เมตร

3) ปลูกหญ้าแฝกบริเวณร่องสวน ในพื้นที่ที่มีการยกร่องสวนเพื่อปลูกพืช การปลูกหญ้าแฝกช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดินขอบร่องสวน การปลูกหญ้าแฝกควรปลูกบนร่องสวน 1 แถว และห่างริมขอบแปลง 30 เซนติเมตร

3. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและรักษาความชื้นในดิน

หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกเจริญเติบโตในแนวดิ่งมากกว่าออกทางด้านข้างและมีจำนวนรากมากจึงเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดีสามารถกักเก็บน้ำและความชื้นได้ระบบรากแผ่ขยายโดยรอบกอเพียง 50 เซนติเมตร ไม่เป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกข้างเคียง ใบหญ้าแฝกที่ตัดแต่งจะใช้คลุมดิน ช่วยรักษาความชื้น ควบคุมวัชพืชและเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่หน้าดิน เป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูก จัดเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยเก็บรักษาความชื้นในดิน และปรับปรุงบำรุงดินให้ร่วนซุยขึ้น (ภาพที่ 3) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวระหว่างแถวพืช การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวระหว่างแถวที่ปลูกพืชผักพืชไร่หรือไม้ผล การปลูกหญ้าแฝกอาจปลูกทุกแถวพืช หรือเว้น 1-2 แถวจึงปลูกหญ้าแฝก 1 แถว และยาวตลอดแนวพืชที่ปลูก

2) ปลูกหญ้าแฝกรอบพื้นที่ปลูกพืช การปลูกหญ้าแฝกวิธีนี้ให้ปลูกเป็นแถวล้อมรอบพื้นที่ปลูกพืชตามแนวขอบเขตของแปลงปลูกพืช และตัดใบคลุมดินทุก 3 เดือน เป็นการช่วยรักษาความชื้นในดิน ควบคุมวัชพืช และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

3) ปลูกหญ้าแฝกแบบครึ่งวงกลมหรือวงกลม ส่วนมากใช้กับไม้ผลหรือไม้ยืนต้น รูปแบบการปลูกแบบครึ่งวงกลมใช้ในพื้นที่ลาดเท ให้รูปครึ่งวงกลมหงายรับน้ำที่ไหลบ่ามาเพื่อกักเก็บน้ำและตะกอนดินส่วนแบบวงกลมใช้ในพื้นที่ราบ โดยทั้ง 2 แบบ ให้ปลูกเป็นแถวเดี่ยวล้อมรอบต้นไม้ในกรณีที่เริ่มปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้นยังเล็ก ให้ปลูกหญ้าแฝกห่างจากขอบรัศมีทรงพุ่ม 30 เซนติเมตร และเมื่อต้นไม้โตขึ้นมีรัศมีทรงพุ่มใหญ่ขึ้นร่มเงาต้นไม้จะบังต้นหญ้าแฝก หญ้าแฝกจะตายกลายเป็นอินทรียวัตถุในดิน และให้ปลูกหญ้าแฝกใหม่ห่างจากรัศมีทรงพุ่ม 50 เซนติเมตร

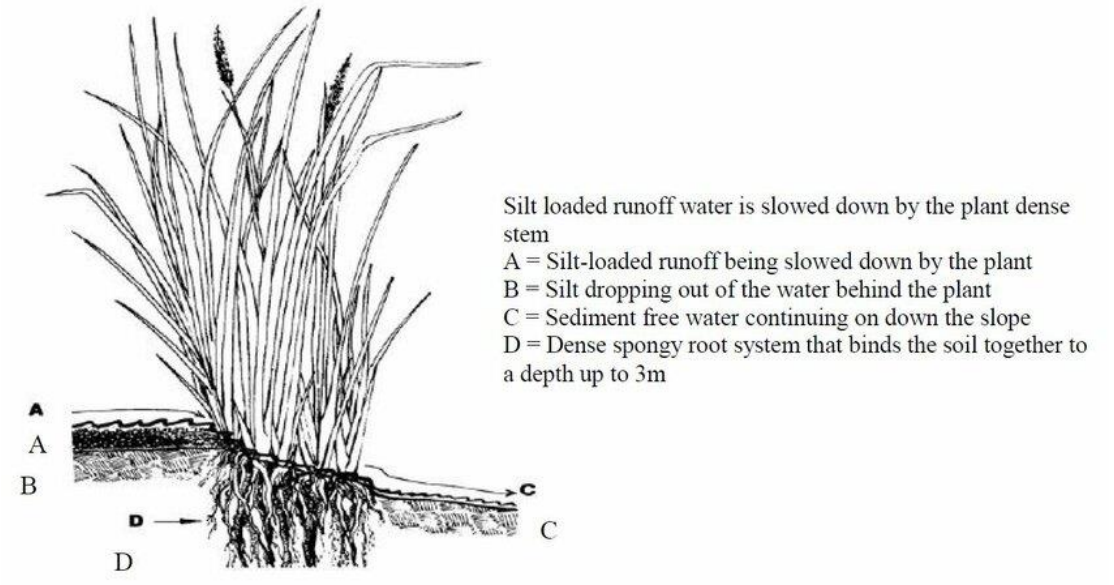
4. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม

การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ที่ต้องการปรับปรุงดิน เช่น ในพื้นที่นากุ้งร้าง พื้นที่ดินเปรี้ยว ดินเค็มดินลูกรัง ดินทราย พื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์และดินแน่นทึบ การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่เหล่านี้จะปลูกให้เต็มพื้นที่ หลังจากการไถพรวนพื้นที่เป็นอย่างดีแล้ว ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยหมักแล้ว นำกล้าหญ้าแฝกที่เพาะชำในถุงพลาสติกขนาด 2 x 6 นิ้วซึ่งแตกหน่อ 2 - 3 หน่อขึ้นไป (อายุ 45 - 60 วัน) ปลูกในแปลงขณะที่ดินมีความ ชุ่มชื้น โดยใช้ระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร และเพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตดีควรกำจัดวัชพืชและให้น้ำตามความเหมาะสม ควรตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับสูง 30 เซนติเมตร อย่างสม่ำเสมอทุกเดือน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและใช้ใบคลุมดินไว้เพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้นในดินและเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ใช้ระยะเวลาปลูก 2-3 ปี สภาพดินดีขึ้น เนื่องจากใบหญ้าแฝกที่คลุมดินและระบบรากหญ้าแฝกที่มีปริมาณมากจะชอนไชในดินทำให้ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น จึงไถกลบใบและรากหญ้าแฝกและใช้พื้นที่ปลูกพืชได้

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงและพัฒนาดินที่แข็งเป็นดาน โดยหญ้าแฝกมีศักยภาพในการปรับปรุงและพัฒนาดินที่แข็งเป็นดานซึ่งเดิมปลูกพืชไม่ได้ให้สามารถปลูกพืชได้ในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์และการแลกเปลี่ยนประจุบริเวณรากหญ้าแฝกจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และกรดอินทรีย์ (organic acid) ต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายทางเคมีของแร่ธาตุองค์ประกอบเชิงซ้อนของดินดาน น้ำจะสามารถแทรกซึมเข้าไปในดินดาน ช่วยทำให้ดินดานอ่อนยุ่ยและรากหญ้าแฝกสามารถหยั่งและชอนไชผ่านชั้นดานแข็งได้ทำให้รากของพืชอื่นสามารถหยั่งลงไปในดินดังกล่าวได้

5. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม โดยปลูกช่วยบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ช่วยดูดซับสารพิษจากดิน บำบัดดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักบางชนิด และช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและกักเก็บคาร์บอนในดิน



ภาพที่ 3 ประโยชน์การใช้หญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ที่มา : Carlin et al. (2002)

การเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโต (growth) จะเริ่มตั้งแต่งอกจากเมล็ดไปเป็นต้นกล้า (seedling) เมื่อต้นกล้ามีอายุมากขึ้นก็จะกลายเป็นต้นพืช มีการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งการเจริญและพัฒนาการในช่วงแรก ๆ นี้ จะเป็นไปในทางการเพิ่มขนาดและน้ำหนักของต้นพืช เมื่อพืชมีอายุที่เหมาะสม หรือพัฒนาการมาจนถึงที่สุด เป็นผลโดยตรงจากการแบ่งเซลล์ (cell division) และการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) และเมื่อได้รับการกระตุ้นหรือชักนำจากสภาพภายนอก ก็จะออกดอก ติดผล และสร้างเมล็ดขึ้นมา จากนั้น เมล็ดก็จะพัฒนาการเป็นต้นพืชต่อไป ส่วนพืชต้นเดิมนั้น บางชนิดอาจตายไป (annual plant) แต่บางชนิดอาจมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่อไปในลักษณะเดียวกับช่วงที่ต้นพืชยังไม่ออกดอก (perennial plant) พงษ์ศักดิ์ (2521)

การเจริญเติบโตของพืชเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของปัจจัย 2 ปัจจัยซึ่งกระทำร่วมกัน คือ

1. ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม (Genetic Factor) ของต้นไม้แต่ละชนิด
2. ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม (Environment Factor)

การเจริญเติบโตจะแตกต่างกันไปตามลักษณะภายในของพืชแต่ละชนิด และอิทธิพล ของปัจจัยภายนอก ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ได้แก่ อายุ ความหนาแน่นของพืช และสภาพพื้นที่ที่พืชขึ้นอยู่ พงษ์ศักดิ์ (2521) กล่าวว่าปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ น้ำ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน วิตามิน เกลือแร่ ฮอร์โมนและสารอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตของพืชจึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต และขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมของพืช ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหล่านี้มีการกระทำร่วมกันยากที่จะจำแนกได้ว่า ปัจจัยใดสำคัญที่สุด การเจริญเติบโตสามารถแสดงได้ในรูปของ Sigmoid Curve หรือเส้นกราฟรูปตัว S ทั้งนี้ เนื่องมาจากต้นไม้แต่ละชนิดมีชวงชีวิต (Life Span) แตกต่างกัน (ธเนศ, 2550)

เส้นโค้งของการเจริญเติบโตเป็นเส้นกราฟที่แสดงแบบแผนของการเติบโต เทียบกับปัจจัยด้านเวลา อัตราการเจริญเติบโตของเซลล์ อวัยวะของพืช หรือวงจรชีวิตทั้งหมดของพืชนั้น ซึ่งวัดได้จากความยาว ขนาด พื้นที่ ปริมาตร หรือน้ำหนัก จะพบว่าระยะการเติบโตที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดเส้นโค้งรูปตัว S หรือ Sigmoid Curve หรือ S shape (ภาพที่ 4) (Price & Munns, 2016) สามารถแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้

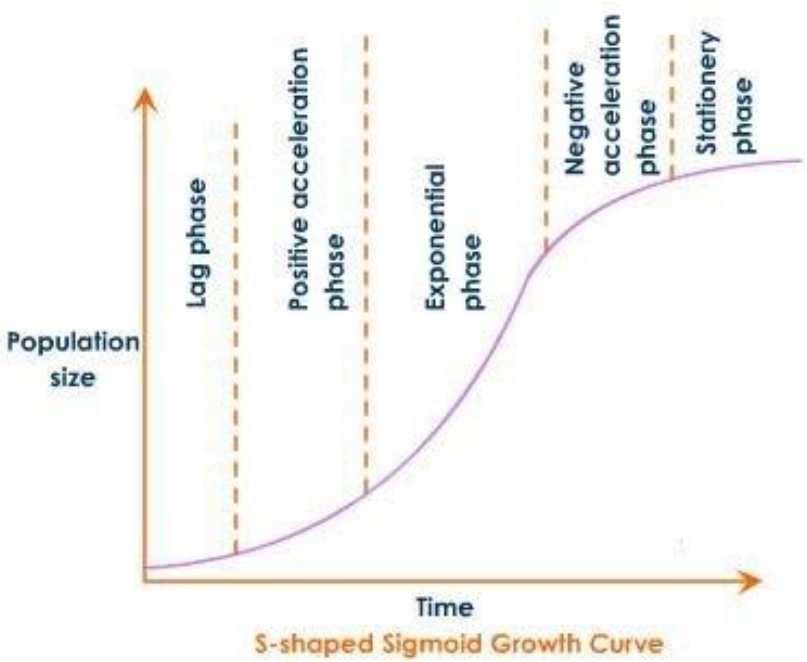
ระยะที่ 1 (lag) ระยะที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นระยะการสร้างเซลล์ และปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ธาตุอาหาร เส้นโค้งการเจริญเติบโตจึงมีความชันเล็กน้อย

ระยะที่ 2 (positive acceleration) ระยะเร่งการเจริญเติบโต จะมีจำนวนเซลล์ และมีการสะสมอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหาร และสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ช่วงแสง การเจริญเติบโตของระยะนี้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น

ระยะที่ 3 (exponential) ระยะที่การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นระยะที่พืชนั้นมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ การสร้างสารอาหารต่าง ๆ สะสมในเซลล์มากขึ้น ทำให้มีการเพิ่มการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เส้นโค้งการเจริญเติบโตจึงมีความชันมากกว่าระยะอื่น ๆ

ระยะที่ 4 (negative acceleration) ระยะที่มีการเจริญเติบโตช้าลง

ระยะที่ 5 (stationary) ระยะที่การเจริญเติบโตคงที่ เป็นช่วงที่การสังเคราะห์สารเท่ากับการใช้สารของต้นพืช



ภาพที่ 4 ระยะการเจริญเติบโตของพืช

ที่มา: Price and Munns (2016)

การสร้างโมเดลการเติบโตมีประโยชน์ในการทำความเข้าใจวงจรการเติบโตของพืชและการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของพืชนั้น ๆ เนื่องจากการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชจะได้รับผลกระทบจากปัจจัยสภาพแวดล้อมหลายอย่าง จึงมักเกิดลักษณะทางสรีรวิทยาต่าง ๆ

แบบจำลองกราฟการเจริญเติบโตพืช เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในงานวิจัย แบบจำลองการเติบโตสามารถนำมาใช้เพื่อสรุปในทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับข้อมูลเวลากับ

การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหรือส่วนหนึ่งของสิ่งมีชีวิต (Thornley และ France, 2007) นอกจากนั้น Paine et al. (2011) อธิบายว่าการเจริญเติบโตของพืชเป็นกระบวนการทางนิเวศพื้นฐาน และแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชในปัจจุบันยังมีความสำคัญในการอธิบายกระบวนการทางชีวภาพกับสภาพแวดล้อม และเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัยในด้านพืช

ในการอธิบายการเจริญเติบโตโดยใช้คณิตศาสตร์ จะมีสองแนวคิดหลักได้แก่ การอธิบายโดยใช้เส้นโค้งการเจริญเติบโต (growth curve) และการทำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) โดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต France และ Thronley (1984) ให้ความหมายของทั้งสองรูปแบบ โดยกล่าวถึงการอธิบายในแบบแรกว่าเป็นการสร้างตัวแบบโดยการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เป็นแนวคิดหลักในการทำตัวแบบ (empirical model) ในขณะที่อีก แนวคิดจะใช้กลไกการเจริญเติบโตเป็นแนวคิดหลักในการทำความเข้าใจและทำตัวแบบ (mechanistic model)

การใช้เส้นโค้งการเจริญเติบโตสร้างตัวแบบ มักจะได้ลักษณะของตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต โดยฟังก์ชันที่ได้มักจะไม่สามารถอธิบายลักษณะทางธรรมชาติ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องในเชิงกระบวนการทางชีววิทยาได้ ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากตัวแบบนี้ ได้จากการปรับเส้นโค้ง (curve fitting) ให้เข้ากับข้อมูลการเจริญเติบโตที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อดีของการอธิบายโดยวิธีนี้คือ ง่ายต่อการได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นฟังก์ชันซึ่งอยู่ในวงศ์ (family) ของฟังก์ชันที่มักใช้ในการอธิบายการเจริญเติบโต ซึ่งฟังก์ชันที่ได้ควรจะสามารถแสดงถึงรูปแบบการเจริญเติบโต ณ เวลาต่าง ๆ ได้สอดคล้องกับข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด และทำนายการเจริญเติบโตได้ดี (ณฐกร, 2559)

ในปัจจุบันมีการนำเสนอแบบจำลองการเติบโตจำนวนมากสำหรับพืช เช่น logistic (Lipovetsky 2010), Gompertz (Gompertz 1825), Richards (Richards 1959), Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957), Weibull (Weibull 1951), Hill (Archontoulis & Miguez 2015) และ Beta (Yin et al . 2003) เป็นต้น

ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีความฉลาดสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติและสามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งจะช่วยให้อำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ได้อย่างมากมาย เช่น การควบคุม การสั่งการ การติดตาม การเฝ้าระวัง และการประเมินผล เป็นต้น และเชื่อมต่อทุกที่ทุกแห่งที่มีระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรียกได้ว่าเป็นอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวคือ เทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things, IoT) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า IoT ซึ่งแนวคิดของ IoT ถูกนำเสนอตั้งแต่ปี ค.ศ.1999 แต่ไม่ได้รับการตอบรับเท่าที่ควร อาจมาจากที่ระบบ

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังไม่แพร่หลายมากนัก และทรัพยากรต่าง ๆ ที่เป็น เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์เชื่อมต่อ หรือโปรแกรมคำสั่งต่าง ๆ ยังดูยุ่งยาก ซับซ้อน ทำให้การพัฒนาทางด้านนี้ไปเป็นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและใช้งานได้ดี จึงทำให้แนวคิดการพัฒนา IoT ได้รับการยอมรับและพัฒนาจนสามารถใช้งานได้หลากหลาย และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (วีระชาติ และคณะ, 2562)

1. ความหมายเทคโนโลยีไอโอที

สำหรับอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งนั้นมีคำสำคัญสองคำ คือคำว่า “Internet” คือ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่เชื่อมต่อและสื่อสารจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ หรือจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังอีกเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งได้ ส่วนคำว่า “Thing” นั้นหมายถึงสรรพสิ่งทุกอย่าง วัตถุหรือสิ่งของ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ โต๊ะ เก้าอี้ ปากกา ดินสอ เสื้อผ้า รองเท้า ฯลฯ (วิวัฒน์, 2559) การนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ มาใช้ประโยชน์เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับมนุษย์ได้ โดยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางการสื่อสารอินเทอร์เน็ต เป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด นวัตกรรมสมัยใหม่นี้จะช่วยให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ กับมนุษย์ สามารถทำได้ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น (มหศักดิ์, 2561) และ Scully and Luet (2016) ได้ให้นิยามคำว่า Internet of Things คือ แนวความคิดที่อธิบายถึงการเชื่อมต่อ (Connecting) กับวัตถุทางกายภาพใด ๆ หรือ “สิ่ง (Thing)” ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเชื่อมต่อกับวัตถุต่าง ๆ แบบนี้ จะส่งผลกระทบสำคัญในการจัดการข้อมูล หรืออุปกรณ์จำนวนมาก ที่ต้องปรับเปลี่ยนให้สามารถเชื่อมต่อหรือสื่อสารกันได้ ดังนั้น Internet of Things จึงเป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาฝังไว้ในสิ่งต่าง ๆ

2. การประยุกต์ใช้งานไอโอที

ความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่หลากหลายเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตมีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายและกว้างขวางมาก โดยรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่าง ๆ จำนวนมากเข้ากับโครงข่าย จะช่วยให้สามารถตรวจวัดข้อมูลที่หลากประเภทประเภทได้เป็นจำนวนมาก และช่วยให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และแสดงผลแบบกราฟฟิกเพื่อช่วยในการตัดสินใจได้เมื่อนำระบบดังกล่าวผนวกเข้ากับ ระบบ Big Data จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อน มีจำนวนมากและทันเหตุการณ์

2.1 Smart city หรือ เมืองอัจฉริยะ เป็นเมืองที่มีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ เพื่อทำให้เกิดคุณภาพชีวิตของพลเมืองนั้นดีขึ้น ส่งผลให้การใช้ชีวิตนั้นสะดวกสบาย (วีระชาติ และคณะ, 2562) ทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการสาธารณะของเมืองได้อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงระบบรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยการเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันเพื่อช่วยพัฒนาระบบบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (จารุวรรณ, 2563)

2.2 Smart home หรือบ้านอัจฉริยะ คือ ระบบการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน มีการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ การควบคุม การแสดงภาพ และการสื่อสารเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายของสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ภายในบ้าน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในการควบคุมระบบอัตโนมัติของทั้งระบบ และการจัดการที่สะดวกยิ่งขึ้น (Fang et al., 2012) นอกจากนี้จะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์เพิ่มขึ้น สำหรับสภาพแวดล้อมภายในบ้านที่เป็นสมาร์ทโฮม (Du et al., 2013; Gao et al., 2014; Wu & Fu, 2012)

2.3 Smart farming หรือฟาร์มอัจฉริยะ หรือ เกษตรอัจฉริยะ คือ เป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้งานในด้านการเกษตรเพื่อช่วยในการตัดสินใจ แก้ไขปัญหาต่าง ๆ โดยที่เกษตรกรสามารถปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ให้มากที่สุด รวมถึงการจัดการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียทรัพยากรโดยใช่เหตุ มีการใช้ทรัพยากรนั้นได้อย่างแม่นยำ (วีระชาติ และคณะ, 2562)

3. การนำเทคโนโลยี ระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้งานด้านการเกษตร

ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติคือ ระบบสั่งการและประมวลผลแบบอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กในการควบคุม กำหนดเวลาในการเปิด-ปิดวาล์วน้ำ เพื่อให้น้ำเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คือ “ไมโคร” (Micro) หมายถึง ขนาดเล็ก และ “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึง ตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ คือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไวในตัวถังเดียวกัน ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เช่น ภาษา Assembly ภาษา Basic ภาษา C ภาษา Pascal เป็นต้น (สมชาย, 2557)

3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นบอร์ดสำเร็จรูปที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย ถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL มีข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้และความสามารถ

ในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ตัวบอร์ดสามารถนำโมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทาง Arduino เรียกว่าเป็น shield เพื่อเพิ่มความสามารถให้ดีขึ้น จึงทำให้บอร์ดนี้สามารถนำมาพัฒนาโครงงานต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย เรียนรู้ได้ง่าย ราคาถูก มีซอฟท์แวร์รองรับมากมาย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นเรียนรู้ระบบ IoT ในกิจกรรมโครงงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (สมชาย, 2557)

3.3 ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกับอาดูโน่ (Arduino IDE) ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีชื่อว่า Arduino IDE เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับบอร์ด Arduino ด้วยภาษาซี (C/C++) ซึ่งในตัวซอฟต์แวร์มีเครื่องมือให้ใช้งานที่เป็นทั้ง Editor สำหรับเขียนชุดคำสั่งโปรแกรม เป็น Compiler สำหรับแปลงชุดคำสั่งภาษาซี เป็นภาษาเครื่อง และเป็น Programmer สำหรับโปรแกรมชุดคำสั่งภาษาเครื่องลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งมีหน้าต่าง Serial Monitor สำหรับดูผลลัพธ์การสื่อสารแบบอนุกรม และที่สามารถติดตั้งใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ทั้ง Window 32 และ 64 บิต Mac OS และ Linux ถือว่าเป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถสูงสำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ติดตั้งง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน (ศิริพงษ์, 2562)

3.4 NodeMCU คือ บอร์ดคล้าย Arduino ที่สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้ เป็นแพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค IoT มาพร้อมกับโมดูลไร้สาย WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต มีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input และ Output ติดตั้งมาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ IO ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ สามารถให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ ทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU สามารถทำได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ที่จะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิด-ปิดไฟผ่าน WiFi ฯลฯ อีกทั้งสามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับ Arduino และบอร์ดก็มีราคาถูกเหมาะแก่ผู้ที่คิดจะเริ่มต้นศึกษา หรือทดลองใช้งานเกี่ยวกับ Arduino ระบบ IoT และโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ (สุวิทย์ และคณะ, 2562)

3.5 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เปิดปิดวาล์วทางไหลเข้าออกของน้ำ วาล์วจะทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามา ทำให้มีการเปิดปิดการจ่ายน้ำในระบบท่อน้ำ (วีระชาติ และคณะ, 2562)

3.6 แบตเตอรี่ (battery) สามารถปล่อยประจุได้ถึง 60-80 เปอร์เซ็นต์ ของประจุรวมก่อนที่จะทำการชาร์จประจุใหม่ ในการทดลองวิจัยนี้ใช้ขนาด 12 Ah ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ (วีระชาติ และคณะ, 2562)

3.7 เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Charge controller) สำหรับควบคุมแรงดันการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันการเสียหายของแบตเตอรี่และยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้เพิ่มมากขึ้น ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย (วีระชาติ และคณะ, 2562)

3.8 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ (วีระชาติ และคณะ, 2562)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Moula and Rahman (2008) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการเพาะชำหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) ในประเทศบังกลาเทศ ดำเนินการตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2544 โดยใช้จำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้จำนวนหน่อ 2 หน่อ/กอ ในการเริ่มปลูกมีอัตราการรอดตายสูงที่สุดและมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนหน่อต่อกอมากที่สุด

การศึกษาของ Hammam et al. (2019) ได้ศึกษาหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* L.) ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ได้รับผลกระทบจากประชากรพืชต่าง ๆ ในสภาพดินถม โดยหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีแนวโน้มในการนำมาใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมน้ำหอม แต่ยังไม่ได้รับความนิยมในอียิปต์ ที่ให้ความสำคัญในด้านการให้น้ำและความหนาแน่นของประชากรพืชเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโต จึงได้ทำการทดลองภาคสนามในช่วงสองฤดูกาลติดต่อกันของปี 2560 และ 2561 เพื่อหาอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมที่สุด และความหนาแน่นของประชากรหญ้าแฝกในดินทราย ภายใต้ระบบน้ำหยด โดยใช้การออกแบบแปลงแบบแยกย่อย 3 ซ้ำ มีอัตราการให้น้ำสามแบบคือ I1= 1.2, I2= 1.0 และ I3= 0.80 ของการคายระเหย (ET_O) และความหนาแน่นของประชากรพืชสามแบบ (D1= 25,000, D2= 38,000 และ D3= 50,000 ต้น/แปลง) โดยที่การให้น้ำ เป็นปัจจัยหลักและความหนาแน่นเป็นปัจจัยรอง ผลการทดลองพบว่า ระดับการให้น้ำที่ 1.0 ของการคายระเหย ให้ผลผลิตหญ้าแฝก องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) เพิ่มขึ้น ในด้านความหนาแน่นของพืช พบว่าอัตราการให้น้ำ 1.2 ของการคายระเหย มีอัตราการเจริญเติบโตของพืชและให้ผลผลิต

มากที่สุด ในด้านความหนาแน่นของต้นพืชที่ D2 ให้จำนวนหน่อต่อกอ ความยาวราก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งต่อต้น และเปอร์เซ็นต์น้ำมันมากที่สุด ความหนาแน่นที่ D3 ให้ความยาวของรากสูงสุด ในขณะที่ค่าโพรลีนสูงสุดมาจาก D1 ทั้งสองฤดูกาล

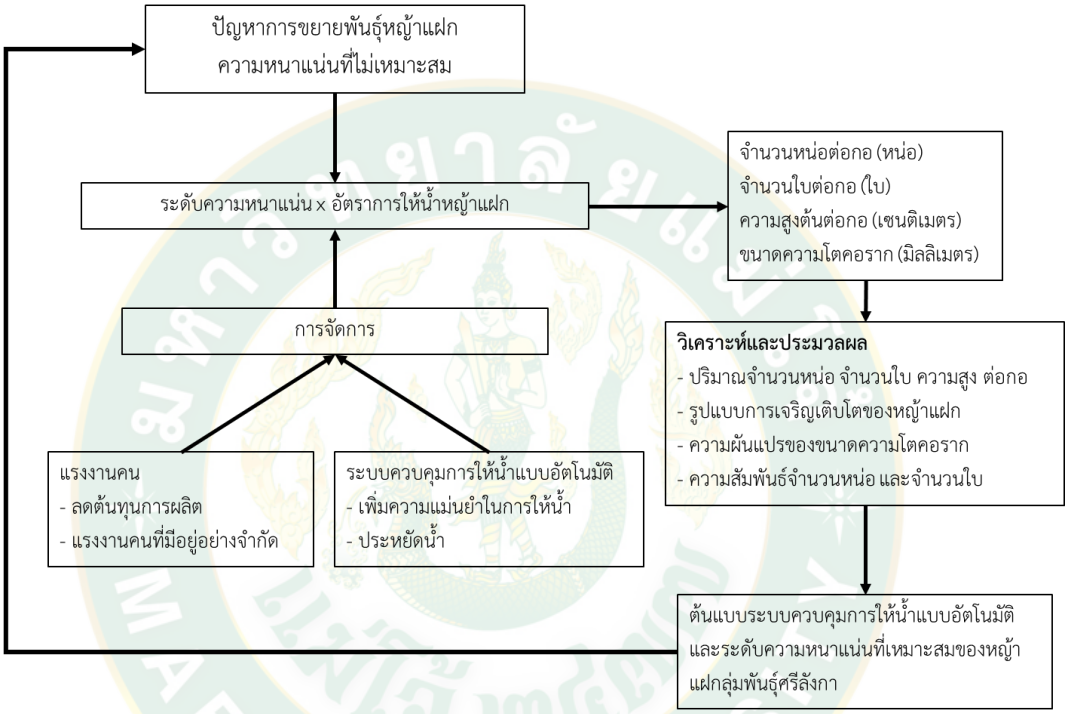
จากการศึกษาของอำพร และคณะ (2562) ได้ปลูกทดลองหญ้าแฝกพันธุ์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสมในการปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในแต่ละภาคของประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ศรีลังกา เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกภาคเหนือ พันธุ์ร้อยเอ็ด เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์กำแพงเพชร 1 เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคกลางและภาคตะวันออก และพันธุ์สงขลา 3 เป็นตัวแทนหญ้าแฝกที่ปลูกในภาคใต้ สถานที่ทำการศึกษา คือ สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง) สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี) และ สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 8 (ปัตตานี) ศึกษาจากการปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลองและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type Lysimeter) เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความชื้นที่หญ้าแฝกใช้ (ET) และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เก็บข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงทดลองเพื่อนำมาคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) ที่คำนวณจากวิธีการของ Penman Monteith และค่า K_C ของหญ้าแฝกจะคำนวณได้จากสมการ $K_C = ET/ET_O$ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของหญ้าแฝกแต่ละพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกาเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 หญ้าแฝกพันธุ์ร้อยเอ็ดเฉลี่ยเท่ากับ 1.03 หญ้าแฝกพันธุ์กำแพงเพชร 1 เฉลี่ยเท่ากับ 1.0 และหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 เฉลี่ยเท่ากับ 1.11 และยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากวิธีการของ Penman Monteith ที่เป็นสมการที่ดัดแปลงมาจากการใช้น้ำของพืชในตระกูลหญ้าเหมือนกัน

Ghosh et al. (2018) ได้ศึกษาการใช้ระยะห่างระหว่าแถวของหญ้าแฝก เพื่อรักษาเถียรภาพริมฝั่งแม่น้ำคงคาตอนล่าง ในประเทศอินเดีย โดยทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแถวปลูก 5 แถว คือ 90 75 60 45 และ 30 เซนติเมตร พบว่า การปลูกหญ้าแฝกโดยให้มีระยะห่างระหว่างแถวที่ 30 เซนติเมตร สามารถรักษาเสถียรภาพดินได้ดีที่สุด แต่ในขณะเดียวกัน การใช้ระยะห่างที่ 75 เซนติเมตร สามารถให้ผลผลิตทางด้วยมวลชีวภาพมากที่สุด

จากการศึกษาของ Kaveeta et al. (2000) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของหญ้าแฝก 4 สายพันธุ์ คือ ศรีลังกา สุราษฎร์ธานี ราชบุรี และกำแพงเพชร 1 ดำเนินการที่สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เชียงใหม่ ในเดือนสิงหาคม 2540 กันยายน 2541 การศึกษาการพัฒนาปลายยอดโดยเน้นที่อัตราการผลิตใบในช่วงแรกเริ่ม (ช่วงพลาสโทครอน) อัตราการเกิดใบ (ช่วงไฟโตโครรอน) การเริ่มออกดอก โครงสร้างดอก และการออกดอก ผลการวิจัยพบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์มีรูปแบบการพัฒนาปลายที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมากในด้านระยะเวลา และอัตราของการพัฒนาแต่ละครั้ง พันธุ์ศรีลังกาและสุราษฎร์ธานี มีการพัฒนาตั้งแต่ออกดอกและ

บานเต็มที่ ใช้เวลาประมาณ 273-300 วันหลังปลูก ซึ่งเร็วกว่าพันธุ์ราชบุรีและกำแพงเพชร 1 ที่ใช้ระยะเวลา 360 และ 368 วันหลังปลูก ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ศรีลังกาและสุราษฎร์ธานีมีอัตราการผลิตใบแรกเริ่มที่เร็วกว่า

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

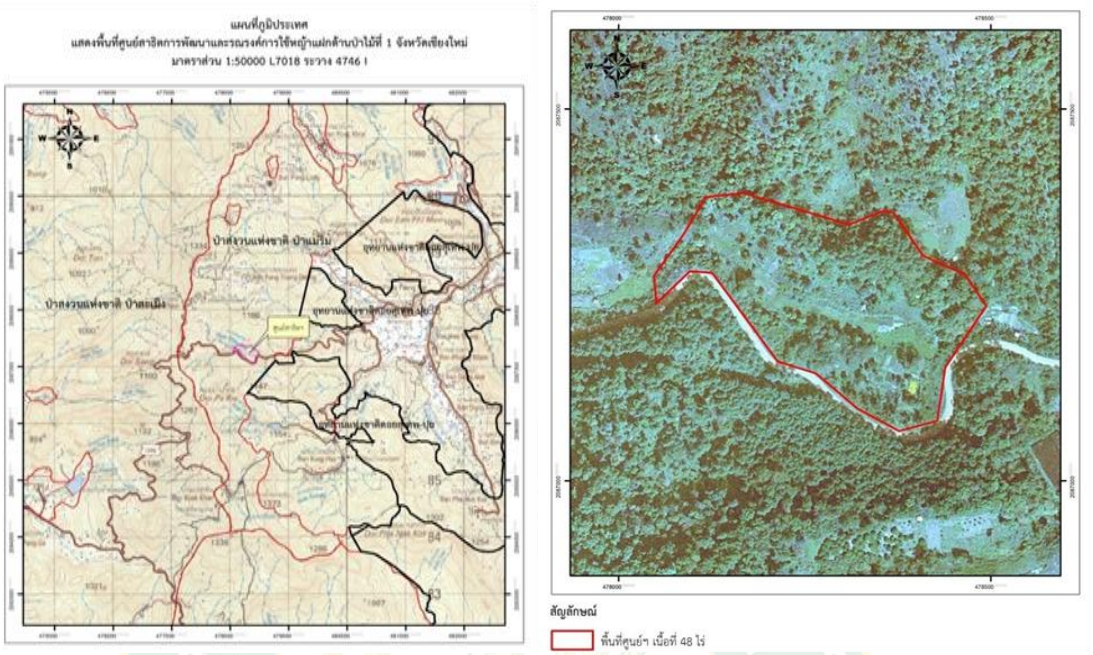
การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ มีวิธีการศึกษารายละเอียดดังนี้

พื้นที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรือนศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่เลขที่ 220 หมู่ที่ 1 หมู่บ้านโป่งแยงใน ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

1 สถานที่ตั้ง

ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหน่วยงานในสังกัดของ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่จะ เนื้อที่ประมาณ 3,500 ไร่ พื้นที่มีทิศด้านลาดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยภูเขาสลับกับพื้นที่ราบเป็นบางส่วน พิกัดในแผนที่ระวาง UTM 47Q 478423 ตะวันออก 2087146เหนือ ระวาง 4746I (ภาพที่ 4) ความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลางประมาณ 1,080 เมตร มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบกลางหุบเขาริมลำห้วย มีพื้นที่สำหรับดำเนินการสาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ประมาณ 48 ไร่ ทิศเหนือและทิศตะวันออก ติดลำน้ำแม่จะ ทิศใต้และทิศตะวันตก ติดทางหลวงหมายเลข 1096



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 สถานที่ตั้งศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ 1 จังหวัดเชียงใหม่

(ก) แผนที่ภูมิประเทศ แสดงที่ตั้งที่ตั้งศูนย์สาธิตฯ มาตราส่วน 1 : 50,000 L7018 ระวาง 4746 I พิกัด UTM 47Q 478423 E2087146 N

(ข) ภาพถ่ายทางอากาศ (Ortho) แสดงพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ 1 จังหวัดเชียงใหม่

2 ลักษณะพื้นที่

2.1 ทรัพยากรป่าไม้ รอบพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วยแปลงปลูกป่าสนสามใบ และป่าดิบเขาระดับต่ำ

2.2 ทรัพยากรดิน สภาพดินทั่วไปที่พบ บริเวณพื้นที่ภูเขา ซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 35 % ในบริเวณดังกล่าว มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน และมีหินโผล่กระจัดกระจายทั่วไป (กลุ่มดินที่ 62)

บริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน ประมาณ 12-20 % สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 500 เมตรขึ้นไป เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว ดินสีแดง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดพวกหินเนื้อละเอียด และเป็นดินลึกมากมีการระบายน้ำดี (กลุ่มดินที่ 30 D)

บริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันประมาณ 5-12 % สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอน ลาดถึงเนินเขามีดินลึกปานกลาง ระบายน้ำได้ดี ระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร เนื้อดินช่วง 50 ซม.ตอนบนเป็น

ดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายส่วนดินล่างเป็นดินปนเศษหิน สีของดินมีสีน้ำตาล, เหลือง หรือแดง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดคือ พวกหินตะกอนเนื้อหยาบและหินอัคนีเนื้อหยาบ (กลุ่มดินที่ 56 C)

บริเวณในพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชันประมาณ 0-2 % สภาพดินมีการผสมของดินหลายชนิด ซึ่งเกิดจากตะกอนลำน้ำพัดพามาทับถมกัน ดินที่พบส่วนใหญ่การระบายน้ำค่อนข้างไม่ดี คุณภาพสมบัติต่าง ๆ ตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ไม่แน่นอน ส่วนมากมีก้อนกรวดและเศษหินปนอยู่ในเนื้อดิน (กลุ่มดินที่ 59) (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 เชียงใหม่)

2.3 ทรัพยากรน้ำ ในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์ฯ มีลำน้ำหลักอยู่ 1 ลำน้ำ คือลำน้ำแม่จะ ประกอบด้วย 3 ห้วยแขนง ได้แก่ ห้วยแม่จะ ห้วยหก และห้วยแม่จะน้อย ประกอบกันเป็นลำน้ำแม่จะ ซึ่งลำน้ำแม่จะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี

2.4 ภูมิอากาศ พื้นที่ศูนย์สาธิตฯ อยู่ในเขตพื้นที่ลมมรสุม 2 ประเภท คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ภูมิอากาศแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ

ฤดูร้อน เริ่มต้นกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ประมาณ 3 เดือน ในเดือนกุมภาพันธ์ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มอ่อนกำลังลงมาก และลมฝ่ายตะวันออกหรือตะวันออกเฉียงใต้ จากทะเลจีนใต้เริ่มพัดเข้าสู่อ่าวไทยและประเทศไทยแรงมากขึ้นเป็นลำดับ ในระยะนี้อาจมีลมฝ่ายเหนือจากประเทศจีนพัดแรงลงมาได้เป็นครั้งคราว ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายนอุณหภูมิจะสูงขึ้นมากอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคม จนถึงปลายเดือนกันยายน หรือต้นเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาประมาณ 4 เดือน ฝนที่ตกเป็นฝนที่ได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ พัดมาจากอ่าวเบงกอลและอ่าวไทยปะทะภูเขาส่วนหนึ่ง ซึ่งในระยะเริ่มมรสุมจะมีพายุไซโคลนก่อตัวขึ้นในอ่าวเบงกอล หรือในทะเลอันดามันเป็นครั้งคราว แล้วเคลื่อนตัวขึ้นมาทางเหนือ จึงทำให้มีฝนตกชุกกับมีฝนอีกส่วนหนึ่ง เป็นฝนอันเกิดจากพายุดีเปรสชั่นจากทะเลจีนใต้ ในระหว่างเดือน กรกฎาคม – เดือนกันยายนความกดอากาศต่ำจะเคลื่อนกลับลงมาทางใต้ผ่านพื้นที่นี้อีกครั้ง ประมาณเดือนสิงหาคม จึงทำให้มีฝนตกชุกในช่วงหลัง

ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือน ตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณ 3 - 4 เดือน อากาศหนาวเย็นมาก เนื่องจากลมฝ่ายเหนือหรือลมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดจากบริเวณความกดอากาศสูงในประเทศจีนได้พัดพาเอาความหนาวเย็นจากพื้นแผ่นดินแห่งทวีปเอเชียลงมา เมื่อลมเปลี่ยนทิศเนื่องจากหย่อมความกดอากาศสูงในประเทศจีน เคลื่อนไปทางตะวันออกมากขึ้น กระแสอากาศก็จะอุ่นขึ้นเรื่อย ๆ ความหนาวเย็นก็จะคลี่คลายออกไปเป็นลำดับ

สภาพภูมิอากาศในศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ มีอากาศหนาวเย็นในเวลากลางคืน และอบอุ่นในตอนกลางวัน อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 9 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2566

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝนสะสม (มม.)
มกราคม	16.64	0
กุมภาพันธ์	19.68	34.2
มีนาคม	21.90	30.8
เมษายน	27.37	21.6
พฤษภาคม	27.00	251.8
มิถุนานน	25.65	145
กรกฎาคม	25.02	133.8

วัสดุอุปกรณ์

การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ใช้เครื่องมือประกอบการดำเนินงานวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลดังนี้

1. วัสดุอุปกรณ์ระบบการให้น้ำอัตโนมัติ

1.1 ท่อ PVC 4 หุน

1.2 ตัวแปลง PVC เป็น PE

1.3 ข้อต่อตรง PVC

1.4 ข้อต่อ 3 ทาง PVC

1.5 ข้องอ PVC 4 หุน

1.6 ข้อต่อ 4 ทาง PVC 4หุน

1.7 ข้อต่อเกลียวใน 4 หุน

1.8 ท่อ PE ขนาด 20 mm

1.9 สายไมโคร

1.10 โซลีนอยด์ 4 หุน

1.11 หัวน้ำหยด 2 ลิตร/ชั่วโมง

1.12 หัวต่อสายไมโคร

2. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานในระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.1 ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller board) บอร์ดรุ่น NodeMCU ESP8266

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวหรือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) 18V 50W

2.3 เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Charge controller) สำหรับควบคุมแรงดันการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 แบตเตอรี่ (battery) 12V 12AH

2.5 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) 12V ทำหน้าที่ เปิด-ปิดวาล์วทางไหลเข้าออกของน้ำ วาล์วจะทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามา ทำให้มีการเปิด-ปิดการจ่ายน้ำในระบบท่อน้ำ

2.6 รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์

2.7 สายไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยกระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวนำพลังงานไฟฟ้าผ่านไปตามสายไฟจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.8 กลองอเนกประสงคกันน้ำ

2.9 Wire Jumper

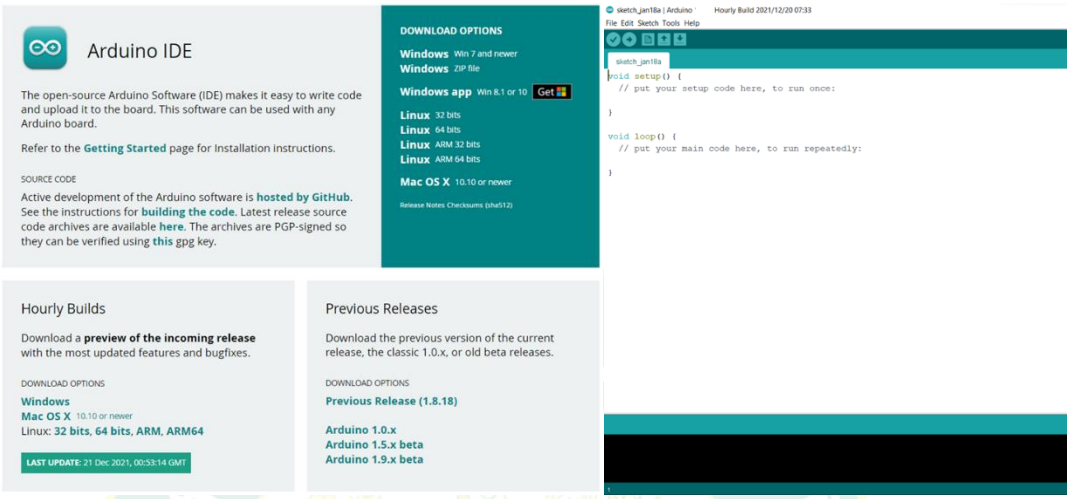
2.10 เบรกเกอร์ (breaker) เป็นสวิตช์เปิด-ปิดที่ใช้ในงานไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป

2.11 ตู้ไฟสวิตช์บอร์ดกันน้ำ เบอร์ 2

2.12 เครื่องตั้งเวลา (Timer)

3. โปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.1 Arduino IDE เวอร์ชั่น 2.1.1 เป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C และเป็น Open Source สามารถใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ดาวน์โหลดในระบบ Windows และ OS



ภาพที่ 7 โปรแกรม Arduino IDE สำหรับใช้งานบอร์ด NodeMCU ESP8266

4. อุปกรณ์การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

4.1 กระถางแอร์พอท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร

4.2. ดิน

4.3. มูลวัว

4.4. กล้าหญ้าแฝก อายุ 4 เดือน

4.5. ไม้วัดความสูง

4.6. เวอร์เนีย

4.7. ไม้บรรทัด

4.8. กล้องถ่ายรูป

วิธีการดำเนินงาน

ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก

1) ศึกษาค้นคว้าและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่ใช้งานในระบบ

3) ออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานเมื่อมีการเขียนโปรแกรมควบคุมลงไป ซึ่งจะสามารถทำให้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับโซลีนอยด์วาล์วได้อย่างอัตโนมัติ

4) ออกแบบระบบการควบคุมในส่วนของซอฟท์แวร์ โดยใช้ Arduino IDE เวอร์ชั่น 2.1.1 ที่เขียนด้วยภาษา C เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนคำสั่งของบอร์ด NodeMCU ESP8266

การกำหนดปริมาณการให้น้ำได้จากการคำนวณค่าการคายระเหยของพืช (ET) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแฝก ลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (อัมพร และคณะ, 2562)

ปริมาณการใช้น้ำของหญ้าแฝกอ้างอิง (ETo) = ET/Kc

= 1.02/0.38 มิลลิเมตรต่อวัน

= 2.67 มิลลิเมตรต่อวัน

ทำการปรับลดค่า ET_0 20 % = (2.67 x 80)/100

= 2.1 มิลลิเมตรต่อวัน

ทำการปรับเพิ่มค่า ET_0 20 % = (2.67 x 120)/100

= 3.1 มิลลิเมตรต่อวัน

5) ติดตั้งระบบควบคุมแบบน้ำหยด โดยใช้ท่อพีอี (PE) ขนาด 20 มิลลิเมตร เป็นท่อแขนง จำนวน 6 แถว โดยแต่ละแถวมีกระถางทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร วางเรียงต่อกัน กำหนดระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะห่างระหว่างกระถาง 0.5 เมตร แต่ละแถวมี 9 กระถาง สามารถวางกระถางได้ 36 ใบ ใช้ไมโครเชื่อมจากท่อพีอี (PE) ที่ใส่หัวน้ำหยดที่มีอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง ไปยังกระถางละ 1 จุด

ติดตั้งระบบตู้ควบคุมอัตโนมัติ โดยให้ตู้ควบคุมอยู่ด้านหน้าโรงเรือน ต่อสายไฟเข้ากับโซลีนอยด์วาล์ว และต่อสายไฟจากแผงโซล่าเซลล์มายังตู้ควบคุม เพื่อให้มีระบบไฟมาเลี้ยงอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ ภายในตู้ (ภาพที่ 8)

6) ทดสอบระบบควบคุมการทำงานของระบบ ทดสอบระยะเวลาการให้น้ำหญ้าแฝก โดยตั้งเวลาเปิด-ปิด ตามระดับการให้น้ำของหญ้าแฝกในแต่ละวันที่ได้จากการคำนวณ

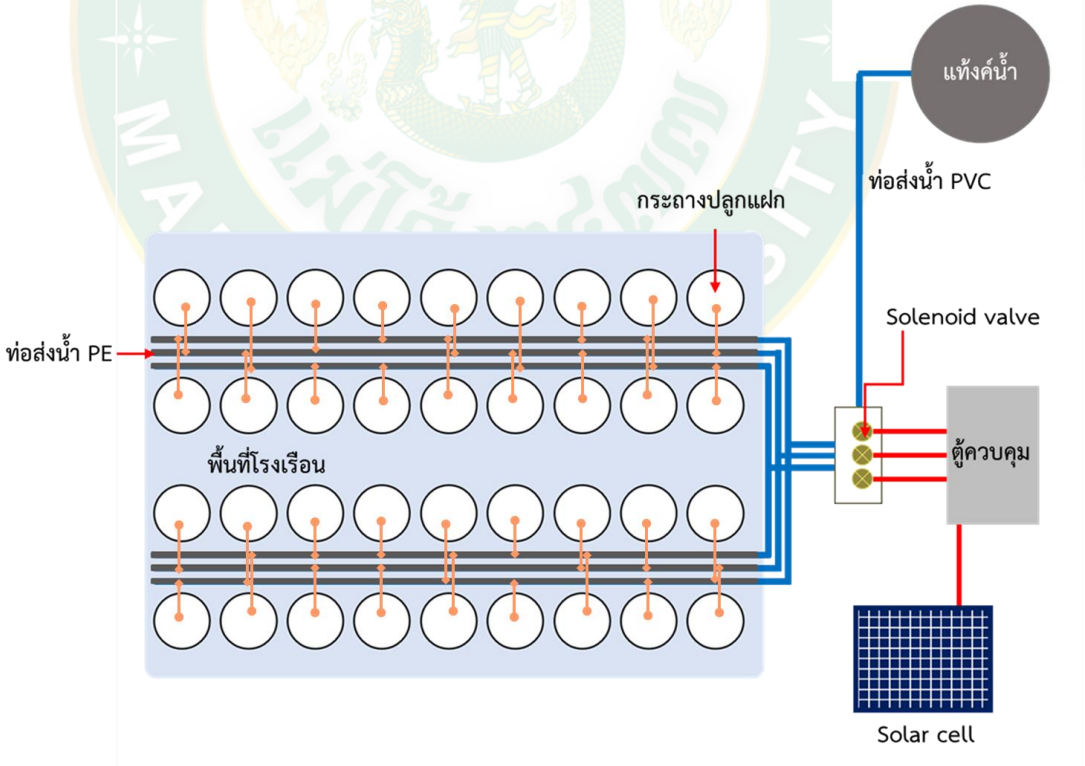
เวลาที่ใช้ในการกำหนดปริมาณน้ำได้มาจากการคำนวณ ของอัตราการไหลของน้ำต่าง ๆ คือ 1) ท่อ PVC ขนาด 4 หุน จะมีอัตราการไหลผ่านของน้ำที่ 23 ลิตรต่อนาที 2) ท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร มีอัตราการไหลของน้ำที่ 40 ลิตรต่อนาที และ 3) สายไมโคร PE มีอัตราการไหลของน้ำที่ 6 ลิตรต่อนาที และ 4) หัวน้ำหยดมีอัตราการไหลของน้ำที่ 2 ลิตรต่อชั่วโมง ฉะนั้น การคำนวณระยะเวลาการให้น้ำจึงใช้เพียงอัตราการไหลของหัวน้ำหยดเพียงอย่างเดียว เนื่องจากว่าหัวน้ำหยดนั้นสามารถปรับชดเชยความดันได้เอง ถึงแม้ความดันจะเปลี่ยนไปบ้าง แต่อัตราการไหลจะไม่เปลี่ยนไปด้วย (รังสรรค์, 2544)

ดังนั้น อัตราการไหล 2,000 มิลลิเมตร ใช้เวลา 60 นาที หรือ 33.3 มิลลิเมตร ต่อ 1 นาที

หาก ให้น้ำ 2,100 มิลลิเมตร จะใช้เวลา $\frac{2,100 \times 60}{2,000}$ = 63 นาที หรือเท่ากับ 1.05 ชั่วโมง

ให้น้ำ 2,600 มิลลิเมตร จะใช้เวลา $\frac{2,600 \times 60}{2,000}$ = 78 นาที หรือเท่ากับ 1.30 ชั่วโมง

ให้น้ำ 3,100 มิลลิเมตร จะใช้เวลา $\frac{3,100 \times 60}{2,000}$ = 93 นาที หรือเท่ากับ 1.55 ชั่วโมง



ภาพที่ 8 การติดตั้งระบบตู้ควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ และวางแผนการปลูกในพื้นที่โรงเรือน

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

1) เตรียมวัสดุเพาะชำ โดยการใช้กระถางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร ผสมดิน และมูลวัว ในอัตราส่วน 4 : 1 จากนั้นกรอกดินลงในกระถางในปริมาณที่เท่ากัน รดน้ำให้มีความชื้น

2) เตรียมกล้าหญ้าแฝก โดยคัดเลือกหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา ที่มีอายุ 4 เดือน ตัดใบให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร และตัดรากให้เหลือความยาว 1 เซนติเมตร ลงปลูกในกระถาง ตามหน่วยการทดลอง

3) ปลูกทดลอง ตามปัจจัยที่กำหนด คือ

(1) ระดับการให้น้ำ

- ปริมาณการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน หรือ 1.05 ชั่วโมงต่อวัน
- ปริมาณการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน หรือ 1.30 ชั่วโมงต่อวัน
- ปริมาณการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวัน หรือ 1.55 ชั่วโมงต่อวัน

(2) จำนวนหน่อเริ่มปลูก

- จำนวน 1 หน่อ
- จำนวน 2 หน่อ
- จำนวน 3 หน่อ

รวมทั้งหมด 9 รูปแบบปฏิบัติ ๆ ละ 4 ซ้ำ (Replications) รวม 36 หน่วยทดลอง (Experimental unit)

การเก็บและบันทึกข้อมูล

ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก

การทดสอบปริมาณน้ำที่ไหลจากหัวน้ำหยดตามเวลาที่ตั้งไว้ คือ 1.05, 1.30 และ 1.55 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกข้อมูลการตวงน้ำที่ได้ จำนวน 15 ครั้งต่อระดับการให้น้ำ โดยปริมาณการให้น้ำของระบบอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยไม่มาก หรือไม่น้อยกว่า 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

(1) วัดความสูงของหญ้าแฝก โดยวัดจากส่วนเหนือพื้นดินขึ้นไปจนถึงปลายยอด หลังจากการปลูกทุก ๆ 15 วัน

(2) นับจำนวนหน่อที่แตกออกมานับหลังจากปลูกทุก ๆ 15 วัน

(3) นับจำนวนใบที่แตกออกมานับหลังจากปลูกทุก ๆ 15 วัน

(4) วัดขนาดคอราก ทั้งด้านหว้าง และด้านหนา หลังจากปลูกทุก ๆ 15 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก

ทดสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำที่ได้จากระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด โดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร 1 กลุ่ม กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนมาก่อนหน้า และขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 30

สูตร

$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ T คือค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากตัวอย่าง

μ_0 คือค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร

s คือส่วนเบี่ยงเบนมาจรฐานของข้อมูลจากตัวอย่าง

n คือจำนวนตัวอย่าง

กำหนดสมมติฐาน

H_0 ; ปริมาณน้ำที่ได้มีค่าเฉลี่ย $=$ 2.1, 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน

H_1 ; ปริมาณน้ำที่ได้มีค่าเฉลี่ย $\neq$ 2.1, 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

1. วิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญเติบโตของจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูง และขนาดความโตคอราก โดยใช้ Kruskal-Wallis chi-squared (Zar, 1999)

2. การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก และทดสอบความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ โดยใช้ two-sample Kolmogorov-Smirnov test (Zar, 1999)

กำหนดสมมติฐาน

$\mathbf{H}_0$; รูปแบบการแจกแจงมาจากกลุ่มประชากรเดียวกัน

$\mathbf{H}_1$; รูปแบบการแจกแจงมาจากต่างกลุ่มประชากรกัน

3. วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตของการเพิ่มจำนวนหน่อ และจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก ทำการปรับเส้นโค้งในรูปแบบ nonlinear parametric curves โดยใช้โปรแกรม R Package sicegar (Caglar et al., 2018) และ FlexParamCurve (Oswald et al., 2012)

4. ศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อและจำนวนใบโดยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยมีสมการความสัมพันธ์ คือ $y = a + bx$

เมื่อ y คือค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์

a คือค่าคงที่ หรือจุดตัดบนแกน y

b คือค่าความชัน (slope) หรือสัมประสิทธิ์ (coefficient)

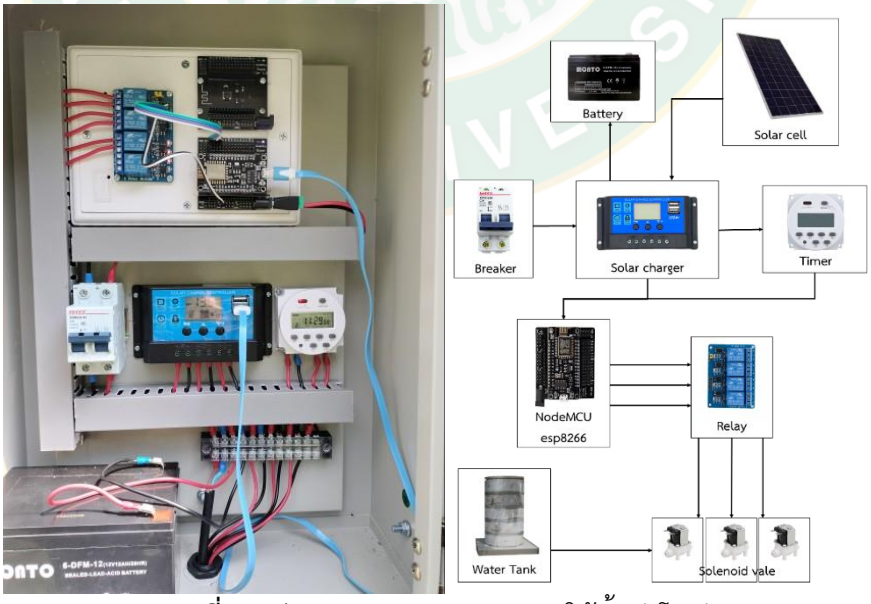
X คือตัวแปรอิสระ

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาเรื่องอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก

1) การพัฒนาระบบควบคุมให้น้ำแบบอัตโนมัติ โดยโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หลักในระบบการจ่ายน้ำแบบน้ำหยด ประกอบด้วย บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยประมวลผล รุ่น NodeMCU ESP8266 เบรกเกอร์ รีเลย์ เครื่องตั้งเวลา (Timer) แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Charge controller) แผงโซล่าเซลล์ และโซลินอยด์วาล์ว โดยระบบการทำงานเริ่มจากการทำงานของแสงอาทิตย์ที่ทำหน้าเป็นพลังงานไฟฟ้า และทำการส่งพลังงานไปที่เครื่องควบคุมประจุกระแสไฟฟ้าทำการชาร์จประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และเมื่อมีการสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน น้ำจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านท่อสู่หัวน้ำหยดในแต่ละกระถาง (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 กล่องวงจรควบคุมระบบการให้น้ำอัตโนมัติ

2) การเขียนคำสั่งระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติภายใต้โปรแกรม Arduino IDE ประกอบไปด้วย (ภาพที่ 10)

ส่วนที่ 1 การกำหนดค่าตัวแปร ประกอบไปด้วย คำสั่ง

#define off low และ #define on Hight เพื่อประกาศว่า ถ้า on ให้จ่ายไป และ off ให้ปิดไฟ

int ใช้ตั้งชื่อตัวแปรสำหรับตั้งค่าเริ่มต้น

ส่วนที่ 2 ส่วนของการกำหนดค่าเริ่มต้น void setup() ตำแหน่งพอร์ตที่ใช้งาน รวมถึงฟังก์ชันที่อยู่ในไลบรารี่ที่ใช้งาน เป็นฟังก์ชันที่ทำงานเพียงครั้งเดียว จะทำงานทุกครั้งที่มีการรีเซ็ต หรือรีบูทเครื่องใหม่เท่านั้น

pinMode เป็นคำสั่งใชกำหนดขา (หรือพอรต) ใด ๆ ที่ทำหนาที่เป็นพอรตดิจิทัล เพื่อกำหนดการทำงานเริ่มต้นของขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวของ

- pin หมายถึงชื่อหรือเลขขาของบอรด NodeMCU เป็น D0, D1, ... หรือเป็นเลขจำนวนเต็ม

- mode หมายถึงโหมดการทำงาน กำหนดให้มีคาเป็น INPUT หรือ OUTPUT เทานั้น

ส่วนที่ 3 ส่วนของตัวโปรแกรม void loop() การทำงานควบคุมของบอร์ด Arduino หลังจากเรียกโปรแกรม setup() แล้ว โปรแกรม loop() จะทำงานต่อ และจะทำวนเป็นลูป เพื่อให้โปรแกรมทำงานตามสถานะต่าง ๆ เช่น กำหนดการจ่ายกระแสไฟไปยังขาของบอร์ด Arduino การกำหนดค่าเวลา (หน่วงเวลา) และการสั่งหยุดจ่ายไฟ (ภาพที่ 6)

digitalWrite(pin, value) เป็นคำสั่งให้ขาที่กำหนดมีสถานะเป็นลอจิกสูง (HIGH หรือ “1”) หรือเป็นลอจิกต่ำ (LOW หรือ “0”)

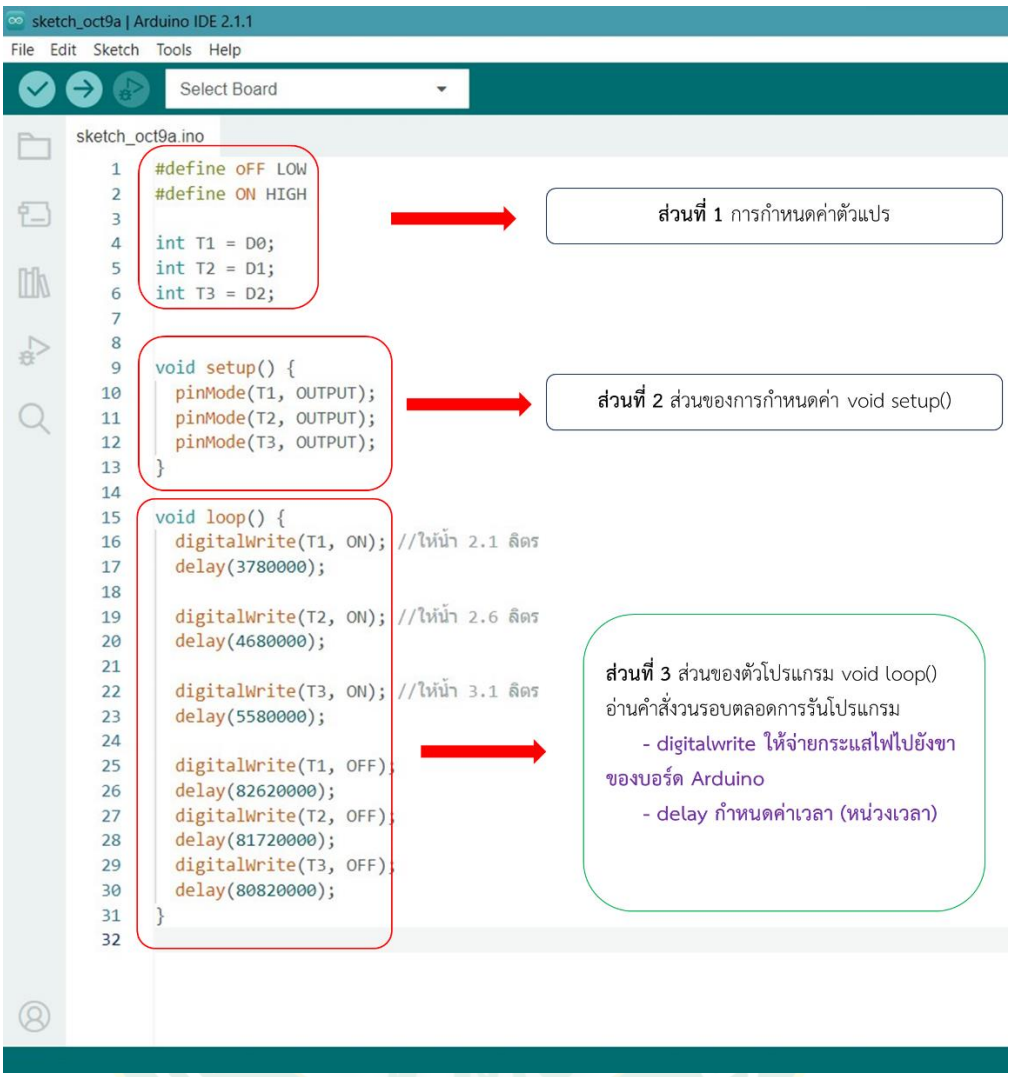
- pin หมายถึงชื่อหรือเลขขาของบอรด NodeMCU

- value หมายถึงคา กำหนดให้มีคาเป็น HIGH หรือ LOW เทานั้น

delay(value) เป็นคำสั่งให้หนวงเวลา

- value หมายถึงคาการหนวงเวลามีหน่วย 1/1000 วินาที หรือมิลลิวินาที (ms) โดยจะรับคาที่มีชนิดเป็นเลขจำนวนเต็ม (integer, int) เทานั้น

ตัวอย่างเช่น delay(1000); คือการกำหนดให้โปรแกรมหนวงเวลา 1 วินาที (1 s = 1000 ms = 1000000 µs)



ภาพที่ 10 คำสั่งระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Arduino IDE

3) การทดสอบระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ

การทดสอบระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติในการปลูกหญ้าแฝก โดยการกำหนดระยะเวลาในการเปิด-ปิดน้ำผ่านเครื่องตั้งเวลา (Timer) ที่กำหนดไว้ คือ 1.03 1.18 และ 1.33 ชั่วโมง ซึ่งการจ่ายน้ำแต่ละครั้งจะต้องให้น้ำที่ปริมาณ 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวันต่อกระถาง ในการทดสอบค่าเฉลี่ยพบว่า การจ่ายน้ำของหัวน้ำหยดตามเวลาได้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำ 2.23±0.96 2.83±0.76 และ 3.21±0.87 ลิตรต่อวันต่อกระถาง ตามลำดับ จากการทดสอบ พบว่า ปริมาณการจ่ายน้ำด้วยระบบอัตโนมัติตามระยะเวลา มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการจ่ายน้ำด้วยระบบอัตโนมัติตามระยะเวลาที่กำหนด

ปริมาณน้ำ (ลิตร/วัน)	เวลา (ชั่วโมง)	N	mean±sd	t-test	p-value
2.1	1.03	15	2.23±0.96	1.06	>0.05
2.6	1.18	15	2.83±0.76	1.16	>0.05
3.1	1.33	15	3.21±0.87	0.51	>0.05

การพัฒนาระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น พันธุ์พืช การเจริญเติบโตในแต่ละช่วงเวลา สภาพแวดล้อม ฯลฯ (สุดชล และคณะ, 2564) อย่างไรก็ตาม การใช้ฐานเวลาควบคุมการทำงาน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา (electronics timers) ที่ถูกออกแบบเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานของวาล์วน้ำ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ถูกและสะดวกที่สุดในการกำหนดเวลาการให้น้ำแก่พืช ส่วนการใช้เซนเซอร์ควบคุมการทำงาน สามารถควบคุมช่วงเวลาของการให้น้ำได้อย่างต่อเนื่องโดยการวัดค่าความชื้นในวัสดุที่ใช้ปลูกพืช ซึ่งในปัจจุบันมีอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ (irrigation controller) ที่สามารถเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดความชื้นได้ในแบบไร้สาย ติดตั้งได้ง่ายและราคาไม่แพง (สัญญา และคณะ, 2562) อย่างไรก็ตามการกำหนดปริมาณการให้น้ำ ยังคงต้องอาศัยความชำนาญในการให้น้ำในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน (อำพร และคณะ, 2562) และสิ่งที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมคือการประมวลผลการทำงานเมื่อมีเซนเซอร์ติดตั้งเพิ่มขึ้นในพื้นที่การปลูกพืช ซึ่งส่งผลในด้านราคา ความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ การบำรุงรักษา การกำหนดรูปแบบการสื่อสารระหว่างเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ และที่สำคัญที่สุดคือความง่ายในการใช้งาน (ธิติศักดิ์ และคณะ, 2562)

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโต ของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

1. การเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อ (หน่อ) จำนวนใบ (ใบ) ความสูง (เซนติเมตร) และขนาดความโตคอราก (มิลลิเมตร) ของหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 เดือน

หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา อายุ 6 เดือน ที่ปลูกภายใต้การใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก และการให้น้ำที่แตกต่างกัน ให้ผลผลิตจำนวนหน่อ จำนวนใบ และความสูงต่อกอในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 3 ระดับ พบว่า การให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน มีจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 51.67 หน่อ รองลงมา คือการให้ปริมาณน้ำ 2.1 และ 3.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอ เท่ากับ 50 และ 42.75 หน่อ ตามลำดับ ต่อมาการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน มีการแตกหน่อต่อกอเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 36 หน่อ รองลงมา คือการให้น้ำ 3.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอ เท่ากับ 33 และ 26.14 หน่อ ตามลำดับ ส่วนการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 35.8 หน่อ รองลงมาคือการให้น้ำ 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนหน่อต่อกอเฉลี่ยเท่ากับ 24.6 และ 24.44 หน่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ในด้านจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอ พบว่า การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 359.76 ใบ รองลงมา คือการให้ปริมาณน้ำ 2.1 และ 3.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอ เท่ากับ 321.33 และ 300 ใบ ตามลำดับ ต่อมาการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 226.86 ใบ รองลงมา คือการให้น้ำ 2.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอ เท่ากับ 205.33 และ 160.86 ใบ ตามลำดับ ส่วนการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 208.9 ใบ รองลงมา คือการให้น้ำ 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน วัน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอ เท่ากับ 166.2 และ 161.78 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ในด้านความสูงเฉลี่ยของกอ พบว่า การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของกอมากที่สุด เท่ากับ 359.76 เซนติเมตร รองลงมา คือการให้ปริมาณน้ำ 2.1 และ 3.1 ลิตรต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของกอ เท่ากับ 178.67 และ 165.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ต่อมาการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของกอมากที่สุด เท่ากับ 207.5 เซนติเมตร รองลงมา คือการให้น้ำ 2.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของกอ เท่ากับ 196 และ 178.71 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของกอมากที่สุด เท่ากับ 203.67 เซนติเมตร รองลงมา คือการให้น้ำ 3.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน วัน มีความสูงเฉลี่ยของกอ เท่ากับ 201.11 และ 190.14 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาในด้านขนาดความโตคอรากที่ใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า การใช้ 1 และ 2 หน่อเริ่มปลูก ไม่มีความแตกต่างของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใช้จำนวน 3 หน่อเริ่มปลูก ภายใต้การให้น้ำ 3 ระดับ พบว่ามีความแปรปรวนของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากใหญ่ที่สุด เท่ากับ 12.2 มิลลิเมตร รองลงมาคือ การให้น้ำที่ 2.6 และ 2.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ย 11.7 และ 10.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ในขณะที่ถ้าพิจารณาในด้านขนาดความโตคอรากที่มีอัตราการให้น้ำที่เท่ากัน ภายใต้การใช้จำนวนหน่อปลูกแตกต่างกัน พบว่า การให้น้ำที่ 2.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีความแตกต่างของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีขนาดความโตคอรากใหญ่ที่สุด เท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร รองลงมาคือ การใช้จำนวน 2 และ 3 หน่อ มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ย 11.4 และ 10.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ และการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากใหญ่ที่สุด เท่ากับ 13.8 มิลลิเมตร รองลงมาคือ การใช้จำนวน 2 และ 3 หน่อ มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ย 11.8 และ 11.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน ไม่มีความแตกต่างของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อ (หน่อ) จำนวนใบ (ใบ) ความสูง (เซนติเมตร) และขนาดความโตคอราก (มิลลิเมตร) ของหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ภายใต้ระดับน้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน

	ปริมาณน้ำ (ลิตร/วัน)	จำนวนหน่อเริ่มปลูก (หน่อ)			Kruskal-Wallis chi-squared
		1	2	3	
จำนวนหน่อ	**2.1**	50	36	35.8	ns
	2.6	51.67	26.14	24.6	ns
	3.1	42.75	33	24.44	ns
Kruskal-Wallis chi-squared		ns	ns	ns	-
จำนวนใบ	**2.1**	321.33	205.33	208.9	ns
	2.6	359.76	160.86	166.2	ns
	3.1	300	226.83	161.78	ns
Kruskal-Wallis chi-squared		ns	ns	ns	-
ความสูง	**2.1**	178.67	196	203.67	ns
	2.6	212.33	178.71	190.14	ns
	3.1	165.5	207.5	201.11	ns
Kruskal-Wallis chi-squared		ns	ns	ns	-
ขนาดความโตคอราก	**2.1**	12.7±5.2a	11.4±5.1b	10.9±4Bb	***
	2.6	13.8±4.6a	11.8±4.6b	11.7±4.1ABb	***
	3.1	12.8±4.8	12.1±4.2	12.2±4.7A	ns
Kruskal-Wallis chi-squared		ns	ns	***	-

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน,

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p-value>0.05,

* = ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p-value<0.05,

*** = ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p-value<0.001,

อักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ความโตคอรากเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ของอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกัน และอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความโตคอรากเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ของจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน

2. ความผันแปรของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 เดือน

การปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ภายใต้การใช้ระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ หลังปลูก 6 เดือน พบว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดความโตคอรากทั้งหมดจากการทดลองปลูกทดลองในทุกรูปแบบปฏิบัติในภาพรวม ขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกมีขนาดเท่ากับ 11.9 - 12.3 มิลลิเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยังพบว่า การใช้หน่อเริ่มปลูกจำนวน 1 และ 2 หน่อ ภายใต้การให้ระดับน้ำที่แตกต่างกัน ไม่มีความแปรปรวนของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใช้จำนวน 3 หน่อเริ่มปลูก ภายใต้การให้น้ำ 3 ระดับ พบว่ามีความแปรปรวนของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอัตราการให้นำที่เท่ากันภายใต้การใช้จำนวนหน่อปลูกแตกต่างกัน พบว่า การให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน ภายใต้การใช้จำนวนหน่อปลูกแตกต่างกัน ไม่มีความแปรปรวนของขนาดความโตคอราก ในขณะที่ การให้น้ำที่ 2.1 และ 2.6 ลิตร พบว่ามีความแปรปรวนของขนาดความโตคอรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาในทีละรูปแบบปฏิบัติ พบว่า การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ร่วมกับการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 13.8 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 13 – 14.5 มิลลิเมตร รองลงมา คือการให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 12.8 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 12 – 13.5 มิลลิเมตร และการให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 11.8 – 13.5 มิลลิเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 6)

ในส่วนการใช้จำนวน 2 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ร่วมกับการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12.1 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 11.5 – 12.7 มิลลิเมตร รองลงมา คือการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 11.8 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 11.2 – 12.5 มิลลิเมตร และการให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 11.4 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 10.7 – 12.1 มิลลิเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 6)

และการใช้จำนวน 3 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ร่วมกับการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12.2 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 11.6 – 12.8 มิลลิเมตร รองลงมา คือการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 11.7 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 11.2 – 12.3 มิลลิเมตร และการให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน มีขนาดความโตคอรากเท่ากับ 10.9 มิลลิเมตร หรืออยู่ในช่วง 10.5 – 11.4 มิลลิเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd) และค่าประมาณการที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95 %CI) ของ 9 รูปแบบปฏิบัติ ที่มีอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน

Treatment	ขนาดความโตคอราก (mm)	ค่าประมาณการ 95 %CI
w1s1	12.7±5.2	11.8-13.5
w2s1	13.8±4.6	13.0-14.5
w3s1	12.8±4.8	12.0-13.5
w1s2	13.0±5.2	12.3-13.7
w2s2	11.8±4.6	11.2-12.5
w3s2	11.3±4.4	10.7-11.9
w1s3	10.9±4.0	10.5-11.4
w2s3	10.9±4.0	11.2-12.3
w3s3	10.9±4.0	11.6-12.8

ในด้านความผันแปรขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ที่อายุ 6 เดือน ที่ได้ศึกษารูปแบบการแจกแจงความถี่ในแต่ละชั้นขนาดความโตในแต่ละรูปแบบปฏิบัติ โดยใช้วิธี two-sample Kolmogorov-Smirnov test พบว่า ขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกของการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากเป็นแบบปกติ แต่การให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากเป็นแบบไม่ปกติ (ตารางที่ 7) และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test พบว่า ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก (ตารางที่ 8)

ต่อมาวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากของการใช้หน่อเริ่มปลูก 2 หน่อ ร่วมกับการให้น้ำทั้ง 3 ระดับ โดยใช้ Shapiro-Wilk normality test พบว่า การให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากเป็นแบบปกติ แต่การให้น้ำที่ 2.1 และ 3.1 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากเป็นแบบไม่ปกติ (ตารางที่ 7) และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test พบว่า ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก (ตารางที่ 8)

และการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากของการใช้หน่อเริ่มปลูก 3 หน่อ ร่วมกับการให้น้ำทั้ง 3 ระดับ โดยใช้ Shapiro-Wilk normality test พบว่า การให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากเป็นแบบปกติ แต่การให้น้ำที่ 2.1 และ 2.6 ลิตรต่อวัน มีรูปแบบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากเป็นแบบไม่ปกติ (ตารางที่ 7) และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test พบว่า การใช้หน่อเริ่มปลูก 3 หน่อ ร่วมร่วมกับการให้น้ำ 2.1 กับ 2.6 ลิตรต่อวัน ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก แต่การให้น้ำ 2.1 กับ 3.1 และ และ 2.6 กับ 3.1 ลิตรต่อวัน มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ภายใต้อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Shapiro-Wilk normality test

Treatment	W	p-value	Median
w1s1	0.98338	0.0647	13.1
w2s1	0.9905	0.385	13.9
w3s1	0.98372	0.04309*	13.2
w1s2	0.98372	0.04309*	11.65
w2s2	0.98799	0.1231	11.6
w3s2	0.97653	0.002108**	12.65
w1s3	0.99166	0.04146*	10.8
w2s3	0.9822	0.003553**	11.4
w3s3	0.99304	0.3899	12.5

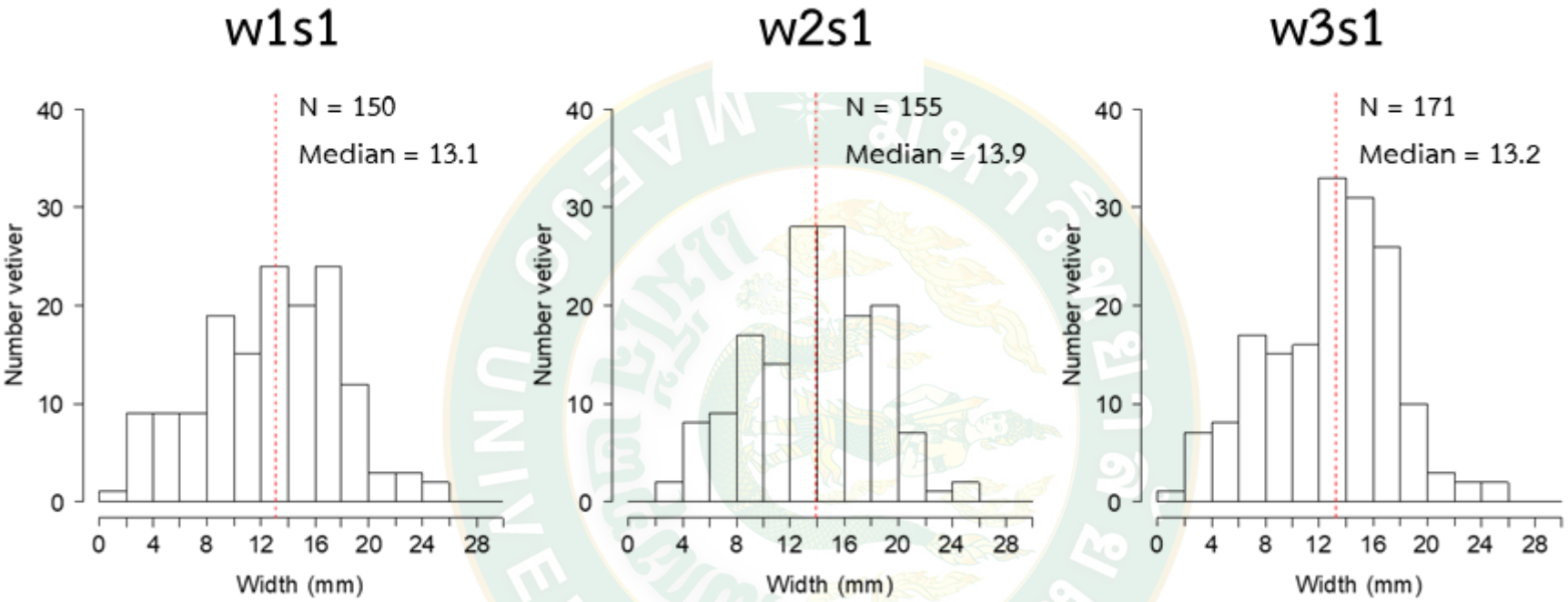
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ภายใต้อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน โดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test

treatment	D	p-value
w1s1 vs w2s1	0.11656	0.2515
w1s1 vs w3s1	0.069357	0.8368
w2s1 vs w3s1	0.10077	0.3809
w1s2 vs w2s2	0.09449	0.3393
w1s2 vs w3s2	0.11195	0.15
w2s2 vs w3s2	0.092731	0.3868
w1s3 vs w2s3	0.09579	0.1377
w1s3 vs w3s3	0.20221	2.895e-05***
w2s3 vs w3s3	0.13392	0.03103*

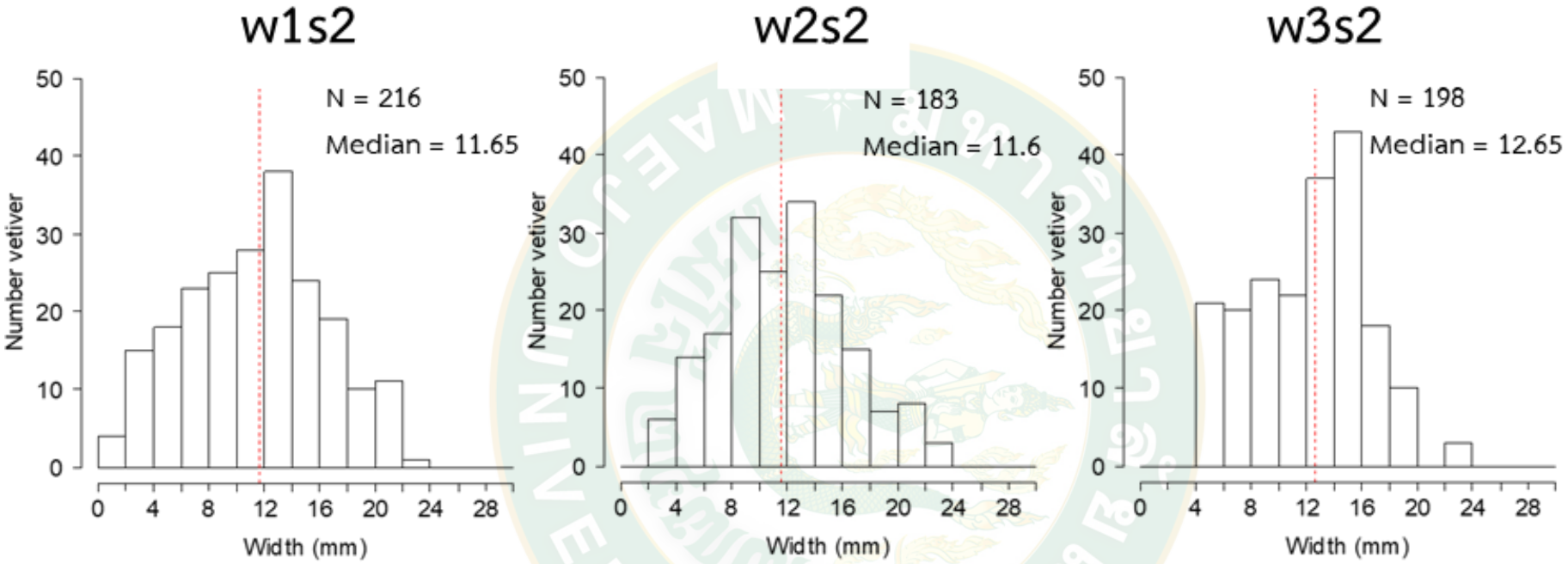
ทั้งนี้เป้าหมายในการผลิตหน่อหญ้าแฝกต้องคำนึงถึงคอรากที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งบ่งบอกถึงความแข็งแรงของหน่อ จึงทำการเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไป โดยใช้ข้อมูลขนาดควาโตคอรากที่มีค่าตั้งแต่ค่ามัธยฐานขึ้นไป มาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ โดยทำการเปรียบเทียบการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกเท่ากัน ร่วมกับอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำ 2.1 กับ 2.6 และ 2.1 กับ 3.1 ลิตรต่อวัน ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก แต่การให้น้ำ 2.6 กับ 3.1 ลิตรต่อวัน มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ส่วนการใช้หน่อเริ่มปลูก 2 หน่อ ร่วมกับการให้น้ำทั้ง 3 ระดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ในขณะที่การใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำทั้ง 3 ระดับ พบว่า การให้น้ำที่ 2.1 กับ 2.6 ลิตรต่อวัน ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก แต่การให้น้ำที่ 2.1 กับ 3.1 และ 2.6 กับ 3.1 ลิตรต่อวัน มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไป โดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) ที่ใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 1 2 และ 3 หน่อ ร่วมกับการให้น้ำ ทั้ง 3 ระดับด้วยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test

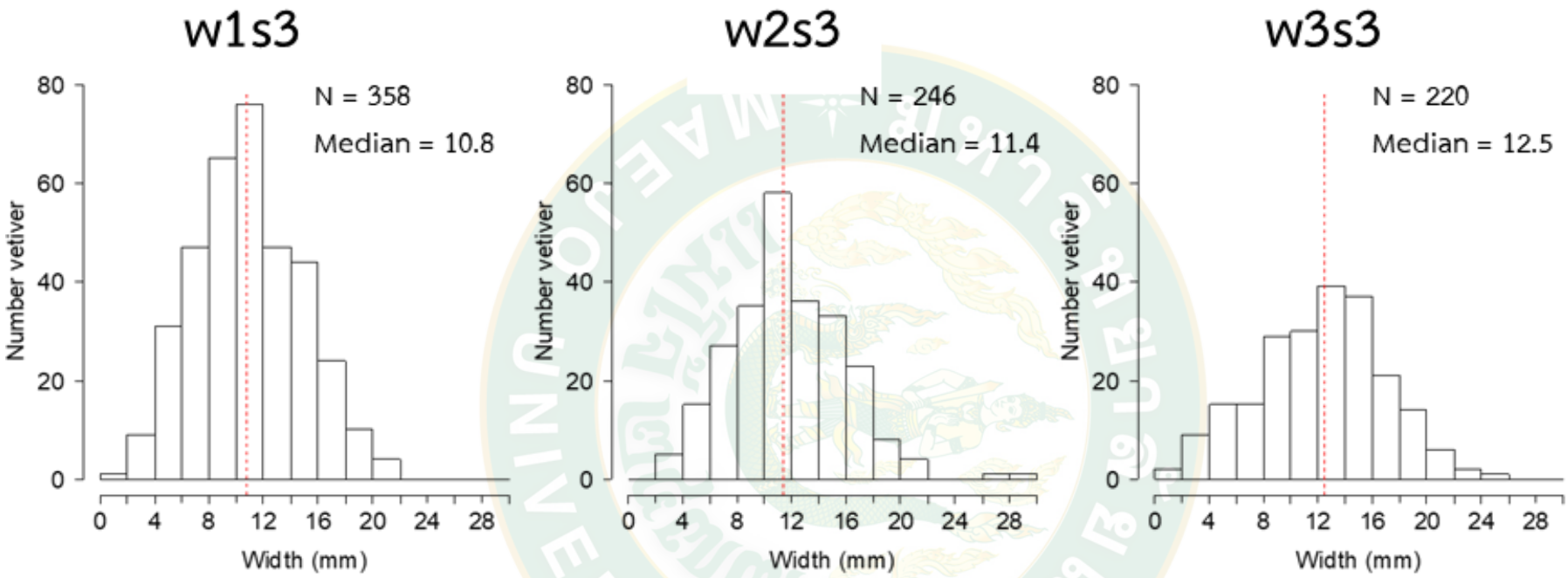
treatment	D	p-value
w1s1 vs w2s1	0.17949	0.138
w1s1 vs w3s1	0.12246	0.4672
w2s1 vs w3s1	0.2038	0.04526*
w1s2 vs w2s2	0.052738	0.9923
w1s2 vs w3s2	0.16667	0.1134
w2s2 vs w3s2	0.14965	0.1699
w1s3 vs w2s3	0.14615	0.08372
w1s3 vs w3s3	0.35912	3.555e-08***
w2s3 vs w3s3	0.23016	0.003739**



ภาพที่ 11 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน



ภาพที่ 12 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 2 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน



ภาพที่ 13 การแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอราก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้การใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกเท่ากัน และอัตราการให้น้ำแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากการให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test และเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปโดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) มาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ พบว่า การให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 กับ 2 หน่อเริ่มปลูก ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ในขณะที่การใช้จำนวน 1 กับ 3 และ 2 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ดังตารางที่ 10 และ 11

ส่วนการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test และเปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปโดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) มาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ พบว่า การให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 2 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ในขณะที่การใช้จำนวน 1 กับ 2 และ 2 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ดังตารางที่ 10 และ 11

และการให้น้ำที่ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอรากแบบจับคู่ทุกคู่ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test พบว่า การใช้ 1 กับ 3 และ 2 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ในขณะที่การใช้จำนวน 1 กับ 2 หน่อเริ่มปลูก มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก แต่เมื่อนำค่ากลาง (มัธยฐาน) มาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ กลับพบว่า การใช้ 2 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก ไม่มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ในขณะที่ การใช้ 1 กับ 2 และ 1 กับ 3 หน่อเริ่มปลูก มีความแตกต่างของการแจกแจงความถี่ตามขนาดความโตคอราก ดังตารางที่ 10 และ 11

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝก ที่มีการให้น้ำ ทั้ง 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน โดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test

treatment	D	p-value
w1s1 vs w1s2	0.15463	0.02901*
w1s1 vs w1s3	0.2403	9.982e-06***
w1s2 vs w1s3	0.12034	0.0404*
w2s1 vs w2s2	0.21452	0.000884***
w2s1 vs w2s3	0.27621	9.996e-07***
w2s2 vs w2s3	0.078502	0.5374
w3s1 vs w3s2	0.10712	0.243
w3s1 vs w3s3	0.10428	0.2463
w3s2 vs w3s3	0.055556	0.9046

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการแจกแจงความถี่ของขนาดความโตคอรากหญ้าแฝกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไป โดยใช้ค่ากลาง (มัธยฐาน) ที่มีการให้น้ำ ทั้ง 2.1 2.6 และ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกันโดยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov test

treatment	D	p-value
w1s1 vs w1s2	0.2792	0.0009607***
w1s1 vs w1s3	0.44199	1.126e-09***
w1s2 vs w1s3	0.24816	0.0004819***
w2s1 vs w2s2	0.38935	2.412e-06***
w2s1 vs w2s3	0.43162	9.154e-09***
w2s2 vs w2s3	0.14355	0.2232
w3s1 vs w3s2	0.20376	0.02833*
w3s1 vs w3s3	0.1874	0.04307*
w3s2 vs w3s3	0.094697	0.7336

3. รูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 เดือน

การศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 6 จากการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อ และจำนวนใบ ทุก ๆ 15 วัน โดยวิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตแบบ Logistic curve โดยใช้ แพคเกจ sicegar เพื่อตรวจสอบลักษณะการเป็น sigmodal พบว่ารูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูกยังไม่ชัดเจน (ภาพที่ 14, 15 และ 16) อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์โมเดลแบบ sigmoid curve ของ sicegar และ FlexParamCurve พบว่า การให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีค่าประมาณการเจริญเติบโตสูงสุด (asymptote) เท่ากับ 51.04 และ 51.44 หน่อ ตามลำดับ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโตช่วง exponential (midpoint) เท่ากับ 123.46 วัน รองลงมา คือการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีค่าประมาณการเจริญเติบโต เท่ากับ 36.41 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโตช่วง exponential (midpoint) เท่ากับ 114.52 วัน และการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีค่าประมาณการเจริญเติบโต เท่ากับ 34.08 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโตช่วง exponential (midpoint) เท่ากับ 103.95 วัน (ตารางที่ 12)

ในการให้น้ำอัตรา 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงสุด (maximum) เท่ากับ 50.29 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 109.35 วัน รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย เท่ากับ 27.86 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 125.25 วัน และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย เท่ากับ 23.04 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 102.20 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

และการให้น้ำอัตรา 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงสุด (maximum) เท่ากับ 25.45 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 139.80 วัน รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย เท่ากับ 33.97 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 113.80 วัน และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย เท่ากับ 26.36 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 124.20 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ในด้านจำนวนใบ พบว่า รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูกยังไม่ชัดเจน (ภาพที่ 17, 18 และ 19) อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์โมเดลแบบ sigmoid curve พบว่า การให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (maximum) เท่ากับ 368.92 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 140.02 วัน รองลงมา คือการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 209.67 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 112.24

วัน และการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 195.79 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 98.71 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

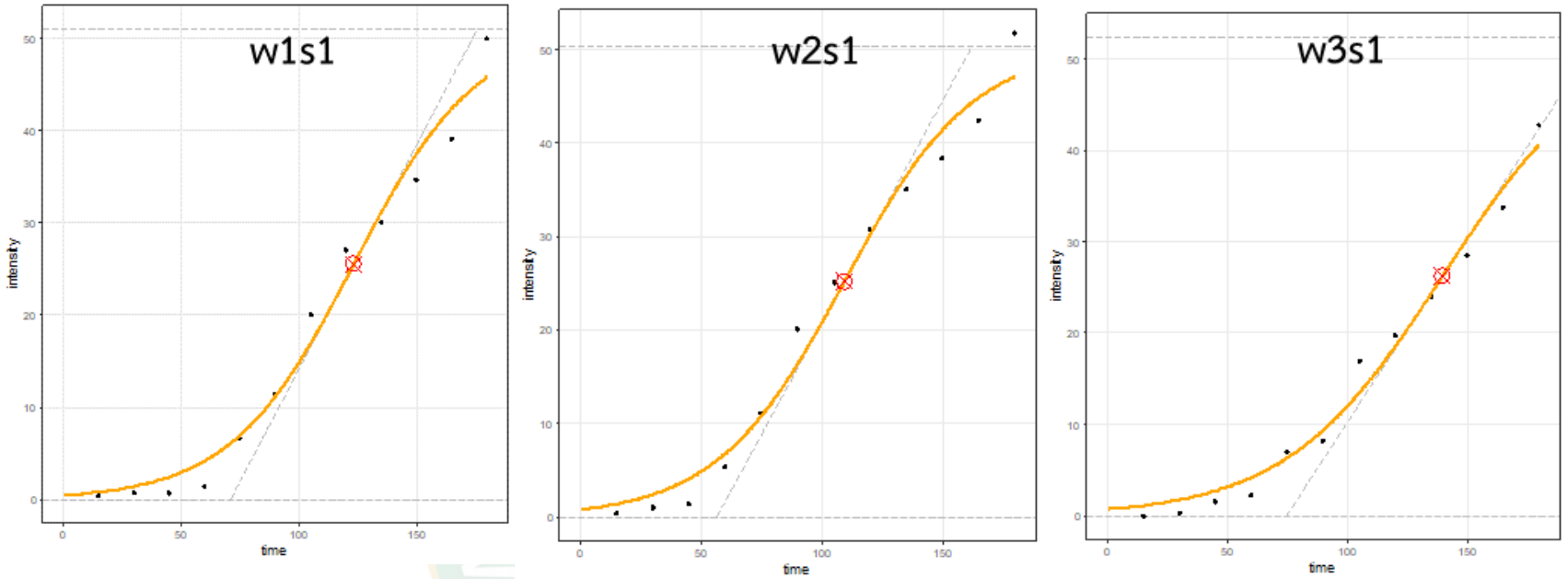
ต่อมาการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (maximum) เท่ากับ 381.04 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 120.23 วัน รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 170.90 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 126.97 วัน และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 157.86 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 107.28 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

และการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (maximum) เท่ากับ 450 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 158..08 วัน รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 272.90 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 136.18 วัน และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย เท่ากับ 170.88 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential เท่ากับ 123.56 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

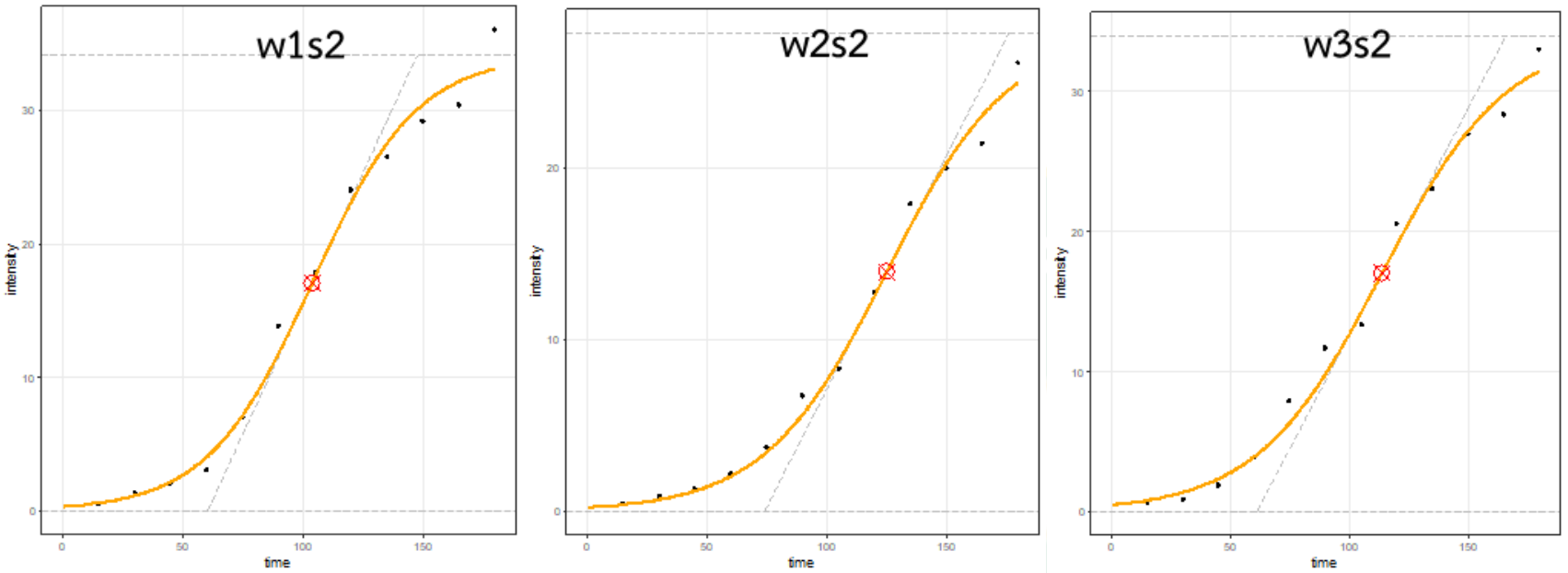
ทั้งนี้ จากการรายงานของ Kaveeta et al. (2000) ที่ได้ศึกษาความผันแปรของพัฒนาการของหญ้าแฝก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ศรีลังกา พันธุ์สุราษฎร์ธานี พันธุ์ราชบุรี และ พันธุ์กำแพงเพชร 1 ดำเนินการทดลองปลูกที่สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ซึ่งอยู่ในท้องที่เดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในช่วงระยะเวลาการเติบโต ช่วง exponential หญ้าแฝกทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถให้ผลผลิตใบได้อย่างรวดเร็ว ในช่วง 150 วันแรก และยังได้รายงานอีกว่า พันธุ์สุราษฎร์ธานี และ พันธุ์กำแพงเพชร 1 มีอัตราการผลิตใบที่เร็วกว่าพันธุ์ศรีลังกา และพันธุ์ราชบุรี

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตแบบ sigmoid curve ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ โดยโปรแกรม R ค่า Midpoint Estimate และ Maximum Estimate จาก Package sicegar และ ค่า Asymptote จาก Package FlexParamCurve

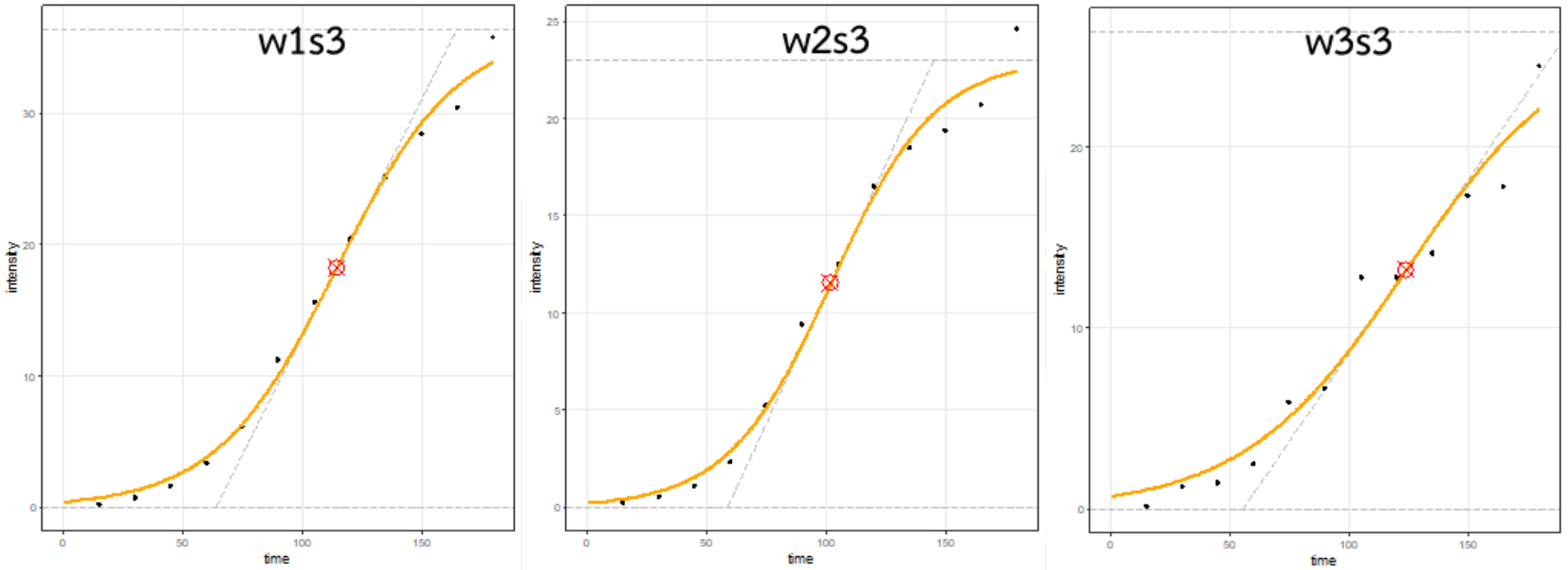
treatment		Midpoint Estimate	Maximum[1] Estimate	Asymptote[2]
จำนวนหน่อ	**w1s1**	123.46	51.04	51.44
	w1s2	103.95	34.08	35.50
	w1s3	114.52	36.41	39.69
	w2s1	109.35	50.29	50.53
	w2s2	125.25	27.86	27.97
	w2s3	102.20	23.04	23.35
	w3s1	139.80	52.45	52.45
	w3s2	113.80	33.97	34.56
	w3s3	124.20	26.36	27.16
จำนวนใบ	**w1s1**	140.02	368.92	371.17
	w1s2	98.71	195.79	203.1
	w1s3	112.24	209.67	230.6
	w2s1	120.23	381.04	382.9
	w2s2	126.97	170.90	166.17
	w2s3	107.28	157.86	161.9
	w3s1	158.08	450.00	463.3
	w3s2	136.18	272.90	279.9
	w3s3	123.56	170.88	163.8



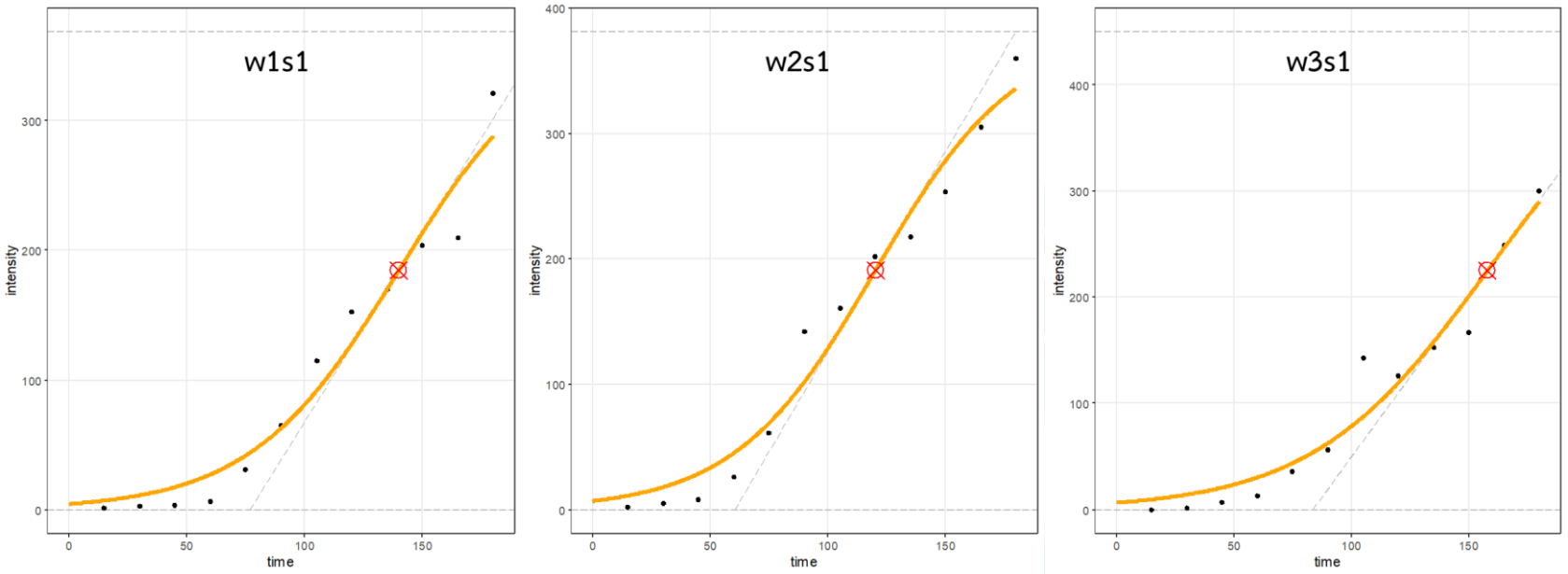
ภาพที่ 14 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicegar



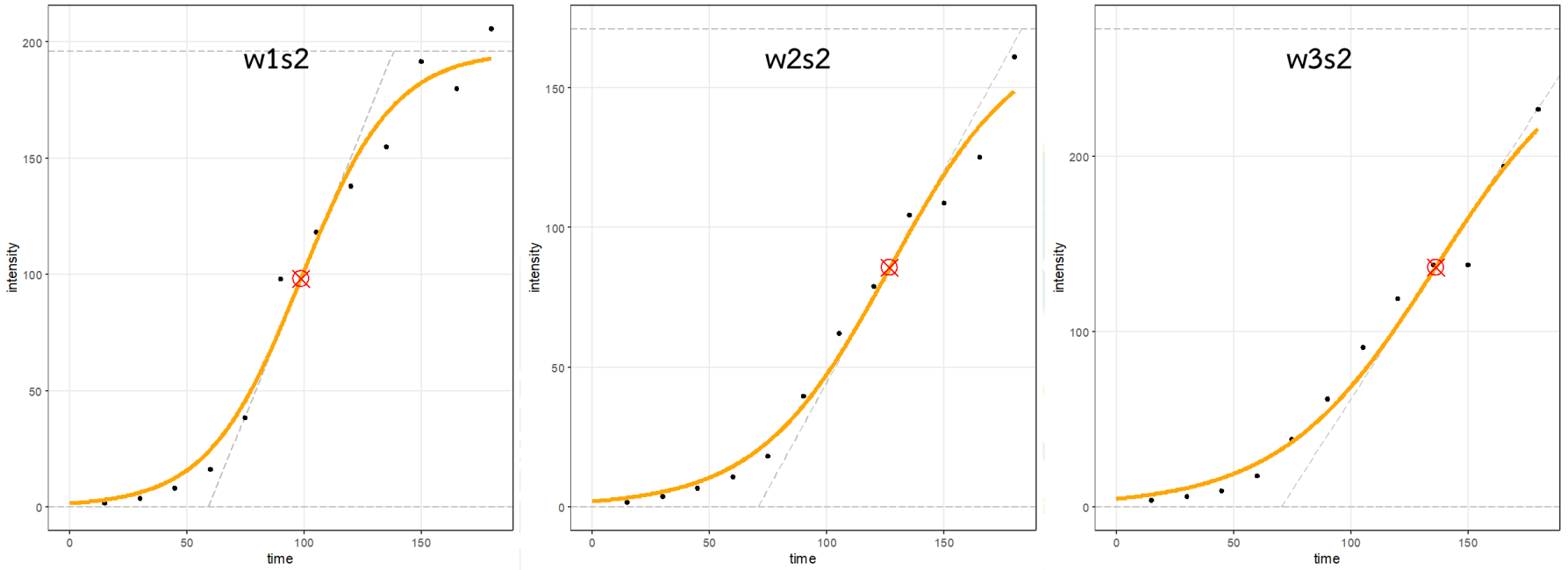
ภาพที่ 15 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicega



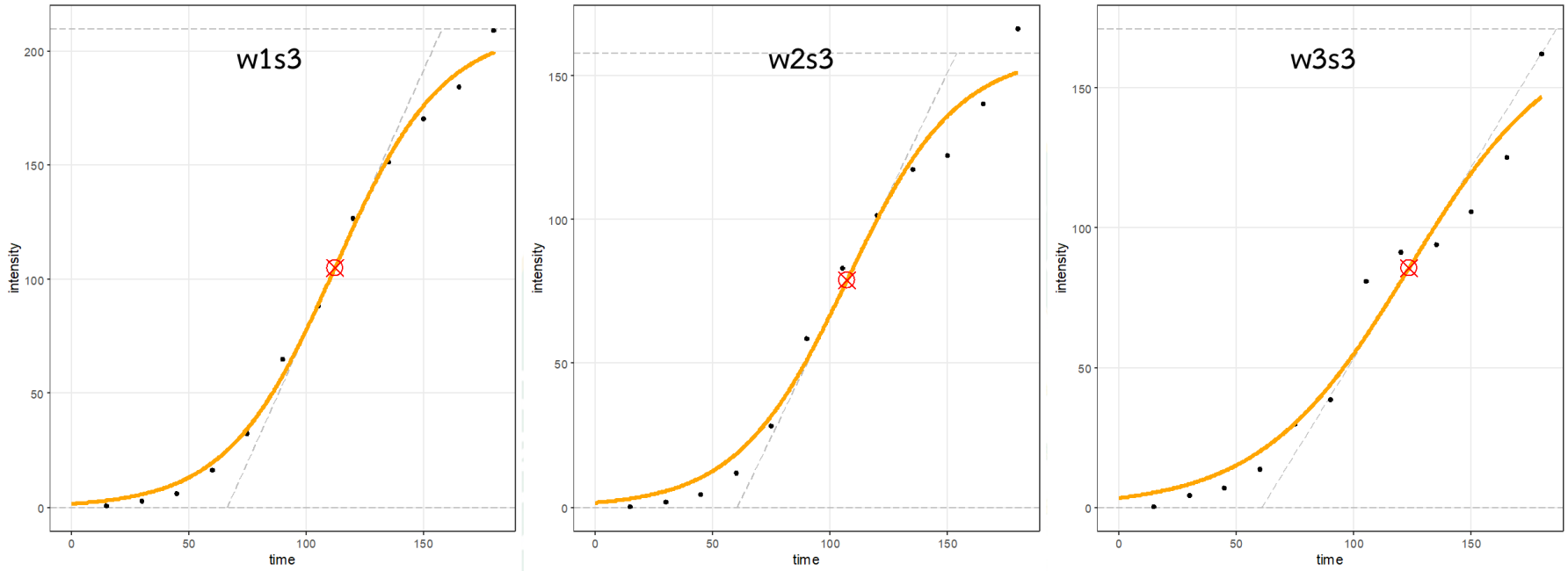
ภาพที่ 16 รูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicegar



ภาพที่ 17 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicegar



ภาพที่ 18 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicegar



ภาพที่ 19 รูปแบบการเพิ่มจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก 6 เดือน ภายใต้การใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก ร่วมกับการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ วิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้โปรแกรม R Package sicegar

และการใช้แพคเกจ FlexParamCurve เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ในรูปโลจิสติกส์ ที่มีการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูก (ภาพที่ 16) จากผลการวิเคราะห์โมเดล พบว่าค่าสูงสุด (Asymptote) ของจำนวนหน่อที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันกับค่า Maximum จากแพคเกจ sicegar โดยพบว่า การให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 51.44 หน่อ รองลงมา คือการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 39.69 หน่อ และการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 35.50 หน่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ส่วนในการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 50.53 หน่อ รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 27.97 หน่อ และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 23.35 หน่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

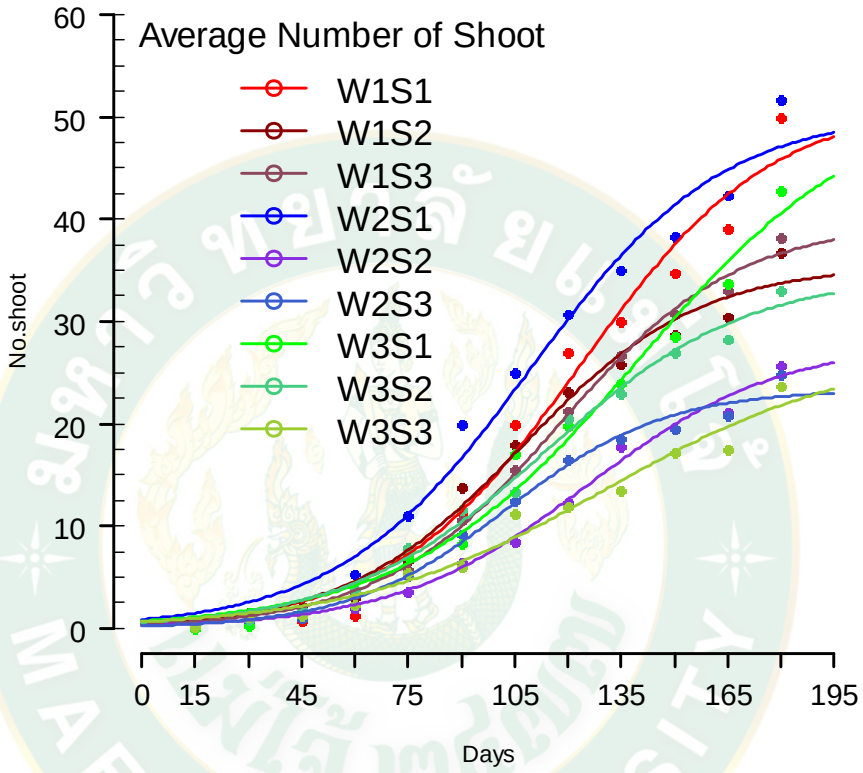
ในการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 52.45 หน่อ รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 34.56 หน่อ และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนหน่อเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 27.16 หน่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

จากภาพที่ 20 จะเห็นได้ว่า การให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก (w2s1) และ การให้น้ำที่ 2.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ในระยะเวลาที่ 180 วัน (6 เดือน) จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำค่ากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วง exponential (midpoint) ของ แพคเกจ sicegar มาพิจารณาร่วมกัน จะเห็นว่า ระยะเวลาในช่วงเร่งการเจริญเติบโตที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการเร่งที่ใช้ระยะเวลาสั้น และรวดเร็วกว่า

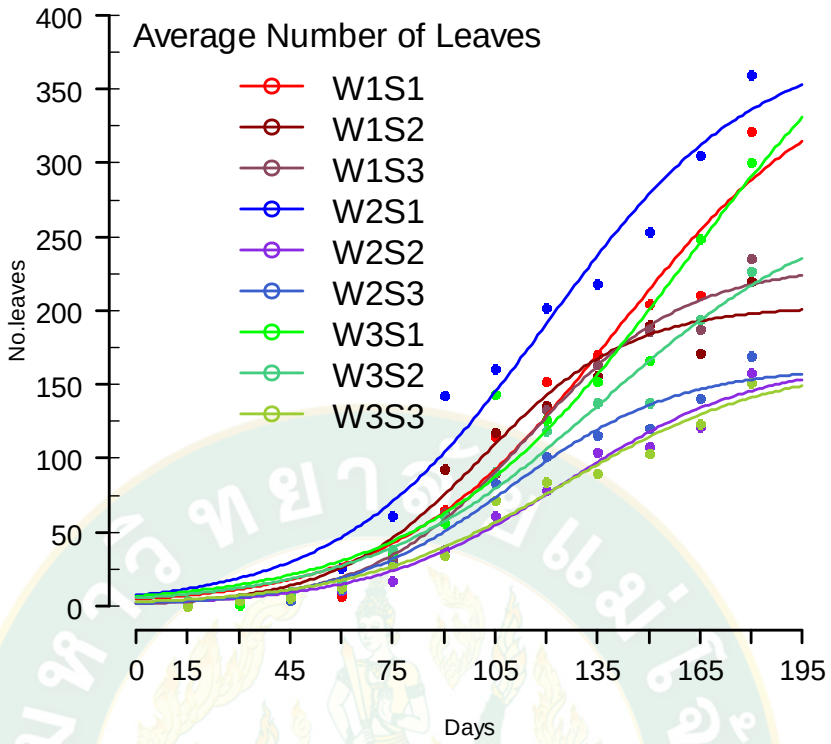
ผลการวิเคราะห์โมเดล ค่าสูงสุด (Asymptote) ของจำนวนใบ (ภาพที่ 21) พบว่า การให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 371.17 ใบ รองลงมา คือการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 230.6 ใบ และการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 203.1 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ในการให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 382.9 ใบ รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 166.17 ใบ และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 161.9 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

และการให้น้ำ 3.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด (Asymptote) เท่ากับ 463.3 ใบ รองลงมา คือการใช้ 2 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 279.9 ใบ และการใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีจำนวนใบเฉลี่ย (Asymptote) เท่ากับ 163.8 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับจำนวนหน่อหญ้าแฝกต่อกอ ที่อายุ 6 เดือน โดยใช้โปรแกรม R Package FlexParamCurve



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับจำนวนใบหญ้าแฝกต่อกอ ที่อายุ 6 เดือน โดยใช้โปรแกรม R Package FlexParamCurve

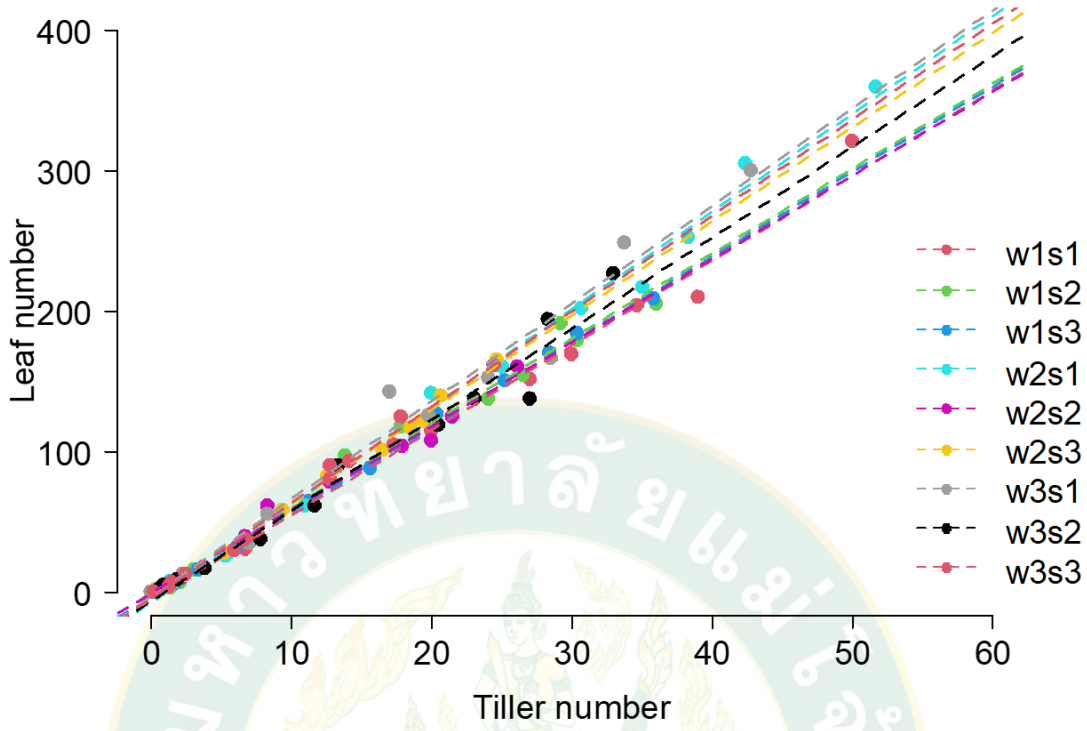
จากผลการศึกษา การให้น้ำ 2.6 ลิตรต่อวัน หรือ 1 เท่าของ ETo ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก ที่ให้ผลผลิตจำนวนหน่อเฉลี่ยเท่ากับ 51.67 หน่อ ซึ่งผลการศึกษานี้แตกต่างกับ Hammam et al. (2019) ที่ศึกษาการปลูกหญ้าแฝกโดยให้ระดับการให้น้ำ และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ในประเทศอียิปต์ พบว่า การให้น้ำ 1 เท่า ET_O ร่วมกับระดับความหนาแน่น 9 ต้นต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตจำนวนหน่อต่อกอเท่ากับ 60 หน่อ (ระยะเวลาศึกษา 184 วัน) หรือคิดเป็น 547 หน่อต่อตารางเมตร โดยจากการศึกษาของ Xia (1997) ที่ปลูกหญ้าแฝกในประเทศจีน โดยใช้หน่อเริ่มปลูก 1, 2 และ 3 หน่อ ตามลำดับ พบว่าหลังจากอายุ 2 เดือน หญ้าแฝกมีความเพิ่มพูนของหน่อต่อกอสุทธิ (net tiller increment per clump) เท่ากับ 1.19, 0.65 และ 0.68 ตามลำดับ ในขณะที่ Moula and Rahman (2008) ที่ศึกษาในประเทศบังกลาเทศ พบว่า เมื่อหญ้าแฝกมีอายุ 1 ปี มีความเพิ่มพูนของหน่อต่อกอสุทธิ (net tiller increment per clump) เท่ากับ 10.21, 16.99 และ 14.02 จากการใช้หน่อเริ่มปลูก 1 2 และ 3 หน่อ ตามลำดับ ด้วยสภาพแวดล้อมและอายุของหญ้าแฝกที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจึงมีความแตกต่างกันไปด้วย และหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา มีอัตราการแตกหน่อในช่วงแรกค่อนข้างช้า (Kaveeta et al., 2000) ในขณะเดียวกัน Ghosh et al. (2018) พบว่า หญ้าแฝกที่อายุใกล้เคียงกัน การใช้ระยะห่างของแถวที่มากขึ้นมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและเพิ่มจำนวนหน่อมากที่สุด เนื่องจากการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างเต็มที่ และการแข่งขันเพื่อให้ได้รับแสงมากที่สุด ส่วน Jimba et al. (2003) ที่ดำเนินการปลูกหญ้าแฝกในประเทศไนจีเรีย กลับพบว่า ระยะปลูกไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนหน่อ แต่มีผลต่อการสะสมมวลชีวภาพ และช่วยเพิ่มความแข็งแรงของต้นพืช

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ

ความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ พบว่า ความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ มีความสัมพันธ์ระดับมากและเป็นไปในทิศทางบวกทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 22) เมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับปลูกหญ้าแฝกจำนวน 1, 2 และ 3 หน่อ พบว่า การใช้ 3 หน่อเริ่มปลูก มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนหน่อต่อกอ (x) และจำนวนใบต่อกอ (y) สัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์เส้นตรง คือ y = -2.52087+6.05003x (R^2 = 0.9986) รองลงมาคือ การใช้จำนวนเริ่มต้น 1 และ 2 หน่อ ตามลำดับ ในส่วนการให้น้ำในระดับ 2.6 ลิตรต่อวัน พบว่า การใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 3 หน่อ มีความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อและจำนวนใบต่อกอสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์เส้นตรง คือ y = -3.3750+6.8085x (R^2 = 0.9966) รองลงมาคือ การใช้จำนวนเริ่มต้น 1 และ 2 หน่อ ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำในระดับ 3.1 ลิตรต่อวัน พบว่า การใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 3 หน่อ มีความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนใบต่อกอสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีสมการความสัมพันธ์เส้นตรง y = -3.7717+6.8085x (R^2 = 0.9916) รองลงมาคือ การใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูก 1 และ 2 หน่อ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Kaveeta et al. (1998) ที่ได้ศึกษาความผันแปรของพัฒนาการของหญ้าแฝก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ศรีลังกา สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี สายพันธุ์ราชบุรี และ สายพันธุ์กำแพงเพชร 1 พบว่า จำนวนหน่อและจำนวนใบมีความสัมพันธ์กันในระดับมากเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ดี สายพันธุ์ราชบุรี และ สายพันธุ์กำแพงเพชร 1 มีอัตราการเพิ่มจำนวนหน่อสูงกว่าสายพันธุ์ศรีลังกา และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination: R^2) และค่าความลาดชัน (b) ของจำนวนหน่อกับจำนวนใบในแต่ละกรรมวิธี มีรูปแบบความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามในการให้น้ำ หรือการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน อาจให้ผลผลิตหน่อต่อกอเท่ากัน แต่มีจำนวนใบที่มากหรือน้อยกว่า แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของหน่อปลูกที่มีการแข่งขันด้านการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังสามารถนำสมการที่ได้มาคาดการณ์ผลผลิตจำนวนหน่อจำนวนใบ ซึ่งอาจรวมถึงการสร้างมวลชีวภาพของหญ้าแฝกได้

การได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม อันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระบวนการทางสรีระวิทยา เมื่อพืชดูดน้ำเข้าสู่เซลล์เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนต่าง ๆ จากผลการวิจัยยังพบว่าพืชที่อยู่ภายใต้สภาวะความเครียดจากน้ำมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตน้อยกว่าพืชที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ เนื่องจากพืชไม่สามารถสร้างอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ (Abdel-Motagally, 2010) และ Jahanzad (2013) ยังรายงานว่าถ้าพืชได้รับน้ำเพิ่มมากขึ้น ผลผลิตก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ระดับความหนาแน่นที่ส่งผลต่อผลผลิตของพืชปลูกแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหน่อ และจำนวนใบ

หมายเหตุ: simple linear regression; y = a+bx p-value <0.001 โดย สมการความสัมพันธ์ของ w1s1: y= -4.7267+ 6.0393x R^2 = 0.9905, w1s2: y= -0.3058+ 6.0357x R^2 = 0.9877, w1s3: y= -2.52087+ 6.05003x R^2 = 0.9986, w2s1: y= -6.2962+ 6.9385x R^2 = 0.9936, w2s2: y= -0.3771+ 5.9491x R^2 = 0.9898, w2s3: y= -3.3750+ 6.8085x R^2 = 0.9966, w3s1: y= -3.1461+ 6.9568x R^2= 0.9803, w3s2: y= -5.7778+ 6.4665x R^2 = 0.9698 และ w3s3: y= -3.7717+ 6.8085x R^2 = 0.9916

5 ประมาณการจำนวนหน่อจากการให้ปริมาณน้ำ 1 เท่าของ Eto ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อ 5 หน่อต่อตารางเมตร ในพื้นที่ผลิตขนาด 1 ไร่

จากผลการศึกษาข้างต้น การปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา ที่ให้น้ำอัตรา 1 เท่าของ Eto หรือ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก จะให้ผลผลิตดีที่สุด ดังนั้นจึงได้นำมาประมาณการผลิตกล้าแฝก ในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกภายใต้ความหนาแน่นที่ 7900 หน่อต่อไร่ หรือการใช้ระยปลูกที่ 0.45 x 0.45 เซนติเมตร เมื่อมีอายุ 6 เดือนหลัง ได้จำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอเท่ากับ 51.67 หน่อ หรือคิดเป็น 408,193 หน่อต่อไร่ หรือได้จำนวนหน่อต่อกอที่ได้จากการคำนวณจากค่ามัธยฐาน เท่ากับ 44 หน่อ หรือคิดเป็น 347,600 หน่อต่อไร่ หรือได้จำนวนหน่อต่อกอที่ได้จากการคำนวณของโมเดล เท่ากับ 50.5 หน่อ หรือคิดเป็น 398,950 หน่อต่อไร่ ดังนั้นหากคิดเป็นราคาผลผลิตที่ได้ - ต้นทุน คิดเป็นกำไร 79,212 - 97,390 บาทต่อไร่ จากการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้แนะนำให้ใช้ระยะปลูกแฝกที่ 50 x 50 เซนติเมตร (6,400 กล้าต่อไร่) เมื่อมีอายุ 6 เดือน จะให้ผลผลิตเฉลี่ย 20 หน่อต่อกอ (128,000 หน่อต่อไร่) ทั้งนี้จะเห็นว่าผลผลิตที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อกอมากกว่าของกรมพัฒนาที่ดินสองเท่า (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ประมาณการจำนวนหน่อจากการให้ปริมาณน้ำ 1 เท่าของ Eto ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อ 5 หน่อต่อตารางเมตร ในพื้นที่ผลิตขนาด 1 ไร่

รายการ	จำนวน	ราคาหน่วย	เป็นเงิน (บาท)
1. ระบบตู้ความคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ	1	8,500	8500
2. ระบบน้ำ	1	12,000	12000
3. ต้นทุนปลูกกล้าแฝก			
ค่ากล้าแฝก (ระยะปลูก 0.45 x 0.45 เมตร)	7900	0.3	2370
ค่าแรงงานปลูก	4	250	1000
ค่าปุ๋ย 15-15-15	24	39.5	948
ค่าแรงใส่ปุ๋ย	1	250	250
รวม			25,068.00
ผลผลิตกล้า			
ผลผลิต (เฉลี่ย) - ต้นทุน			97,390
ผลผลิต (มัธยฐาน) - ต้นทุน			79,212
ผลผลิต (โมเดล)- ต้นทุน			94,617

6. หลักการทรงงานกับประโยชน์ของหญ้าแฝก

การศึกษาเรื่องอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ มีความสอดคล้องกับหลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ดังนี้

1. ระเบิดจากข้างใน

ในการขับเคลื่อนกิจกรรมและแนวทางของศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ได้เข้าส่งเสริมให้กับชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำ โดยสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรเพื่อเตรียมความพร้อมที่จะได้รับการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เป็นลำดับต่อไป

2. ภูมิสังคม

ในการพัฒนาด้านต่าง ๆ จะต้องยึดหลักตามสภาพภูมิประเทศ และสภาพทางสังคมเป็นหลัก ซึ่งในแต่ละพื้นที่ย่อมมีความแตกต่างกันออกไป การปลูกหญ้าแฝกต้องศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ และประเภทของการทำการเกษตรในพื้นที่ วัตถุประสงค์ที่ต้องการปลูกหญ้าแฝก โดยใช้หลักในการปรับตัวและความเหมาะสมของสายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมในพื้นที่

3. ไม่ติดตำรา

การพัฒนาใด ๆ จะต้องมีความเข้าใจถึงสภาพแวดล้อม ทรัพยากร รวมถึงวิถีชีวิต ประเพณีในชุมชน ไม่ยึดติดกับวิชาการและเทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม และไม่เป็นการเปลี่ยนแปลงรากฐานของวิถีชีวิตของคนในชุมชน

4. ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ในการพัฒนาใดๆ จะต้องมีการศึกษา ข้อมูลให้ละเอียด ทั้งข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสาร ตลอดจนสอบถามจากเจ้าหน้าที่ และเกษตรกรในพื้นที่ให้ได้รายละเอียดที่ถูกต้อง

5. แก้ปัญหาจากจุดเล็ก

การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ต้นน้ำ และพื้นที่การเกษตร เป็นวิธีการพึ่งพาธรรมชาติได้ดี และเป็นการลงทุนที่ต่ำ เกษตรกรทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีการดูแลและจัดการที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป เริ่มจากการมองจากจุดเล็ก ๆ แก้ไขปัญหาจากจุดเล็กก่อนเสมอ

7. การเผยแพร่และประชาสัมพันธ์แก่เกษตรกรและหน่วยงานภายนอก

การส่งเสริมและประชาสัมพันธ์การปลูกขยายพันธุ์หญ้าแฝกของศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ มีความสำคัญต่อชุมชนในการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยศูนย์ฯ ได้ทำการส่งเสริมการปลูกแฝกให้เกษตรกรอย่างเข้มข้นและครบวงจร เน้นให้เกษตรกรปลูกแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน อีกทั้งได้ทำการขยายผล ประชาสัมพันธ์แก่หน่วยงานภายนอก เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ภูมิสังคมที่แตกต่างกัน

7.1 การประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่

วันที่ 1 มิถุนายน 2566 ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ให้การต้อนรับผู้เข้าร่วมประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 (ICV-7) และสำนักงาน กปร. ในการเข้าเยี่ยมชม และศึกษาดูงานในพื้นที่ศูนย์ฯ โดยคณะผู้บริหารของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้ถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของศูนย์ฯ พระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร การส่งเสริมการใช้ประโยชน์การใช้หญ้าแฝกภายใต้ภารกิจหน่วยงาน และการนำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 23 การประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่

7.2 กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้เข้ามาศึกษาดูงานในรายวิชานวัตกรรมการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งงานวิจัยเรื่อง การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีการนำพัฒนาเทคโนโลยีการให้น้ำด้วยระบบอัตโนมัติมาปรับใช้กับงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นต้นแบบและแนวทางให้กับหน่วยงานอื่น และนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่นั้น ๆ ได้

ภาพที่ 24 กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่เข้าศึกษาดูงาน

7.3 ศูนย์ประสานงานโครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่

ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีโอกาสต้อนรับศูนย์ประสานงานโครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง อำเภอแม่ออน ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ ในการนำตัวแทนชุมชนในพื้นที่ตำบลแม่ออน จำนวน 30 ท่าน เข้าศึกษาดูงานภายใต้โครงการส่งเสริมและรณรงค์การปลูกหญ้าแฝก และได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในเรื่องของหญ้าแฝก และการนำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง การศึกษาอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

ภาพที่ 25 ศูนย์ประสานงานโครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ เข้าศึกษาดูงาน

7.4 การนำเสนอผลงานทางวิชาการ ในการประชุมการป่าไม้ ครั้งที่ 25 “ป่าไม้ไทยสู่เศรษฐกิจสีเขียว”

ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ร่วมกับคณะผลิตกรรมการเกษตร และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย เรื่อง “รูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก ภายใต้ปริมาณน้ำและจำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน” ในงานการประชุมการป่าไม้ ครั้งที่ 25 “ป่าไม้ไทยสู่เศรษฐกิจสีเขียว” ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 23-25 สิงหาคม 2566 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 26 การนำเสนอผลงานทางวิชาการ ในการประชุมการป่าไม้ ครั้งที่ 25 “ป่าไม้ไทยสู่เศรษฐกิจสีเขียว” ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

จากการศึกษาเรื่องอัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับแปลงผลิตกล้าแฝก

การพัฒนาระบบควบคุมให้น้ำแบบอัตโนมัติ ที่ได้ออกแบบ สร้าง และทดสอบการทำงานของระบบ จากการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า การเปิด-ปิดน้ำซึ่งควบคุมผ่านโซลินอยด์วาล์วสามารถทำงานได้โดยการตั้งเวลาทำการให้น้ำหญ้าแฝก และปริมาณการจ่ายน้ำตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่อายุ 180 วันหลังปลูก ภายใต้อัตราการให้น้ำและจำนวนหน่อปลูกที่แตกต่างกัน พบว่าด้านการเพิ่มจำนวนหน่อ จำนวนใบ และความสูงเฉลี่ยต่อกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ขนาดความโตคอรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำที่ 2.6 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูก มีขนาดความโตคอรากเฉลี่ยใหญ่ที่สุด เท่ากับ 13.8 มิลลิเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้จำนวน 2 และ 3 หน่อเริ่มปลูก

ในด้านรูปแบบการเจริญเติบโตของการเพิ่มจำนวนหน่อ และจำนวนใบตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูกเป็นแบบ Logistic curve พบว่ารูปแบบการเพิ่มจำนวนหน่อตามระยะเวลาหลังการย้ายปลูกยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์โมเดลของ sicegar และ FlexParamCurve พบว่าการให้น้ำ 2.1 ลิตรต่อวันเท่ากัน ร่วมกับการใช้ 1 หน่อเริ่มปลูก มีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของทั้งจำนวนหน่อและจำนวนใบเหมาะสมที่สุด โดยค่าประมาณการเจริญเติบโตสูงสุด (asymptote) ของจำนวนหน่อ เท่ากับ 50.29 หน่อ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโต

ช่วง exponential (midpoint) เท่ากับ 109.35 วัน และค่าประมาณการเจริญเติบโตสูงสุด (asymptote) ของจำนวนใบ เท่ากับ 381.04 ใบ และมีค่ากึ่งกลางของช่วงระยะการเจริญเติบโตช่วง exponential (midpoint) เท่ากับ 120.23 วัน

ส่วนความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ พบว่า ความสัมพันธ์ของจำนวนหน่อ และจำนวนใบ มีความสัมพันธ์ระดับมากและเป็นไปในทิศทางบวกทุกกรรมวิธี โดยการให้น้ำในระดับ 3.1 ลิตรต่อวัน ร่วมกับการใช้จำนวน 1 หน่อเริ่มปลูกมีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนใบต่อกอสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยสมการความสัมพันธ์เส้นตรง คือ y = 3.1461+ 6.9568x ที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.9803

ผลการศึกษาวิจัยเรื่อง อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมปลูกเพื่อการขยายพันธุ์ การให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอ ที่สอดคล้องกับระดับความหนาแน่นของจำนวนหน่อปลูกที่เหมาะสม ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูก และในการมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ แต่ให้ผลตอบแทนที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่อง อัตราการให้น้ำ และจำนวนหน่อปลูก ต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ที่อายุ 6 เดือน ภายใต้การพัฒนาระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการศึกษาหาปริมาณการให้น้ำ และความหนาแน่นของจำนวนหน่อเริ่มปลูกที่เหมาะสม ในพื้นที่ศูนย์ฯ เพียงแห่งเดียว และใช้เพียงหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกาที่นิยมปลูกกันในพื้นที่ ดังนั้นในการให้น้ำหญ้าแฝกในแต่ละพื้นที่ แต่ละสายพันธุ์ย่อมมีความแตกต่างกัน ซึ่งควรจะต้องศึกษาสภาพอากาศ และสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ เพื่อจะได้ทำการกำหนดปริมาณการให้น้ำได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, มโนชย์ จงรักวิทย์ และ วีระชัย ณ นคร. 2536. สัณฐานวิทยาและกายวิภาควิทยาเปรียบเทียบของหญ้าแฝก. น. 239-246. ใน **การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาคหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์. การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม**. 3-6 กุมภาพันธ์ 2536. ทบวงมหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, สุดาวดี เหมทานนท์ และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2542. **การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, มโนชย์ จงรักษ์วิทย์ และ วีระชัย ณ นคร. 2536. **สัณฐานวิทยาและกายวิภาควิทยาเปรียบเทียบของหญ้าแฝก.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **ความรู้เรื่องหญ้าแฝก.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. **ระบบบริหารและติดตามโครงการปลูกหญ้าแฝก (Vetiver Grass Tracking: VGT).** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ldd.go.th. (1 กันยายน 2566).

กิตติมา ศิวอาทิตย์กุล. 2558. การบริหารจัดการการใช้หญ้าแฝกอย่างยั่งยืน. น. 18-24. ใน **เอกสารวิชาการ. กองวิจัยและพัฒนาจัดการที่ดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2547. **สาระน่ารู้เรื่องหญ้าแฝก โครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2554. **แผนแม่บทการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2555-2559).** กรุงเทพฯ: คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

_____. 2556. **การใช้ประโยชน์ระบบหญ้าแฝก. สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.** กรุงเทพฯ: คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

_____. 2557. **หญ้าแฝก 23 ปี ของการสนองพระราชดำริกลุ่มแผนงาน**. กรุงเทพฯ:สำนัก

แผนงานและนิเทศสัมพันธ์.

_____. 2562. **หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร**. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

คณะอนุกรรมการยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. 2561. **แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ.2561-2580)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

จารุวรรณ ประวันเน. 2563. กระบวนการเปลี่ยนแปลงสู่ความเป็นเมืองอัจฉริยะ: กรณีศึกษาเทศบาลนครขอนแก่น. **วารสารการบริหารท้องถิ่น**, 12(3), 267-284.

ณฐกร นวรตน. 2559. การศึกษาคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของไก่เนื้อโคราช. ใน **การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคณิตศาสตร์ประยุกต์ ครั้งที่ 5.** กรุงเทพฯ:คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งสกุล, นาวี จิระชีวี และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์.

ธรรมนูญ แก้วคงคา, จักรพงษ์ เจิมศิริ, อุดม รัตนารักษ์, อนันต์ ทองภู, บพิตร อุไรพงษ์ และชูศักดิ์ มลิชัยศรี. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบการให้น้ำระบบร่องคูและระบบน้ำหยดสำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงแสนในเขตภาคกลาง. ใน **เอกสารวิชาการ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

ธิติศักดิ์ โพธิ์ทอง, ประสิทธิ์ เมฆอรุณ และ สิทธิชัย ชูสำโรง. 2562. การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอร์ฟแวร์รหัสเปิดและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. **วารสารเกษตรนเรศวร,** 16(2), 10-17.

บุญลือ คะเชนทร์ชาติ, เจษฎา ภัทรเลอพงศ์, เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย แล ะวศิริพร รัตนศักดิ์ภักดี. 2565. การศึกษาค่าการคายระเหยน้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยวิธี Bowen ratio และ Lysimeter. ใน **รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์ ระบบการจัดการทรัพยากรน้ำและประมาณการผลผลิตแบบแม่นยำสำหรับการปลูกอ้อย**. กรุงเทพฯ: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พงษ์ศักดิ์ สหนาฬ. 2521. **การเจริญเติบโตของตนไม้**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ. 2561. **Internet of things (IoT) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.scribd.com/document/447193935/internet-of-things (1 กันยายน 2566).

ยุพดี เผ่าพันธ์. 2543. **การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของหญ้าแฝกหอมและหญ้า**

แฝกดอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รังสรรค์ ทองภูสวรรค์ และ นันทวุฒิ วิรุฬหะรัตน์. 2544. **การให้น้ำแบบท่อเทปน้ำหยดแก่กล้าหญ้าแฝกบริเวณลาดไหล่ทาง.** กรุงเทพฯ: โครงงานวิศกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนะ สวามีชัย. 2559. การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: ทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน. **วารสารรัฏฐาภิรักษ์**, 58(1), 55-75.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. 2559. อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา. **วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสาร**, 4(2), 83-92.

วีระชาติ จริตงาม, ภิญโญ ชุมมณี, ธีรพจน์ แนบเนียน และ ถิรายุ ปิ่นทอง. 2562. **การพัฒนาระบบน้ำหยดสำหรับพืชผักสวนครัวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติผ่านเครือข่ายไร้สาย**. นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ศรีราชา วงศารยางค์กูร, รักษเกชา แฉ่ฉาย, รอยพิมพ์ ถีระวงษ์, พิริยะ ศิริโพธิ์พันธุ์กุล, จิราพร จรรยาอ่อน และ อัญรัตน์ เสียมไหม. 2559. **การบริหารจัดการภัยแล้งของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานผู้ตรวจการแผ่นดิน.

ศิริพงษ์ ฉายสินธ์. 2562. **การใช้งาน Arduino เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.

ศุทธินี ดนตรี, อภิรดี สรวิสูตร, พจนา พิชิตปัจจา, ปรัชญา ปิ่นขันธยงค์ และ ศุภลักษณ์ หน้อยสุยะ. 2557. **การจำแนกเชิงพื้นที่ของพื้นที่เผาไหม้เพื่อการเฝ้าระวังและการป้องกันการเผาในที่โล่ง: กรณีศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และแม่ฮ่องสอน**. เชียงใหม่: แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ.

สมชาย เบียนสูงเนิน. 2557. **สร้างและพัฒนาอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์**. กรุงเทพฯ: ทริปเปิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.

สมพร แสงสว่าง. 2550. **การพัฒนาแผนการเรียนรู้ เรื่อง หญ้าแฝกแก่นักเรียนโรงเรียนบ้านหนองจอกวังกำแพง ตำบลสระกรวด อำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์**. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สราวุฒิ ปานทน. 2560. ทดสอบและพัฒนาระบบให้น้ำแบบหยดสำหรับไร่อ้อยนอกเขตชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. น. 340-345. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560**. กรุงเทพฯ:

สมาคมวิศวกรรมเกษตรประเทศไทย.

สลิลรัตน์ ประสพฤกษ์. 2561. **การศึกษาระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือนโดยใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สัญญา ควรคิด, ก้องภพ ชาอามาตย์ และ วาร์ธินีย์ แสนยศ. 2562. ระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนโดยการอ้างอิงฐานเวลาและปริมาณการใช้น้ำของพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสารคาม**, 38(2), 186-196

สุดชล วุ้นประเสริฐ, ฐิติพร มะชิโกวา และ ธีรยุทธ เกิดไทย. 2564. **การพัฒนาการให้น้ำระบบน้ำหยดและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย**. นครราชสีมา: รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุวิทย์ กิระวิทยา, พนัส นัถฤทธิ์, ธานี โกสุม, เกรียงศักดิ์ เตมีย์, ประชา คำภักดี, เกรียงศักดิ์ ตรีประพิณ, อธิพงศ์ สุริยา, ธีรวุฒิ ไชยธรรม, ธรรมรส รักธรรม, ผดุง กิจแสวง, สมนึก เวียนวัฒนชัย, วุฒิไกร สร้อยสิงห์ และ ปวรุตม์ กองสมบัติสุข. 2562. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ในการสร้างนวัตกรรม**. กรุงเทพฯ: ไทยบริดจสโตน

อัญชลี นวลศรี. 2562. **สังคมสูงวัยกับแรงงานภาคการเกษตรไทย**. นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน.

อาทิตย์ ศุขเกษม วิทูร ชินพันธ์และ และ เล็ก มอญเจริญ. 2536. **เทคนิคการขยายพันธุ์หญ้าแฝกโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน.

อาทิตย์ ศุขเกษม. 2548. ความเป็นมา. ใน **เอกสารวิชาการ เรื่อง หญ้าแฝกพืชอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการพัฒนาที่ดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อำพร คล้ายแก้ว, ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, อุดมเกียรติ เกิดสม, วรเดช ชินพงศ์ฐิติวัสส์, ศิริรัตน์ โสภณ, มานัส กองแก้ว, สมพร กันธวงค์, เสกสม พัฒนพิชัย, ศักดชัย คงแก้ว, พรปวีณ์ ปันดอนตอง, ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์, ทิพย์แก้ว นัฐชา สมตัว, อุษา นรสิงห์, อดุลย์ รัศมีนพเศวต, อิสระ เจริญพรทิพย์ และปกาสิต ถัดภูเขียว. 2562. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) ของหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา พันธุ์ร้อยเอ็ด พันธุ์กำแพงเพชร 1 และ พันธุ์สงขลา 3.** กรุงเทพฯ: รายงานการวิจัย กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Abdel-Motagally F. M. F. 2010. Evaluation of water use WUE under different water regimes in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Monech). **World Journal of Agricultural Sciences**, 6(5), 499-505.

Archontoulis, S. V., & Miguez, F. E. 2015. Nonlinear regression models and applications in agricultural research. **Agronomy Journal,** 107(2), 786–798.

Babalola, O., Jimba, S. C., Maduako, O. & Dada, A. O. 2003. Use of vetiver grass for soil and water conservation in Nigeria. pp. 293– 299. In **Vetiver and Water. Proceedings of the 3rd international conference on vetiver and exhibition. Guangzhou, China, October 2003**. China Agricultural Press, Beijing.

Caglar, M. U., Teufel, A. I. & Wilke, C. O. 2018. Sicegar: R package for sigmoidal and double-sigmoidal curve fitting. **PeerJ 6**, https://doi.org/10.7717/peerj.4251.

Carlin, G. D., Troung, P., Cook, F. J., Thomas, E., Mischke, L., & Mischke, K. 2002. **Vetiver Grass Hedges for Control of Runoff and Drain Stabilisation, Pimpama Queensland**. Brisbane: CSIRO Land and Water.

Casadesús, J., Mata, M., Marsal, J., & Girona, J. 2012. A general algorithm for automated scheduling of drip irrigation in tree crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, 83, 11-20.

Cedo, M., Licas, M., Zara, R. & Guzman, C. 2012. Enhanced plantlet regeneration and in vitro root production in vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). **Philipp Agric Sci**, 95, 344–351.

Du, K.-k., Wang, Z.-l., & Mi, H. 2013. Human machine interactive system on smart home of IoT. **The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications,** 20, 96-99.

Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D. 2012. Smart grid—The new and improved power grid: A survey. **IEEE communications surveys & tutorials**, 14(4), 944-980.

France J. & Thronley J. H. M. 1984. **Mathematical Models in agriculture.** London: Butterworths.

Gao, D.-W., Hu, Q., Yao, C., & Ren, N.-Q. 2014. Treatment of domestic wastewater by an integrated anaerobic fluidized-bed membrane bioreactor under moderate to low temperature conditions. **Bioresource technology**, 159, 193-198.

Ghosh, K., Sarkar, S., Brahmachari, K. and Porel, S. 2018. Standardizing Row Spacing of Vetiver for River Bank Stabilization of Lower Ganges. **Current Journal of Applied Science and Technology**, 26(2), 1-12.

Gompertz, B. P. 1825. XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life

contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS & c. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, 115, 513–583.

Hammam, K., Amer, A. & Noreldin, T. 2019. Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) Yield and its water use efficiency affected by different plant populations under reclaimed soil conditions. **Journal of Medicinal Plants Studies**, 7(5), 126-134.

Jahanzad M, Jorat M, Moghadam H, Sadeghpour A, Chaichi MR and Dashtaki M. 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. **Agricultural Water Management**, 117, 62-69.

Jimba, S.C. and Adedeji, A. A. 2003. Effect of Plant Spacing in the Nursery on the Production of Planting Materials for Field Establishment of Vetiver Grass. **Tropicultura**, 21(4), 199-203.

Kaveeta, L., Sopa, R., Nakorn, M. N., Kaveeta, R., Nakorn, W. N. and Charoenrungrat, W. 2000. **Developmental variation of four selected vetiver ecotypes**. Bangkok: The Chaipattana Foundation (Thailand).

Lavania, U. 2000. Primary and secondary centres of origin of vetiver and its dispersion. pp. 224-427. In **Proceeding of the 2nd International Conference of Vetiver: Vetiver and Environment**. 28-29 November 2002, Rama Gardens Hotel, Laksi, Bangkok

Lipovetsky, S. 2010. Double logistic curve in regression modeling. **Journal of Applied Statistics**, 37(11), 1785–1793.

Liu, J. H., Yan, Y., Ali, A., Yu, M. F., Xu, Q. J., Shi, P. J., & Chen, L. 2018. Simulation of crop growth, time to maturity and yield by an improved sigmoidal model. **Scientific reports**, 8(1), 7030.

Moula, G. & Rahman, S. 2009. Seed Germination Potential of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). **Pakistan Journal of Agricultural Research**, 22, 97-100.

Moula, M. G. & Rahman, M. S. 2008. Tiller Effects of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). **AU Journal of Technology**, 11(3), 191-194.

National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine. 1993. **Population Summit of the World's Scientific Academies**. Washington, DC: The National Academies Press.

Nelder, J. A. 1962. Note: an alternative form of a generalized logistic equation.

Biometrics, 18, 614–616.

Oswald, S. A., Nisbet, C. T., Chiaradia, A. & Arnold, J. M. 2012. FlexParamCurve: R package for flexible fitting of nonlinear parametric curves. **Methods in Ecology and Evolution**, 3(6), 1073-1077.

Paine, T. C. E., Marthews, T. R., Vogt, D. R., Purves, D., Rees, M., Hector, A. & Turnbull, L. A. 2011. How to fit nonlinear plant growth models and calculate growth rates: an update for ecologists. **Methods in Ecology and Evolution**, 3(2), 245-256.

Parihar, S., Mal, B., Shankar, V. & Kak, A. 1998. Seed Production and Germination in Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*). **Tropical Grasslands**, 32, 173-177.

Price, C. & Munns, R. 2016. **Chapter 6-Growth analysis: a quantitative approach.**

Richards, F. J. 1959. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, 10(2), 290–301.

Scully, P. & Lueth, K. L. 2016. **Guide to IoT Solution Development**. Available http://iot-analytics.com

Thornley, J. H. M. & France, J. 2007. **Mathema-tical Model in Agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences.** Cambridge: CABI North American Office.

Verhulst, P. F. 1845. Recherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population [Mathematical researches into the law of population growth increase]. **Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles**, 18, 1-42.

Von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, 32(3), 217–231.

Wakindiki, I.I., & Ben-Hur, M. 2002. Indigenous soil and water conservation techniques: effects on runoff, erosion, and crop yields under semi-arid conditions. **Soil Research**, 40, 367-379.

Wang, D., Cao, Y.N., Ma, L., Chen, X.W., Zhang, F. & Chen, J.B. 2019). Study on Seedling Regeneration from Axillary Buds of Stem Nodes of *Vetiveria zizanioides* in Vitro. **Molecular Plant Breeding**, 17, 1313-1319.

Weibull, W. 1951. A statistical distribution function of wide application. **Journal of Applied Mathematics**, 18, 293–297.

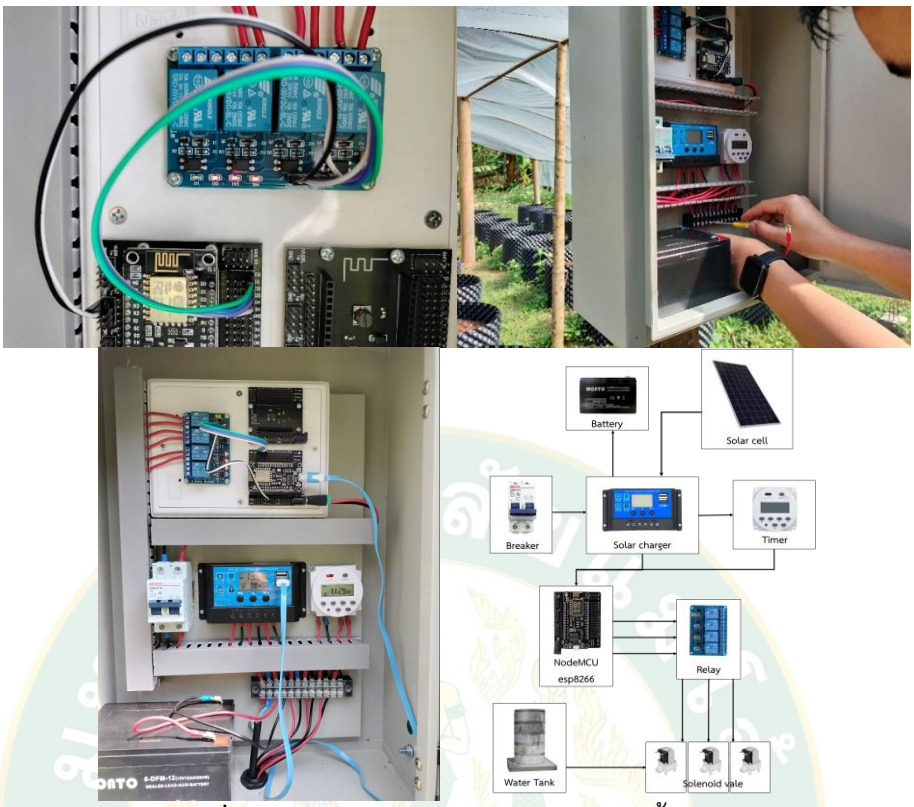
Wu, C.-L., & Fu, L.-C. 2012. Design and realization of a framework for human–system interaction in smart homes. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, 42(1), 15-31.

Xia, H. 1997. Observations and experiments on the multiplication, cultivation and management of vetiver grass conducted in China in the 1950's. **The Vetiver Newsletter**, 18, 18 - 22.

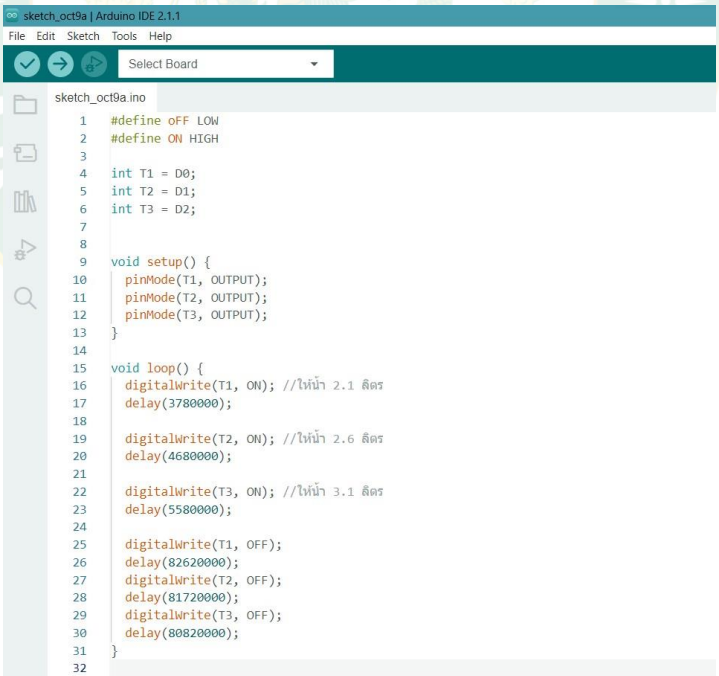
Yin, X., Goudriaan, J. A. N., Lantinga, E. A., Vos, J. A. N., & Spiertz, H. J. 2003. A flexible sigmoid function of determinate growth. **Annals of Botany**, 91(3), 361–371.

Zar, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis.** 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 การออกแบบตู้ควบคุมระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ



```
sketch_oct9a | Arduino IDE 2.1.1
File  Edit  Sketch  Tools  Help
Select Board
sketch_oct9a.ino

#define oFF LOW
#define ON HIGH

int T1 = D0;
int T2 = D1;
int T3 = D2;


void setup() {
  pinMode(T1, OUTPUT);
  pinMode(T2, OUTPUT);
  pinMode(T3, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(T1, ON); //ให้น้ำ 2.1 ลิตร
  delay(3780000);

  digitalWrite(T2, ON); //ให้น้ำ 2.6 ลิตร
  delay(4680000);

  digitalWrite(T3, ON); //ให้น้ำ 3.1 ลิตร
  delay(5580000);

  digitalWrite(T1, OFF);
  delay(82620000);
  digitalWrite(T2, OFF);
  delay(81720000);
  digitalWrite(T3, OFF);
  delay(80820000);
}
```

ภาพผนวกที่ 2 การออกแบบระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนคำสั่งควบคุม

ภาพผนวกที่ 3 ออกแบบและวางแผนการปลูกทดลอง

ภาพผนวกที่ 4 การปลูกทดลอง โดยให้ปริมาณน้ำ ร่วมกับการใช้จำนวนหน่อเริ่มปลูกที่แตกต่างกัน

ภาพผนวกที่ 5 การบันทึกข้อมูล นับจำนวนหน่อ จำนวนใบ วัดความสูง และวัดขนาดคอราก

ภาพผนวกที่ 6 หญ้าแฝกลุ่ม พันธุ์ศรีลังกา ที่อายุ 180 วัน

ภาพผนวกที่ 7 โรงเรือนศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

ภาพผนวกที่ 8 การเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมหญ้าแฝกนานาชาติ ครั้งที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่

ภาพผนวกที่ 9 การเผยแพร่ผลงานวิจัยแก่กลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ภาพผนวกที่ 10 การเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับศูนย์ประสานงาน
โครงการหมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่

ภาพผนวกที่ 11 การเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับกลุ่มเกษตรกรพื้นที่ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาววนิดา ปัญญา

เกิดเมื่อ 28 มกราคม 2540

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพะเยา

พ.ศ. 2563 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
มหาวิทยาลัยแม่โจ้