สมการของการประเมินพื้นที่ใบอย่างง่ายสำหรับกัญชาชนิดซาติวา (*Cannabis sativa* L.)

อรพรรณ หัสรังค์[1*] และ กษิดิ์เดช อ่อนศรี[2]

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี
[2]คณะนวัตกรรมเกษตร และเทคโนโลยีอาหาร สาขานวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี
*orapan.h@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

การยอมรับกัญชาเพื่อประโยชน์ทางการรักษาในประเทศไทยเป็นผลให้ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยทั้งทางด้านการปลูกและการใช้ประโยชน์ทางการรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งข้อมูลพื้นที่ใบเป็นส่วนสำคัญหนึ่งสำหรับการศึกษาทางด้านการเจริญเติบโตของกัญชา โดยวิธีการประเมินพื้นที่ใบที่แม่นยำมักเป็นการประเมินด้วยเครื่องอิเลคโทรนิคสำหรับประเมินพื้นที่ใบที่มีความน่าเชื่อถือสูง แต่มีข้อจำกัดทางด้านมูลค่าของเครื่องมือ จึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานทั่วไป ซึ่งการใช้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของความยาวและความกว้างใบเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นที่ยอมรับ และมีวิธีการไม่ยุ่งยากรวมถึงไม่ทำลายใบ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ในการหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของพื้นที่ใบจากความยาวและความกว้างใบกัญชาชนิดซาติวา (*Cannabis sativa* L.) ผลการทดลองที่ได้พบว่าตัวแปรที่ศึกษาทุกตัวของสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นมีค่า R^2 ในระดับที่ดีคือตั้งแต่ 0.6812 ขึ้นไป โดยสมการ LA = k (W x L) + a เป็นวิธีการที่ดีต่อการประเมินพื้นที่ใบกัญชามากที่สุด โดยมีค่า R^2 มากกว่าสมการอื่น โดยให้ค่า R^2 = 0.9022 ในขณะที่สมการอื่นมีค่า R^2 ที่น้อยกว่า ดังนี้ LA = kL + a (R^2 = 0.8316), LA = k (L^2) + a (R^2 = 0.8114), LA = kW + a (R^2 = 0.7252) และ LA = k (W^2) + a (R^2 = 0.6812) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสมการดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการประเมินพื้นที่ใบของกัญชาชนิดซาติวา โดยไม่ต้องทำลายใบหรือเด็ดใบออกจากต้น

คำสำคัญ: พื้นที่ใบ ใบกัญชา สมการ

Simple equation of leaf area estimation for *Cannabis sativa* L.

Orapan Hussarang[1*] and Kasideth Onsri[2]

[1] Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi
[2]Faculty of Agricultural Innovation, Rangsit University, Pathumthani.
*orapan.h@rbru.ac.th

Abstract

Since cannabis is accepted for medical use in Thailand, it nowadays is increasing experiment for cannabis plantation and medical use. Leaf area is an important information for studying in physical growth. Actual leaf area normally is estimated by using leaf area measurement machine, but it is very high price which is not favor to use for general works. On the other hand, equation from the linear regression model by using width leaf and length leaf is accepted because the information is accepted and the method is not difficult. Moreover, it works without pinching the leaf. This experiment aimed to create the equation for leaf area estimation from width and length of *Cannabis sativa* L. The result showed that every factor in equation had good R^2 which was higher than 0.6812. The equation which used W x L (LA = k (W x L) + a) had the highest R^2 (0.9022). The others had lesser R^2 such as LA = kL + a (R^2 = 0.8316), LA = k (L^2) + a (R^2 = 0.8114), LA = kW + a (R^2 = 0.7252) และ LA = k (W^2) + a (R^2 = 0.6812) respectively. In summary, the equation suited for estimation the leaf area of *Cannabis sativa* L. without pinching the leaf.

Keywords: Leaf area, Cannabis leaf, Equation

1. บทนำ

พื้นที่ใบ (Leaf area, LA) ในทางสรีรวิทยาของพืชหมายถึงพื้นที่ด้านหนึ่งของตัวใบ หรือแผ่นใบที่ยังคงมีสีเขียว ซึ่งพื้นที่ใบดังกล่าวมีความสำคัญในการบ่งบอกอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะความจุของการสังเคราะห์ด้วยแสง [1] ข้อมูลพื้นที่ใบมักถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช เพื่อนำมาใช้อธิบายถึงความแตกต่างของผลผลิตพืชปลูก ทั้งการวิเคราะห์การเจริญเติบโตต่อต้นและการเจริญเติบโตต่อพื้นดิน เช่น Leaf area ratio (LAR) บ่งบอกถึงความมีใบมาก, Net assimilation rate (NAR) บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืชแต่ละใบ [2] บ่งบอกถึงปริมาณพื้นที่ใบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดิน [3], Specific leaf area (SLA) บ่งบอกถึงความหนาหรือบางของใบ, Specific leaf weight (SLW) บ่งบอกถึงความหนาหรือบางของใบเช่นเดียวกับ SLA [4] และ LAD (Leaf area duration) บ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่าง LAI กับช่วงเวลาหนึ่งในระหว่างการเจริญของพืชตามที่กำหนด [5] เป็นต้น

จากความสำคัญของพื้นที่ใบที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชจึงมีการหาวิธีการประเมินพื้นที่ใบพืชตามความเหมาะสมที่แตกต่างกันไป ได้แก่ วิธีการประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยเครื่องอิเลคโทรนิค ซึ่งข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากเป็นการใช้เครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ประเมินขนาดพื้นที่ใบโดยตรง โดยมีทั้งแบบตั้งโต๊ะและแบบพกพา [6] แต่ด้วยข้อจำกัดของมูลค่าเครื่องมือที่ค่อนข้างสูงจึงทำให้การประเมินพื้นที่ใบด้วยวิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดในการมีเครื่องมือสำหรับการใช้งาน จึงมีแนวทางพัฒนาวิธีการต่างๆเพื่อนำมาใช้สำหรับการประเมินพื้นที่ใบ เช่น การวาดภาพใบพืชลงกระดาษกราฟมาตรฐาน [7] การใช้เครื่องสแกนใบพืชเพื่อนำภาพจากการสแกนที่ได้ไปทำการประมวลผลภาพจำลองด้วยซอฟท์แวร์ [8] การหา

พื้นที่ใบจากการคำนวณด้วยน้ำหนักใบพืช [9] การประเมินพื้นที่ใบจากภาพถ่ายดิจิตอลโดยใช้โปรแกรม Photoshop CS3 [10] และการประเมินพื้นที่ใบจากแบบจำลองสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของความยาวและความกว้างใบพืช [11] เป็นต้น โดยในแต่ละวิธีการดังกล่าวจะมีข้อจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกัน ทั้งทางด้านมูลค่าของเครื่องมือ และความสามารถเฉพาะทางในการปฏิบัติ

กัญชาสาย (*Cannabis sativa*. L.) จัดเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการรักษา เช่น การช่วยลดอาการคลื่นไส้อาเจียนของผู้ป่วยที่ได้รับเคมีบำบัด [12] โดยเฉพาะประโยชน์ทางการรักษาโรคมะเร็งที่เป็นที่ยอมรับทางการแพทย์ในปัจจุบัน [13] ซึ่งประเทศไทยได้มีการยอมรับในประโยชน์ทางการรักษาด้วยกัญชามากขึ้น กระทั่งเริ่มมีประกาศอนุญาตให้ทำการศึกษาวิจัยทั้งการปลูกและการพัฒนายาเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2562 [14] กระทั่งในปัจจุบันได้มีการอนุญาตให้สามารถนำผลิตภัณฑ์ทางยาของกัญชามาใช้รักษาบางอาการของมนุษย์ได้ เป็นผลทำให้การศึกษาวิจัยทางด้านกัญชาโดยเฉพาะการปลูกเพื่อให้ได้กัญชาที่ดีมีคุณภาพเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย เพื่อนำองค์ความรู้ดังกล่าวนั้นมาใช้ประโยชน์กับการปลูกกัญชาเพื่อให้มีคุณภาพที่ต้องการ

จากการที่พื้นที่ใบพืชนั้นเป็นข้อมูลสำคัญหนึ่งในการติดตามการเจริญเติบโตสำหรับงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพืช ซึ่งวิธีการประเมินพื้นที่ใบนั้นมีข้อจำกัดต่างๆที่แตกต่างกันไปตามความพร้อมของสถานที่และความสามารถเฉพาะทางในการปฏิบัติ การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของความยาวและความกว้างของใบกัญชา ซึ่งเป็นวิธีการประเมินพื้นที่ใบที่มีวิธีการไม่ยุ่งยาก และไม่ทำลายใบ รวมทั้งมีความประหยัดต้นทุนและมีความแม่นยำที่เป็นที่ยอมรับ รองจากการใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบอิเลคโทรนิค [15] เพื่อนำสมการที่ได้นี้ไปใช้ประโยชน์สำหรับการศึกษาหรืองานวิจัยทางด้านกัญชาต่อไป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การเลือกสุ่มตัวอย่างใบกัญชา

ทำการศึกษาใบกัญชาสายพันธ์ซาติวา (*Cannabis sativa* L.) ณ สถานีวิจัยกัญชาทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ทำการสุ่มใบกัญชาเพื่อทำการบันทึกภาพ โดยเลือกใบกัญชาที่มีลักษณะสมบูรณ์และขยายขนาดเต็มที่จำนวน 100 ใบ ระหว่างบันทึกภาพให้ทำการถ่ายภาพร่วมกับฉากหลังขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร และยาว 20 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นพื้นที่อ้างอิง โดยทำการจัดวางแผ่นฉากให้แนบชิดกับใบกัญชาจากนั้นจึงทำการบันทึกภาพถ่ายเพื่อนำภาพถ่ายที่ได้เข้าสู่การประเมินขนาดพื้นที่ใบด้วยโปรแกรม Photoshop ต่อไป

วิธีการวัดความกว้างและความยาวใบ

ภายหลังจากทำการบันทึกภาพถ่ายใบกัญชาแต่ละใบ ทำการวัดความกว้างและความยาวใบด้วยไม้บรรทัดและจดบันทึกให้ตรงกับหมายเลขของใบตัวอย่างที่ทำการบันทึกภาพ สำหรับการวัดความกว้างใบทำการวัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบโดยเริ่มจากขอบใบด้านหนึ่งจนถึงขอบใบอีกด้านหนึ่ง และการวัดความยาวใบทำการวัดตามแนวเส้นกลางใบตั้งแต่จุดเริ่มปลายใบจนถึงโคนใบ

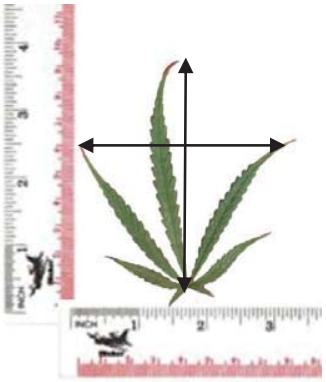

Figure 1 Hand measurement

วิธีการหาค่าอ้างอิงและการตั้งค่าสำหรับการประเมินพื้นที่โดยโปรแกรม Photoshop CS6

การหาค่าอ้างอิงเพื่อนำไปใช้ตั้งค่าสำหรับการวัดพื้นที่ในโปรแกรม Photoshop CS6 ทำโดยการประเมินพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตรของภาพถ่าย ด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 เลือกใช้เมนู Measurement log และเลือก record measurement จากนั้นจึงทำการบันทึกพื้นที่สี่เหลี่ยมในหน่วย pixels ก่อนนำไปคำนวณเป็นเซนติเมตรต่อไป

วิธีการหาพื้นที่ใบจากโปรแกรม Photoshop CS6

ขั้นตอนการประเมินพื้นที่ใบด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 นำภาพถ่ายใบกัญชาเข้าสู่โปรแกรม Photoshop CS6 ในคอมพิวเตอร์, ขั้นตอนที่ 2 ทำการตั้งค่า Set measurement scale ให้มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ตามค่าอ้างอิงที่ได้ตามวิธีการหาค่าอ้างอิง, ขั้นตอนที่ 3 ใช้เครื่องมือ Selection ของโปรแกรม Photoshop CS6 โดยเลือกเฉพาะใบในภาพเท่านั้น, ขั้นตอนที่ 5 ทำการเลือกใช้เมนู Measurement log เลือก record measurement เพื่อได้ข้อมูลพื้นที่ใบที่ทำการเลือกดังกล่าวในหน่วยตารางเซนติเมตร จากนั้นจึงทำการบันทึกข้อมูลใบที่ได้จากการประเมินด้วยโปรแกรม Photoshop CS6

วิธีการหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น

การหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression model) เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบ (LA) กับความกว้างใบ (W), ความยาวใบ (L), ความกว้างใบยกกำลังสอง (W^2), ความยาวใบยกกำลังสอง (L^2), และความกว้างคูณความยาวใบ (LW) โดยใช้สมการเส้นตรง 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) $LA = kW + a$, 2) $LA = kL + a$, 3) $LA = k(W^2) + a$, 4) $LA = k(L^2) + a$, 5) $LA = k(W \times L) + a$ เมื่อ LA คือค่าของพื้นที่ใบมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร, W คือค่าความกว้างของใบมีหน่วยเป็นเซนติเมตร, และ L คือค่าความยาวของใบมีหน่วยเป็นเซนติเมตร จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยการใช้ Data Analysis Tool ในโปรแกรม Microsoft Office Excel (Microsoft Corporation) เพื่อได้ค่า R-Squared (R^2) ซึ่งเป็นค่าความผันแปรที่ใช้เป็นเกณฑ์การยอมรับผลการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าอ้างอิงและการตั้งค่าสำหรับการประเมินพื้นที่โดยโปรแกรม Photoshop

ค่าอ้างอิงเพื่อนำไปใช้ตั้งค่าในโปรแกรม Photoshop จากการประเมินพื้นที่ 1 x 1 ตารางเซนติเมตรของภาพถ่ายใบกัญชาด้วยโปรแกรม Photoshop CS6 พบว่าขนาดพื้นที่ 1 x 1 ตารางเซนติเมตร มีจำนวน 14,161 pixels และเมื่อนำจำนวน pixels ที่ได้ไปทำการคำนวณเป็นเซนติเมตร พบว่าขนาด 1 pixels มีขนาดเท่ากับ 0.0085 เซนติเมตร นำค่าที่ได้มาทำการตั้งค่าใน Set measurement scale ของโปรแกรม Photoshop CS6 โดยตั้งค่า 1 pixels ให้มีขนาด 0.0085 เซนติเมตร จากนั้นจึงทำการทดสอบความถูกต้องของการประเมินพื้นที่โดยการหาขนาดพื้นที่ภาพฉากหลังที่ใช้สำหรับการถ่ายรูปใบกัญชาที่ทราบขนาดพื้นที่แน่นอน คือ 300 ตารางเซนติเมตร (กว้าง 15 x ยาว 20 เซนติเมตร) พบว่าขนาดพื้นที่ของฉากหลังโดยโปรแกรม Photoshop CS6 ได้ขนาดเท่ากับพื้นที่ฉากจริง

การหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของใบกัญชา

นำข้อมูลใบกัญชาทั้ง 100 ใบ ที่ประเมินพื้นที่ใบจากโปรแกรม Photoshop CS6 มาทำการบันทึกตามหมายเลขของใบกัญชาที่กำหนดไว้สำหรับการบันทึกข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากโปรแกรม Photoshop CS6 และความกว้างยาวใบที่ทำการวัดด้วยไม้บรรทัดมาเข้าสู่กระบวนการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นด้วยโปรแกรม Microsoft Office Excel (Figure 1) ในสมการเส้นตรงทั้ง 5 รูปแบบ พบว่าสมการ $LA = k(W \times L) + a$ เป็นวิธีการที่ดีต่อการประเมินพื้นที่ใบกัญชามากที่สุด โดยมีค่า R^2 มากกว่าสมการอื่น โดยให้ค่า $R^2 = 0.9022$ ในขณะที่สมการอื่นมีค่า R^2 ที่น้อยกว่า ดังนี้ $LA = kL + a$ ($R^2 = 0.8316$), $LA = k(L^2) + a$ ($R^2 = 0.8114$), $LA = kW + a$ ($R^2 = 0.7252$) และ $LA = k(W^2) + a$ ($R^2 = 0.6812$) ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานของปรีชา และคณะ [10] ที่ทำการหาพื้นที่ใบอ้อยและใบมันสำปะหลังจากภาพถ่ายดิจิตอลด้วยโปรแกรม Photoshop CS3 พบว่าค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ใช้ค่าความกว้างใบ (W) และความยาวใบ (L) เป็นตัวแปรในการประเมินพื้นที่ใบ

มันสำปะหลัง มีค่า R^2 ที่น้อยกว่าค่าพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากใบอ้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากลักษณะของใบที่ใบอ้อยนั้นเป็นใบเดี่ยวขอบใบเรียบจะมีค่า R^2 ที่สูงกว่าหรือแม่นยำกว่าใบค่า R^2 ของใบมันสำปะหลังที่มีลักษณะใบประกอบขอบใบหยัก แต่เมื่อใช้ความกว้างคูณความยาวใบเป็นตัวแปร (LA = k (W x L)) ได้ค่า R^2 ที่ดีมีความแม่นยำมากกว่าการใช้ตัวแปรอื่นทั้ง 2 สายพันธุ์ของอ้อย และ 3 สายพันธุ์ของมันสำปะหลัง เช่นเดียวกับงานของเจษฎา ภัทรเลอพงศ์ และคณะ [11] ที่ทำการศึกษาถึงสมการพื้นที่ใบอย่างง่ายของไม้ผลเขตร้อนบางชนิด ซึ่งพบว่าการประเมินพื้นที่ใบตามสมการที่ใช้ค่าความยาวคูณความกว้างใบเป็นตัวแปร (A = aLW + b) ในไม้ผลเขตร้อนที่ทำการศึกษามีค่า R^2 ที่ดีไม่แตกต่างจากการใช้ตัวแปรในสมการอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ความกว้างคูณความยาวใบเป็นตัวแปรในสมการมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นตัวแปรของสมการ

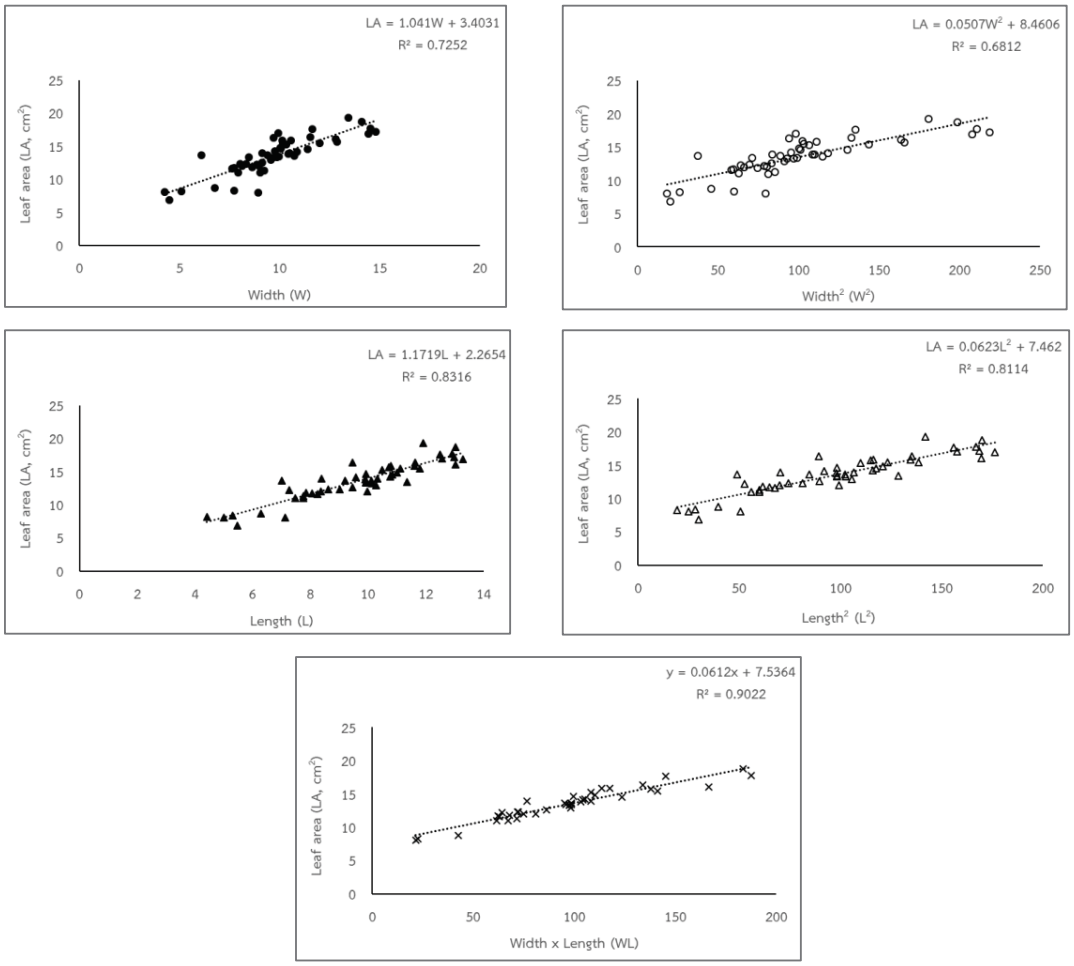

Figure 2 Relationship between leaf area and each factor equation by using Microsoft Office

Table 1 Equation for leaf area estimation of Cannabis leaf from width (W) and length (L)

No.	Leaf area equations	R^2	SEM
1	LA = 1.041 W + 3.403	0.7252	2.4545
2	LA = 0.051 W^2 + 8.461	0.6812	2.3807
3	LA = 1.171 L + 2.265	0.8114	2.5943
4	LA = 0.062 L^2 + 7.462	0.8316	2.6282
5	LA = 0.0612 WL + 7.536	0.9022	2.2719

4. สรุปผลการวิจัย

สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นเพื่อนำมาใช้สำหรับการประเมินพื้นที่ใบกัญชาชนิดชาติวา สามารถกระทำได้เนื่องจากพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรที่ศึกษาทุกตัวมีค่า R^2 ในระดับที่ดีคือตั้งแต่ 0.68 ขึ้นไป โดยสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุดคือสมการที่ใช้ความกว้างคูณความยาวใบเป็นตัวแปร (LA = k (W x L) + a) โดยมีค่า R^2 มากที่สุดคือ 0.9022 แสดงให้เห็นว่าสมการดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการประเมินพื้นที่ใบของกัญชาชนิดชาติวา โดยไม่ต้องทำลายใบหรือเด็ดใบออกจากต้น

5. ข้อเสนอแนะ

กัญชาเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์นั้นยังคงมีชนิดอื่นนอกเหนือจากชนิดชาติวา (*Cannabis sativa* L.) ที่นำมาใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสมการประเมินพื้นที่ใบจะมีความผันแปรในข้อมูลที่แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของพืช ดังนั้นยังคงจำเป็นที่ควรมีการทำข้อมูลการหาสมการประเมินพื้นที่ใบที่เหมาะสมกับกัญชาในแต่ละชนิดต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานีวิจัยกัญชาทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนการดำเนินการศึกษาวิจัยในกัญชา ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Price C. and Munns R. (2016). **Chapter 6-Growth analysis : a quantitative approach**. Retrieve 26 March 2022 from https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-6-Growth-analysis-%3A-a-quantitative-approach-Price-Munns/195b1dfec2fe6e01a17ffd148cdd442fa4a3194e#citing-papers.

[2] Ruggiero C., Ascione S., Punzo A. and Vitale C. (2012). Estimation of relative growth rate of ten field-grown herbaceous species: the effects of LAR and NAR depend on time scale and type of analysis. **Journal of Crop Science**, 3(2), 57-63.

[3] He Y., Guo X., Wilmshurst J.F. (2007). Comparison of different methods for measuring leaf area index in a mixed grassland. **Canadian Journal of Plant Science**, 87(4), 803-813.

[4] Amanullah. (2015). Specific leaf area and specific leaf weight in small grain crops wheat, rye, barley, and oats differ at various growth stages and NPK source. **Journal of Plant Nutritio,** 38(11), 1694-1708.

[5] Paramesh V., Sridhara C.J. & Shashidhar K.S. (2013). Leaf area, leaf area index and leaf area duration influenced by integrated nutrient management and planting geometry in aerobic rice. **Environment & Ecology**, 31(2B), 943-946.

[6] LI-Cor. (2022). **Plant**. Retrieved 28 March 2022 from https://www.licor.com/env/#plants.

[7] Pandey S.K. and Sigh H. (2011). A simple, cost-effective method for leaf area estimation. **Journal of Botany,** 2011, 1-6.

[8] สัตถาภูมิ ไทยพานิช, บารมี โอสธีรกุล และมหศักดิ์ เกตุฉ่ำ. (2557). การออกแบบระบบประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยวิธีการประมวลผลภาพร่วมกับการวิเคราะห์ความถดถอย. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ**, 2(1), 23-31.

[9] Kaushik P., Pati P.K., Khan ML. and Khare PK. (2021). A quick and simple method for estimating leaf area by leaf weight. **International Journal of Botany Studies**, 6(6), 1286-1288.

[10] ปรีชา กาเพ็ชร, ชยันต์ ภักดีไทย และวินัย ศรวัติ. (2554). การหาพื้นที่ใบจากภาพถ่ายดิจิตอล. **แก่นเกษตร**, 39, 392-397.

[11] เจษฎา ภัทรเลอพงศ์, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, ศรปราชญ์ ธไนศวรรยางค์กูร, เชฏฐ์ สาทรกิจ และดวงรัตน์ ศตคุณ. (2557). สมการพื้นที่ใบอย่างง่ายของไม้ผลเขตร้อนบางชนิด. **แก่นเกษตร**, 42(3), 63-68.

[12] Copeland J. and Swift W. (2009). Cannabis use disorder: epidemiology and management. **Int. Rev. Psychiatry**, 21(2), 96-103.

[13] Seltzer E.S., Watters A.K., MacKenzie Jr.D., Granat L.M. and Zhang D. (2020). **Cannabidiol (CBD) as a promising anti-cancer drug**. Retrieved 28 March 2022 from https://www.mdpi.com/journal/cancers.

[14] **พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) พ.ศ.2562**. (2562). ค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2565 จาก https://mnfda.fda.moph.go.th/ narcotic /?p=3914.

[15] Sinoquet H. and Andrieu. (1993). **The geometrical structure of plant canopies : characterization and direct measurement methods**. In: Crop Structure and Light Micromate: Characterization and Applications Eds. C. Varlet-Grancher, R. Bonhomme and H. Sinoquet. INRA Editions, Paris.