

การประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบสดของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียพันธุ์เอียสกุลแบบไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปรของการสะท้อนแสงที่มองเห็นได้

Non-Destructive Determination of Fresh Leaf Nitrogen Content in *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' Using Multivariate Data Analysis of Visible Light Reflectance

ศุภสุตา การูจี¹ สิรินาถ น้อยพิทักษ์² วันรัฐ अबดุลลากาซิม² และศุภธิดา अबดุลลากาซิม^{3*}

Supasuta Karoojee¹ Sirinad Noypitak² Wanrat Abdullakasim² and Supatida Abdullakasim^{3*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

¹ Program of Crop Production Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000

² ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

³ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

³ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: fagrsds@ku.ac.th

(Received: 8 November 2023; Revised: 26 January 2024; Accepted: 16 February 2024)

Abstract

Nitrogen is an important element needed for all stages of plant growth. Determining leaf nitrogen accumulation can be used as an indicator to identify plant health. The objectives of this study were to clarify the influence of time and frequency of fertilizer application on leaf nitrogen content in *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' and to evaluate the amount of nitrogen content in the orchid leaves by measuring the color and reflectivity in visible light using multivariate analysis. This is a fast, low cost and easy-to-implement method. The completely randomized design involved five fertilizer application treatments i.e., 1) control treatment (spray only water) 2) fertilizer application in the morning once a week 3) fertilizer application in the morning twice a week 4) fertilizer application in the evening once a week and 5) fertilizer application in the evening twice a week, consecutively for nine months. All five treatments resulted in a sample population with differences in leaf nitrogen content in the range of 0.89-2.76% dry weight. The fertilizer application twice a week in the evening enhanced the maximum amount of leaf nitrogen content and the highest leaf greenness values. The best prediction model including the reflectance values range of 400-700 nm spectrum, corrected data by the Standard Normal Variate (SNV) method and combined with the L*, a*, b* gloss values, and the leaf greenness demonstrated a high prediction accuracy with the R_p of 0.9000 and RMSEP of 0.1849% dry weight. The values are considered a high prediction and it is possible to apply for determination of leaf nitrogen contents without destroying the sample.

Keywords: *Dendrobium* orchid, nutrient, prediction, non-destructive

บทคัดย่อ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืชในทุกๆ ระยะ การทราบปริมาณไนโตรเจนที่ใบใช้เป็นหนึ่งดัชนีบ่งชี้สุขภาพของพืชได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาและความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อการสะสมไนโตรเจนในใบกล้วยไม้สกุลหวายไซเนียพันธุ์เฉียดสกุล และเพื่อประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบสดด้วยคุณสมบัติค่าสีและค่าการสะท้อนแสงในช่วงแสงที่มองเห็นได้ด้วยวิธีการหาค่าตัวแปร ซึ่งเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ไม่ยาก รวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายน้อย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งวิธีการให้ปุ๋ยเป็น 5 ทรีทเมนต์ คือ 1) ชุดควบคุม (ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า) 2) ให้ปุ๋ยช่วงเช้า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ 3) ให้ปุ๋ยช่วงเช้า 2 ครั้งต่อสัปดาห์ 4) ให้ปุ๋ยช่วงเย็น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และ 5) ให้ปุ๋ยช่วงเย็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 9 เดือน ผลการทดลองพบว่า วิธีการให้ปุ๋ยทั้ง 5 ทรีทเมนต์สามารถสร้างประชากรที่มีความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนในใบกล้วยไม้ได้ในช่วง 0.89-2.76 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยการให้ปุ๋ยในช่วงเย็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด และมีค่าความเขียวใบสูงสุด เมื่อนำค่าการสะท้อนแสงของเส้นสเปกตรัมตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ที่ปรับแต่งด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) ร่วมกับการใช้ตัวแปรอื่นคือ ค่าสี L^* , a^* , b^* ค่าความเงา (gloss) และค่าความเขียวใบไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจน พบว่าให้ผลการทำนายที่ดีกว่าทุกวิธี โดยได้ค่า R_p เท่ากับ 0.9000 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.1849 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ซึ่งนับเป็นค่าการทำนายที่สูง และมีความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ใบสดของกล้วยไม้โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง

คำสำคัญ: กล้วยไม้สกุลหวาย ธาตุอาหาร การทำนาย ไม่ทำลายตัวอย่าง

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายและกล้วยไม้เขตร้อนอื่น ๆ มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ปี พ.ศ. 2565 มีผลผลิตจำนวน 31,950 ตัน และมีปริมาณการส่งออกสินค้ากล้วยไม้โดยรวมคิดเป็นมูลค่า 394.89 ล้านบาท (Department of International Trade Promotion, 2023) เพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออกช่อดอกกล้วยไม้ นอกจากปริมาณแล้ว การเพิ่มคุณภาพของช่อดอกเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเช่นกัน จากการวิจัยเกี่ยวกับการให้ปุ๋ยแก่กล้วยไม้สกุลหวายตัดดอกในความถี่และปริมาณที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มคุณภาพและปริมาณช่อดอกได้ (Karojee *et al.*, 2018) โดยไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับทุกระยะการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ เนื่องจากเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน กรดนิวคลีอิกต่าง ๆ คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์ และฮอร์โมนในพืช เป็นต้น (Hawkesford *et al.*, 2012) แต่ถ้าพืชขาดธาตุ

ไนโตรเจนจะแสดงอาการขาดอย่างชัดเจน โดยแสดงอาการเหลืองบริเวณใบแก่มากกว่าใบอ่อน เพราะไนโตรเจนเคลื่อนย้ายได้ดีในพืชจึงเคลื่อนไปยังใบอ่อนได้ดีและสะสมบริเวณนั้นมากกว่าใบแก่ การขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้กล้วยไม้สกุลฟาแลนนอปซิสมีจำนวนใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบลดลง ส่งผลให้คุณภาพช่อดอกลดลง (Susilo and Chang, 2014) การเพิ่มความชื้นโดยการให้น้ำแก่กล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์บอมโม่ในช่วงเย็นเป็นการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์บริเวณโคนปลูกลูกให้สูงขึ้น ส่งผลต่อการกระตุ้นการเปิดปากใบทำให้มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น (Chuennakorn and Yingjajaval, 2006) อาจส่งเสริมการดูดซึมและสะสมธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจนได้ อย่างไรก็ตามการขาดธาตุไนโตรเจนในพืชหลายชนิดสามารถประเมินจากสีของใบได้ เนื่องจากสีเป็นคุณสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้อธิบาย บรรยายคุณลักษณะของวัสดุเกษตรได้ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง เกิดจากการที่แสง

สะท้อนจากวัตถุมามากกระทบบที่ตา และส่งไปยังสมองเพื่อแปลผลออกมาเป็นสีที่ตาเห็น แต่ในการบรรยายนั้นมาตรฐานในการเทียบสีอาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ลักษณะทางกายภาพตาของผู้บรรยาย หรือลักษณะของแสงที่ตกกระทบบ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการมาตรฐานการบรรยายสีในเชิงวิชาการ เครื่องมือที่ใช้วัดสีด้วยเครื่อง colorimeters และ spectrophotometer สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงที่เป็น reflectance curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี reflectance curve ที่แตกต่างกัน ระบบการวัดสีด้วยเครื่อง colorimeters และ spectrophotometer มีอยู่หลายระบบด้วยกันแต่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ color space ซึ่งเป็นมาตรฐานของ CIE (Commission International De L'Eclairage) เป็นหน่วยงานเพื่อกำหนดมาตรฐานของการส่องสว่าง และการใช้สีได้กำหนดรูปแบบมาตรฐานในการใช้มาตรวัดสีที่สามารถใช้ได้โดยทั่วไป และง่ายในการเปรียบเทียบ โดยค่าสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ซึ่งค่า L^* เป็นค่าแสดงความสว่าง ยิ่งค่าเป็นบวกมากยิ่งมีความสว่างมาก ส่วนค่า $-a^*$ แสดงถึงค่าสีเขียว $+a^*$ แสดงถึงค่าสีแดง $-b^*$ แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน และ $+b^*$ แสดงถึงค่าสีเหลือง (Abbott, 1999)

การสะท้อนแสง (reflection) ของใบพืชมีรายงานว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เช่น ในต้นไทรย้อยใบแหลม (benjamin fig) และต้นคอตตอนวูด (cottonwood) กับปริมาณไนโตรเจนในใบพบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง (Loh and Grabosky, 2002) รวมทั้งมีการใช้เครื่องมือ เช่น คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (Chlorophyll meter SPAD-502) เครื่อง Near infrared spectrometer (NIRS) และเครื่อง colorimeters ทำการวัดค่าสีใบเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงกับปริมาณไนโตรเจนในพืช

นอกจากนี้ Sookchalearn and Abdullakasm (2017) ได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมันสำปะหลังโดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดสีที่สอบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน พบว่าสามารถวัดค่าความเขียวใบได้ใกล้เคียงกับเครื่อง SPAD-502 ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.97 และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.9688

ปัจจุบันเครื่อง SPAD-502 สามารถวัดค่าความเขียวใบและประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบแบบไม่ทำลายตัวอย่าง เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้งานง่าย รวดเร็ว และเนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง การใช้เครื่อง SPAD-502 จึงสามารถประเมินปริมาณไนโตรเจนเบื้องต้นในใบพืชได้ แต่เนื่องจากการวัดค่าด้วยเครื่อง SPAD-502 ใช้พื้นที่วิเคราะห์แต่ละจุดน้อย (6 ตารางมิลลิเมตร) แม้จะวัดหลายค่า แต่เมื่อนำมาทำนายปริมาณไนโตรเจนอาจได้ค่าความสัมพันธ์ที่ R^2 ปานกลางถึงสูงแตกต่างกันตามแต่ชนิดพืช ตำแหน่งใบ และระยะการเจริญเติบโต เช่น ในข้าว พบว่า ค่า SPAD กับปริมาณไนโตรเจนของใบตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีค่า R^2 ในช่วง 0.72-0.96 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต (Yang *et al.*, 2014) ส่วนกล้วยไม้พบว่าค่า SPAD กับปริมาณไนโตรเจนในใบ มีค่า R เท่ากับ 0.79 ซึ่งยังมีค่าไม่สูงมากสำหรับการนำไปใช้ในการทำนายปริมาณไนโตรเจนในใบ (Karoojee, 2018) ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยเครื่อง NIRS แม้สามารถประเมินค่าความสัมพันธ์ได้ค่า R^2 สูงสามารถทำนายปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างใบสดของกล้วยไม้ได้ด้วยค่า R_p 0.8874 และตัวอย่างใบแห้งสามารถทำนายได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยมีค่า R_p สูงถึง 0.9882 (Karoojee *et al.*, 2021) แต่ต้องอาศัยความชำนาญของผู้วิเคราะห์ค่อนข้างมาก เนื่องจากเทคนิคมีความซับซ้อน และพืชบางชนิดที่มีค่าน้ำสะสมในเนื้อเยื่อของใบมากทำให้ส่งผลต่อความแม่นยำในการทำนาย

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลา และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อปริมาณไนโตรเจนใน ใบกล้วยไม้สกุลหวายไซเนียพันธุ์เขียวสกุล และทำนายปริมาณไนโตรเจนในใบสดด้วยคุณสมบัติค่าสีและการสะท้อนแสงในช่วงแสงที่มองเห็นได้ด้วยการวิเคราะห์แบบพหุตัวแปร (multivariate data analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่าการวิเคราะห์ค่าทางเคมี เพื่อนำไปสู่การจัดการธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างต้นกล้วยไม้

การทดลองนี้ใช้ต้นกล้วยไม้สกุลหวายไซเนียพันธุ์เขียวสกุล อายุ 1 ปี หลังย้ายปลูก จำนวน 300 ต้น ที่เลี้ยงในโรงเรือน B1 ที่ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลือกต้นที่มีความสูงเท่า ๆ กัน จำนวนใบใกล้เคียงกัน และมีความสมบูรณ์ไม่เป็นโรค โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) แบ่งการทดลองเป็น 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 60 ต้น

ทรีทเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม (ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า)

ทรีทเมนต์ที่ 2 ให้ปุ๋ยช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 8.30-9.30 น. 1 ครั้งต่อสัปดาห์

ทรีทเมนต์ที่ 3 ให้ปุ๋ยช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 8.30-9.30 น. 2 ครั้งต่อสัปดาห์

ทรีทเมนต์ที่ 4 ให้ปุ๋ยช่วงเย็นตั้งแต่เวลา 17.30-18.30 น. 1 ครั้งต่อสัปดาห์

ทรีทเมนต์ที่ 5 ให้ปุ๋ยช่วงเย็นตั้งแต่เวลา 17.30-18.30 น. 2 ครั้งต่อสัปดาห์

โดยแต่ละทรีทเมนต์ที่ให้ปุ๋ยจะให้ปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำฉีดพ่นทางใบ สูตร 20-20-20 สลับกับสูตร 30-10-10 อัตรา 4 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 9 เดือน มีการให้น้ำตามปกติและมีการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมโรคและแมลง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบกล้วยไม้ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 นับจาก

ส่วนยอด เพราะเป็นใบที่ทางเต็มที่ไม้แก่และอ่อนเกินไปของแต่ละต้น จำนวนทั้งหมด 150 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น นำตัวอย่างใบกล้วยไม้ตำแหน่งใบที่ 2 และ 3 นำมาเช็ดทำความสะอาดและวางทิ้งไว้ในห้องปรับอากาศอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. การหาสมบัติเชิงแสง

2.1 การหาความเขียวใบกล้วยไม้

วัดค่าความเขียวใบที่กล้วยไม้ตำแหน่งที่ 3 จากยอดด้วยเครื่อง Chlorophyll meters รุ่น SPAD-502 วัดใบละ 6 จุดและหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ (Figure 1a) โดยที่เครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 นั้นใช้ light source เพียงสองความยาวคลื่นคือ red LED 650 นาโนเมตร และ near-infrared LED 940 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงการดูดกลืนของคลอโรฟิลล์ (Konika Minolta, 2009)

2.2 การหาค่าสีและการสะท้อนแสงของช่วงแสงที่มองเห็นได้

นำตัวอย่างใบกล้วยไม้มาวัดสีในหน่วย CIE L^* , a^* , b^* , ค่าความเงา (gloss) และค่าการสะท้อนแสงช่วงแสงที่มองเห็นได้ 400-700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Color spectrophotometer (Spectro-guide sphere gloss, BYK- Gardner, USA) โดยตั้งค่าการวัด standard illuminant/standard observer คือ D65/10° ค่าการสะท้อนแสงจะถูกบันทึกค่าทุก 10 นาโนเมตร ลงภายในเครื่อง ส่วนค่า L^* (lightness) แสดงค่าความสว่าง โดยวัตถุที่มีสีขาวจะมีค่าเท่ากับ 100 และวัตถุสีดำมีค่าเท่ากับ 0 ค่า a^* , b^* (Chromaticity coordinates) เป็นค่าที่ระบุความหมายของสีวัตถุ โดยค่า a^* มีค่าบวกลบหมายถึงวัตถุมีสีแดง a^* มีค่าลบหมายถึงวัตถุมีสีเขียว และค่า b^* มีค่าบวกลบหมายถึงวัตถุมีสีเหลือง ค่า b^* และค่าลบหมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน (Magdic *et al.*, 2009) และค่าความเงา (gloss) จะถูกบันทึกและแสดงผลบนหน้าจอของเครื่อง โดยวัดกลางใบใบละ 2 ด้าน ด้านละ 2 ซ้ำ (Figure 1b) แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละใบมาทำการเฉลี่ยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

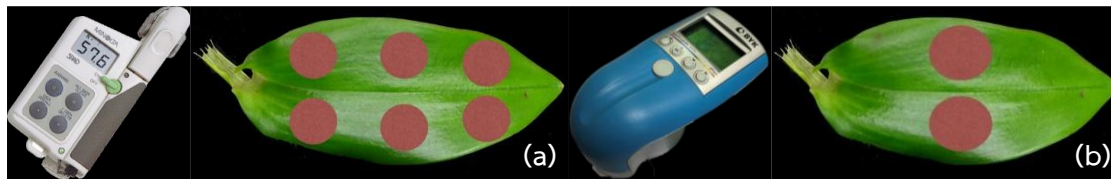


Figure 1 Leaf chlorophyll and color measurement: (a) SPAD-502 chlorophyll meter and measuring positions (b) Color spectrophotometer and measuring positions

3. การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

นำตัวอย่างใบกล้วยไม้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช จากนั้นบรรจุตัวอย่างที่บดแล้วลงถุงซิปล็อคและเก็บไว้ในซิลิกาเจลกันชื้น แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนด้วยวิธี combustion โดยตรวจสอบความพร้อมของเครื่อง Protein/Nitrogen determinator รุ่น FP-528 (LECO, USA) ป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสารมาตรฐานและตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ พร้อมทดสอบความถูกต้องผ่านการวิเคราะห์สารมาตรฐาน EDTA โดยต้องอ่านค่า nitrogen ให้ได้ 9.57 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นชั่งตัวอย่างใบกล้วยไม้ที่อบแห้งและบดเป็นผงละเอียดให้ได้ 0.25 กรัม ใส่ใน Tin foil ชนิดพิเศษที่ปราศจากไนโตรเจน นำตัวอย่างไปเผาในเครื่อง Protein/Nitrogen determinator บันทึกค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้ เปรียบเทียบผลการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาต่างกันต่อปริมาณไนโตรเจน

4. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณสมบัติต่าง ๆ ตามลักษณะการให้ปุ๋ย

ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่วัดขึ้นเนื่องมาจากอิทธิพลของการให้ปุ๋ยแก่ต้นกล้วยไม้สกุลหวายด้วยวิธี One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) และทดสอบค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณไนโตรเจนกับค่าความเขียวใบ (SPAD unit) และค่าสี $L^* a^* b^*$ ของใบกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์โชเนี่ยเฉียสกุล ด้วยโปรแกรม SPSS version 28 (NY, USA)

4.2 สร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

แบ่งตัวอย่างใบกล้วยไม้ทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (calibration set) และกลุ่มทดสอบสมการเทียบมาตรฐาน (prediction set) ใช้อัตราส่วน 2:1 โดยให้ค่าปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุดและมากที่สุดอยู่ในกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (calibration model) เพื่อสร้างสมการทำนายด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial least squares regression; PLSR) แบบ leave one out full cross-validation ด้วยโปรแกรม The Unscrambler version 9.8 (Camo, Norway) กำหนดให้ตัวแปรอิสระ คือ ข้อมูลค่าสี และค่าการสะท้อนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ และตัวแปรตามคือ ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการทำนาย การสร้างสมการสอบเทียบมาตรฐาน (calibration model) ในการทำนายปริมาณไนโตรเจนถูกสร้างใน 5 สมการ คือ 1) สมการจากข้อมูลค่าสี $L^* a^* b^*$ และ gloss 2) สมการจากข้อมูลค่าสี $L^* a^* b^*$ และ gloss และความเขียวใบ (SPAD unit) 3) สมการจากข้อมูลค่าสะท้อนแสงช่วง 400-700 นาโนเมตร 4) สมการจากข้อมูลสมการจากข้อมูลค่าสะท้อนแสงช่วง 400-700 นาโนเมตร

ซึ่งปรับแต่งเส้นสเปกตรัมเพื่อลดการกระเจิงแสงที่อาจรบกวนระหว่างการใช้ตัวอย่างด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) (Timkhum and Terdwongworakul, 2012) และ 5) สมการจากข้อมูลค่าสี $L^* a^* b^*$ และ gloss ความเขียวใบ (SPAD) และข้อมูลค่าสะท้อนแสงช่วง 400-700 นาโนเมตร ที่ปรับแต่งด้วยวิธี SNV สมการเทียบมาตรฐาน (calibration model) ที่ดีที่สุดถูกพิจารณา คัดเลือกจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการเทียบมาตรฐาน (correlation coefficient of calibration; R_c) เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณไนโตรเจนจากวิธีมาตรฐานและค่าปริมาณไนโตรเจนจากการทำนาย และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายของกลุ่มตัวอย่าง ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (root mean square error of calibration; RMSEC) ที่ต่ำที่สุด เมื่อได้สมการเทียบมาตรฐานที่ดีที่สุดแล้วจึงนำไปทดสอบด้วยกลุ่มทดสอบสมการเทียบมาตรฐาน โดยพิจารณาการทำนายที่ดีที่สุดจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการทดสอบสมการเทียบมาตรฐาน (correlation coefficient of prediction; R_p) ที่สูงสุด (Suwonsichon and Ritthiruangdej, 2012) และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายในการทดสอบสมการเทียบมาตรฐาน (root mean square error of prediction; RMSEP) ที่ต่ำสุด (Williams, 2007)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใบ

หลังจากให้ปุ๋ยในช่วงเวลาและความถี่ที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่าเมื่อพิจารณาถึงการสะสมอาหารของพืช กล้วยไม้สกุลหวายไซเนียพันธุ์เอี้ยสกุล ที่ได้รับปุ๋ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ในช่วงเวลาเย็นให้ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่ากล้วยไม้ที่ได้รับปุ๋ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่า

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 2.36 และ 2.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยช่วงเย็นทำให้การสะสมไนโตรเจนสูงกว่าการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาเช้า เนื่องจากกล้วยไม้สกุลหวายไซเนียพันธุ์เอี้ยสกุลเป็นพืช CAM (Taticharoen et al., 2023) ที่มีการเปิดปากใบในเวลากลางคืน และการเพิ่มความชื้นช่วยกระตุ้นการเปิดปากใบและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM ได้ (Lange and Medina, 1979) ดังนั้นการให้สารละลายปุ๋ยช่วงเย็นทำให้ต้นกล้วยไม้อยู่ในสภาวะที่มีความชื้นยาวนานขึ้น ประกอบกับตรงกับช่วงที่ปากใบเปิดในตอนกลางคืน จึงอาจเป็นที่มาของการดูดซึมและสะสมธาตุอาหารเช่นไนโตรเจนได้ดีกว่าทริทเมนตอื่น

นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าการให้ปุ๋ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใบสูงกว่าการให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์และไม่ให้ปุ๋ยเลย ซึ่งการให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ในช่วงเวลาเช้ามีการสะสมไนโตรเจนน้อยกว่าการให้ปุ๋ยในช่วงเย็น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 และ 1.94 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 1) ส่วนการไม่ให้ปุ๋ยเลยตลอดช่วงที่ทำการทดลอง พบว่าใบของกล้วยไม้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยเพียง 1.22 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งซึ่งไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากมีรายงานปริมาณไนโตรเจนสะสมที่ใบตามคำแนะนำสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายที่มีสุขภาพดีควรมีค่าในช่วง 1.45-1.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Uchida, 2000) และยิ่งเมื่ออยู่ในช่วงการสร้างผลผลิตช่อดอกกล้วยไม้จะมีความต้องการไนโตรเจนและธาตุอื่น ๆ เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการให้ปุ๋ยอย่างน้อย 1 ครั้งต่อสัปดาห์จึงจำเป็นสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย ส่วนการให้ปุ๋ย 2 ครั้งอาจเหมาะสมสำหรับช่วงที่ต้นไม่ต้องการธาตุอาหารในปริมาณมาก เช่น ช่วงการพัฒนาช่อดอก

Table 1 Change in leaf nitrogen content of *Dendrobium* orchids as affected by fertilizer application for 9 months

Treatment	Number of samples	Nitrogen content (%dry weight)		
		Minimum	Maximum	Average $\pm$ SD
No fertilizer	30	0.89	1.62	1.22 ± 0.20^d
Fertilizer once a week in the morning	30	1.68	2.24	1.89 ± 0.12^c
Fertilizer twice a week in the morning	30	1.90	2.49	2.17 ± 0.15^b
Fertilizer once a week in the evening	30	1.75	2.30	1.94 ± 0.12^c
Fertilizer twice a week in the evening	30	1.91	2.76	2.36 ± 0.23^a

Remarks: Average $\pm$ Standard deviation with the different letters in the same column was significant at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test (DMRT)

2. การหาสมบัติเชิงแสง

2.1 ค่าความเขียวใบ

หลังให้ปุ๋ยกล้วยไม้จนครบ 9 เดือน ทำการวัดค่าความเขียวใบด้วยเครื่อง Chlorophyll meters รุ่น SPAD-502 (Konika Minolta, Japan) ใช้ใบตำแหน่งที่ 3 วัดใบละ 6 จุดและหาค่าเฉลี่ย พบว่าการให้ปุ๋ยในช่วงเย็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ให้ค่าความเขียวใบมากกว่าการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาเช้า 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาเย็น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.28, 61.03 และ 61.15 ตามลำดับ ส่วนการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาเช้า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งมีค่าความเขียวใบเฉลี่ยเพียง 58.42 แตกต่างกับการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาเย็น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และการให้ปุ๋ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทั้งช่วงเวลาเช้าและเย็น (Table 2) และเมื่อพิจารณาความเขียวใบของต้นกล้วยไม้ที่ไม่มีการให้ปุ๋ยเป็นเวลา 9 เดือนพบว่า ค่าความเขียวใบมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 46.44 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกทรีทเมนต์ สอดคล้องกับผลของการวัดสีด้วยเครื่อง Spectro-guide sphere gloss

ที่พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 40.51 ค่าสีเขียว (a^*) เท่ากับ -9.51 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 21.85 (Table 2) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกทรีทเมนต์และสามารถบ่งบอกว่า ใบกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับปุ๋ยนั้นมีสีค่อนข้างเหลืองกว่าทุกทรีทเมนต์ (Figure 2)

2.2 ค่าสี

เมื่อพิจารณาค่าวัดสีจากเครื่อง Spectro-guide sphere gloss จาก Table 2 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของใบกล้วยไม้กับกลุ่มที่ไม่มีการให้ปุ๋ยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ๆ ซึ่งจาก Figure 2 แสดงให้เห็นว่าใบของกล้วยไม้ที่ไม่มีการให้ปุ๋ยค่อนข้างมีสีเหลืองซึ่งเมื่อนำใบในแต่ละทรีทเมนต์มาเปรียบเทียบกันก็พบความแตกต่างของสีอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากพืชขาดไนโตรเจน ทำให้การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลง (Sruamsiri, 2011; Marschner, 1995) เมื่อพิจารณาค่า a^* ทางลบ ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเขียว และค่า b^* ทางลบ ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลือง พบว่ากลุ่มใบกล้วยไม้ที่ไม่ให้ปุ๋ยต่างจากกลุ่มที่ให้ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ จาก Figure 2 แสดงให้เห็นถึง

สีใบที่เป็นสีเขียวออกเหลือง โดยมีความแตกต่างจากกลุ่มที่ให้ปุ๋ยที่มีสีเขียวเข้ม โดยค่าความเงา (gloss) ของใบกล้วยไม้ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มที่ให้ปุ๋ยและไม่ให้ปุ๋ย เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไนโตรเจนและค่าสี L^* a^* b^* พบค่าความสัมพันธ์ที่ดีจากความสัมพันธ์ของค่าความสว่าง (L^*) และค่า b^* กับค่าไนโตรเจน

เท่ากับ -0.7026 และ -0.7137 ตามลำดับ (Table 3) จากการประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 และ เครื่องวัดสี Spectro-guide sphere gloss นั้นพบว่า ทั้งสองเครื่องสามารถวิเคราะห์สีใบได้ดี สะดวกในการใช้งาน และสามารถแสดงค่าบอกสถานะที่หน้าจอได้

Table 2 The leaf greenness (SPAD units), L^* a^* b^* values, and gloss of *Dendrobium* orchids as affected by fertilizer application for 9 months

Treatment	SPAD unit	L^*	a^*	b^*	Gloss
No fertilizer	46.44 ± 5.99 ^c	40.51 ± 2.09 ^a	-9.51 ± 0.81 ^b	21.85 ± 2.93 ^a	2.99 ± 1.23 ^a
Fertilizer once a week in the morning	58.42 ± 3.93 ^b	36.83 ± 1.63 ^b	-8.50 ± 0.91 ^a	16.76 ± 2.23 ^b	3.19 ± 1.52 ^a
Fertilizer twice a week in the morning	61.03 ± 3.90 ^a	36.85 ± 1.66 ^b	-8.59 ± 0.64 ^a	16.75 ± 2.07 ^b	3.08 ± 1.22 ^a
Fertilizer once a week in the evening	61.15 ± 3.61 ^a	36.36 ± 1.75 ^{bc}	-8.39 ± 0.89 ^a	16.09 ± 2.47 ^{bc}	2.97 ± 1.26 ^a
Fertilizer twice a week in the evening	63.28 ± 4.19 ^a	35.67 ± 1.23 ^c	-8.29 ± 0.54 ^a	15.03 ± 1.57 ^c	2.94 ± 1.36 ^a

Remarks: Average ± Standard deviation with the different letters in the same column was significant at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test (DMRT), ns = non-significant differences



Figure 2 The leaf color at the 3rd position from the top shoots of *Dendrobium* orchids as affected by fertilizer application for 9 months

ทั้งนี้ค่าความเขียวใบที่วัดได้จากใบกล้วยไม้สดที่ไม่มีการให้ปุ๋ยในการศึกษารั้งนี้เท่ากับ 46.44 ซึ่งต่ำกว่าใบกล้วยไม้สดที่มีการให้ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทั้งที่อายุต้นเท่ากัน และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบที่ได้จากค่า SPAD unit กับปริมาณไนโตรเจน พบว่า

ได้ค่า R เท่ากับ 0.7913 ซึ่งอาจยังมีค่าไม่สูงมากสำหรับการนำไปใช้หาความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน (Table 3) เนื่องจากยังมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไนโตรเจนสะสมในใบ เช่น ฤดูกาล อายุของต้นพืช และช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโต (Abrol, 1991) และค่าความเขียวใบ

ก็ยังขึ้นอยู่กับความหนาของใบอีกด้วย โดยใบที่มีความหนามาก เช่น ใบกล้วยไม้สกุลหวายจะมีค่าความเขียวใบมาก (Oilitsaranukul, 2004) และเมื่อมีความหนาใบมาก เครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 จะไม่สามารถวัดค่าความเขียวใบได้โดยตรง เพราะสามารถวัดตัวอย่างใบที่มีความหนามากที่สุดเพียง 1.2 mm เท่านั้น (Konika Minolta, 2009) แต่จากค่าที่ได้ สามารถใช้ประเมินปริมาณ

คลอโรฟิลล์จากค่าความเขียวใบได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ต้องสกัดด้วยสาร N,N-Dimethylformamide (DMF) ซึ่งต้องมีการทำลายตัวอย่าง และค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้ นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้จริง (Oilitsaranukul, 2004) ดังนั้นจึงควรนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าวิเคราะห์อื่น ๆ เพิ่มเติม

Table 3 Correlation between nitrogen content and light reflectance properties

Pearson's correlation	SPAD unit	L*	a*	b*
Nitrogen content (% dry weight)	0.7913**	-0.7026**	0.4432**	-0.7137**

Remarks: ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) probability

3. ค่าการสะท้อนแสงในช่วงแสงที่มองเห็นได้ (visible light)

เมื่อวัดค่าการสะท้อนแสงของใบกล้วยไม้สกุลหวายในช่วงแสง visible light ที่ช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสี Spectro-guide sphere gloss พบสเปกตรัมยกตัวสูงขึ้นจากการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 550 นาโนเมตร (Figure 3a) ซึ่งหมายความว่า แสงสะท้อนแสงสีเขียวออกมา ส่วนช่วงแสง 400-490 นาโนเมตร และ 610-670 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงสีม่วง-น้ำเงิน และแสงสีแดงนั้นถูกดูดกลืน มีผลทำให้

สามารถมองเห็นใบกล้วยไม้เป็นสีเขียว เมื่อพิจารณาเส้นสเปกตรัมที่ปรับแต่งด้วยวิธี SNV เพื่อลดการกระเจิงแสงซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความแปรปรวนในข้อมูลที่วัดได้ (Terdwongworakul, 2012) ที่ระดับการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นสเปกตรัมของกลุ่มที่ไม่มีการให้ปุ๋ยในช่วงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ซึ่งจะสะท้อนแสงสีเขียวลดลง และในช่วงความยาวคลื่น 580-590 นาโนเมตร ที่สะท้อนแสงสีเหลือง ยกตัวสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้ปุ๋ย (Figure 3b) ซึ่งสอดคล้องกับสีใบของกล้วยไม้ที่ไม่มีการให้ปุ๋ยและให้ปุ๋ย (Figure 2)

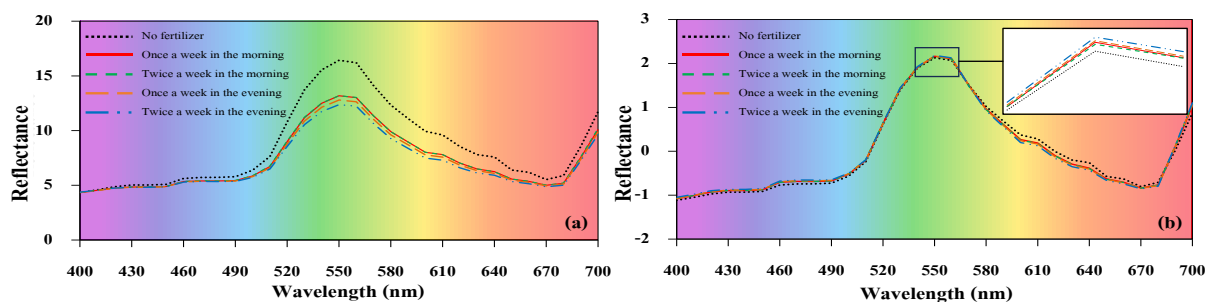


Figure 3 Average of spectra a) visible light reflectance at 400-700 nm of *Dendrobium* orchids and b) spectral pretreatment with SNV under different fertilizer application

4. ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจน

นำค่าการสะท้อนแสงในแต่ละความยาวคลื่นในช่วงแสง visible light ตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนให้ผลการทำนายที่ดีได้ค่า R_p เท่ากับ 0.8331 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.2287 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และเมื่อใช้ค่าการสะท้อนแสงของเส้นสเปกตราตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ที่ปรับแต่งด้วยวิธี SNV ไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี PLSR ให้ผลการทำนายที่ดีกว่าเส้นสเปกตราที่ไม่ได้ปรับแต่งที่ได้ค่า R_p เท่ากับ 0.8721 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.2040 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (Table 4) ซึ่งผลการทำนายเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) ของการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน พบความยาวคลื่นที่สำคัญที่มีค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสูงกว่า 1.00 ถูกเลือกคงไว้ในสมการทำนายนั้นคือ ค่าการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 420 440 520 550 610 630 650 และ 700 นาโนเมตร (Figure 4) ซึ่งเป็นช่วงแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง จากนั้นจึงนำค่าการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่นทั้ง 8 ความยาวคลื่นไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนให้ผลการทำนายที่ดีได้ค่า R_p เท่ากับ 0.8570 และ

ค่า RMSEP เท่ากับ 0.2159 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ซึ่งดีกว่าการใช้ค่าการสะท้อนแสงจากทั้งช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ทั้งนี้อาจเกิดจากการดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีแดงที่อาจเกี่ยวข้องกับการดูดกลืนแสงในช่วงแสงที่มองเห็นได้ (visible light) ของ chlorophyll a (Kramer and Smith, 1947) ที่เป็นรงควัตถุในพืชเป็นสารสีที่มีความสำคัญที่สุด เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์อีกด้วย ทั้งนี้ยังคล้ายคลึงกับการใช้ช่วงแสง visible light ในการทำนายความสุกแก่ของทุเรียนโดยวัดปลายหนามซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของรงควัตถุต่างๆ บริเวณหนามของทุเรียน (Timkhum and Terdwongworakul, 2012) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าการสะท้อนแสงของเส้นสเปกตราช่วง 400-700 นาโนเมตร ที่ปรับแต่งด้วยวิธี SNV ร่วมกับการใช้ตัวแปรอื่นคือ ค่าสี L^* a^* b^* ค่าความเงา (gloss) และค่าความเขียวใบ ไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนให้ผลการทดสอบสมการทำนายที่ดีกว่าทุกวิธีได้ค่า R_p เท่ากับ 0.9000 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.1849 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (Figure 5)

Table 4 PLSR model for predicting nitrogen content of *Dendrobium Sonia* 'Earsakul' from reflectance spectra

Variables	LV	R_c	RMSEC (% dry weight)	R_p	RMSEP (% dry weight)
L^* , a^* , b^* , gloss	3	0.7909	0.2586	0.7943	0.2523
L^* , a^* , b^* , gloss + SPAD	3	0.8623	0.2140	0.8657	0.2150
Reflection in 400-700 nm	8	0.8924	0.1907	0.8331	0.2287
SNV of Reflection in 400-700 nm	6	0.8881	0.1943	0.8721	0.2040
420, 440, 520, 550, 610, 630, 650, 700 nm	7	0.8850	0.1968	0.8570	0.2159
L^* , a^* , b^* , gloss + SPAD + SNV400-700	3	0.8856	0.1962	0.9000	0.1849

Remarks: LV is a Latent variable

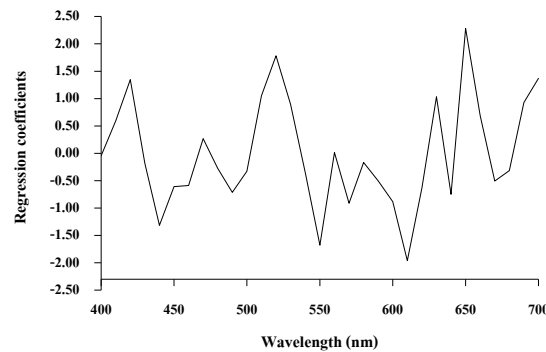


Figure 4 Regression coefficient plot of calibration model for predicting nitrogen content by using visible light reflectance at 400-700 nm

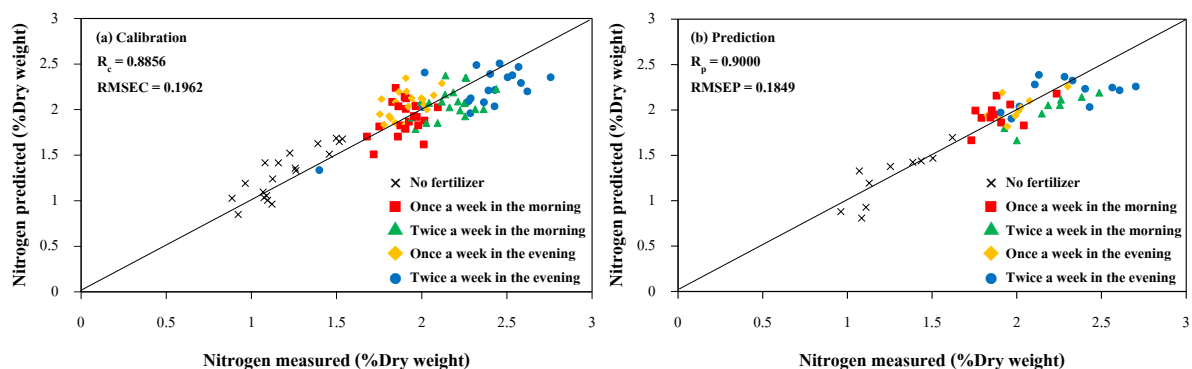


Figure 5 Scatter plot of a) calibration and b) prediction results based on SNV pretreated visible light reflectance spectra, L^* a^* b^* values, gloss and leaf greenness

สรุปผลการวิจัย

ผลของช่วงเวลา และความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อการสะสมไนโตรเจนในใบกล้วยไม้สกุลหวาย โชนิยะพันธุ์เอี้ยสกุลโดยการให้ปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำ ฉีดพ่นทางใบ สูตร 20-20-20 สลับกับสูตร 30-10-10 อัตรา 4 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 9 เดือน ทั้ง 5 ทรีทเมนต์ สามารถสร้างประชากรที่มีความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนในใบกล้วยไม้ได้ในช่วง 0.89-2.76 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยการให้ปุ๋ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบมากกว่าการให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และการให้ปุ๋ยในระยะเวลาเย็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบมากที่สุด และมีผลให้ค่าความเขียวใบสูงขึ้นด้วย จากการวิเคราะห์สีใบและการสะท้อนแสงในช่วงแสง

ที่มองเห็นได้ (visible light) พบว่าสามารถทำนายปริมาณไนโตรเจนในใบสดของกล้วยไม้สกุลหวาย โชนิยะพันธุ์เอี้ยสกุลแบบไม่ทำลายได้ดี เมื่อนำค่าการสะท้อนแสงของเส้นสเปกตรัมตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ที่ปรับแต่งด้วยวิธี SNV ร่วมกับการใช้ตัวแปรอื่นคือ ค่าสี L^* a^* b^* ค่าความเงา (gloss) และค่าความเขียวใบ ไปสร้างสมการทำนายปริมาณไนโตรเจนให้ผลการทำนายที่ดีกว่าทุกวิธีได้ค่า R_p เท่ากับ 0.9000 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.1849 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ซึ่งให้ค่าการทำนายที่สูงที่สุด และจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้สมการเทียบมาตรฐานไปประยุกต์ใช้ในการทำนายปริมาณไนโตรเจนที่ใบของใบกล้วยไม้สดได้

เอกสารอ้างอิง

- Abbott, J. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225. Available: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00086-6).
- Abrol, Y.P. 1991. Nitrogen in higher plants. Great Brit by SRP Ltd , England.
- Chuennakorn, P. and S. Yingjajaval. 2006. Test on the evening watering to increase air humidity for the better yield of *Dendrobium* spp. Sonia Bom Jo of Thai Orchids Company Limited. Study Report. Kasetsart University. [in Thai]
- Department of International Trade Promotion. 2023. Orchid products. Available: https://oldweb.ditp.go.th/contents_attach/1001315/1001315.pdf (August 24, 2023). [in Thai]
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. S. Moller, and P. White. 2012. Function of macronutrients. pp. 135-189. *In*: P. Marschner (eds.). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Elsevier, UK.
- Karoojee, S. 2018. Application of near-infrared spectroscopy techniques for predicting nitrogen content in leaves of *Dendrobium Sonia* 'Earsakul'. Master of Science in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. [in Thai]
- Karoojee, S., S. Chuaybamrung, S. Abdullakasim and S. Noypitak. 2018. Effect of fertilizer application frequency on growth, flower spike quality, and nitrogen accumulation in *Dendrobium Sonia* 'Earsakul'. *Agricultural Science Journal* 49 (Special Issue 1): 257-261. [in Thai]
- Karoojee, S., S. Noypitak and S. Abdullakasim. 2021. Determination of total nitrogen content in fresh leaves and leaf powder of *Dendrobium* orchids using near-infrared spectroscopy. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 62: 31-40. Available: <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00301-2>.
- Konika Minolta, Inc. 2009. Chlorophyll meter SPAD-502Plus. Available: <https://www.konicaminolta.eu/eu-en/hardware/measuring-instruments/colour-measurement/chlorophyll-meter/spad-502plus> (April 3, 2022)
- Kramer, A. and H.R. Smith. 1947. Electrophotometric methods for measuring ripeness and color of canned peaches and apricots. *Food Technology* 1(4): 527-539.
- Lange, O. and E. Medina. 1979. Stomata of the CAM plant *Tillandsia recurvata* respond directly to humidity. *Oecologia* 40: 357-363. Available: <https://doi.org/10.1007/BF00345331>.
- Loh, F. C. W and J. C. Grabosky. 2002. Using the SPAD 502 meter to assess chlorophyll and nitrogen content of Benjamin fig and cottonwood leaves. *Hort Technology*. 12(4): 682-684.
- Magdic, D., J. Lukinac, S. Jokic, F. Cacic-Kenjeric, M. Bilic and D. Velic. 2009. Impact analysis of different chemical pre-treatments on colour of apple discs during drying process. *Croatian Journal of Food Science and Technology* 1(1): 31-35.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plant*. 2nd edition. Academic Press, New York.
- Oilitsaranukul, B. 2004. Study on relationship between leaf greenness, chlorophyll content, leaf nitrogen content and net leaf photosynthetic rate of *Dendrobium*

- Sonia 'Bom Jo'. Undergraduate Special Problem, Kasetsart University. [in Thai]
- Sookchalearn, T. and W. Abdullakasim. 2017. A low-cost sensor for measuring and mapping chlorophyll content in cassava leaves. Chiang Mai University Journal of Natural Science 16: 183-190.
- Sruamsiri, P. 2011. Nutrients in Horticultural Production. Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. [in Thai]
- Susilo, H. and Y.C.A. Chang. 2014. Nitrogen source for inflorescence development in *Phalaenopsis*: II. effect of reduced fertilizer level on stored nitrogen use. Journal of American Society for Horticultural Science 139(1): 76-82. Available: <https://doi.org/10.21273/JASHS.139.1.76>.
- Suwonsichon, T. and P. Ritthiruangdej. 2012. Quantitative and qualitative analysis. pp. 6(8)-6(9). In: W. Thanapase, S. Kasemsumran, S. Pathaveerat, A. Terdwongworakul, P. Ritthiruangdej, T. Suwansichon and R. Rittiron (eds.), Near-Infrared Technology and Applications in Industries. Kasetsart University, Institute of Agricultural and Food Product Development. Nakhon Pathom. [in Thai]
- Taticharoen, T., S. Matsumoto, C. Chutteang, K. Srion, C. Malumpong and S. Abdullakasim. 2023. Response and acclimatization of a CAM orchid, *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' to drought, heat, and combined drought and heat stress. Scientia Horticulturae 309: 111661. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111661>.
- Terdwongworakul, A. 2012. Spectrum adjustment before analysis. pp. 5(1)-5(22). In: W. Thanapase, S. Kasemsumran, S. Pathaveerat, A. Terdwongworakul, P. Ritthiruangdej, T. Suwansichon, and R. Rittiron (eds.), Near-Infrared Technology and Applications in Industries. Kasetsart University, Institute of Agricultural and Food Product Development. Nakhon Pathom. [in Thai]
- Timkhum, P. and A. Terdwongworakul. 2012. Non-destructive classification of durian maturity of 'Monthong' cultivar by means of visible spectroscopy of the spine. Journal of Food Engineering 112(4): 263-267. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.018>
- Uchida, R. 2000. Recommended plant tissue nutrient levels for some vegetable, fruit and ornamental foliage and flowering plants in Hawaii. pp. 57-65. In: J. A. Silva and R. Uchida (eds.). Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa.
- Williams, P. 2007. Grains and seeds. pp. 165-217. In Y. Ozaki, W. F. McClure, and A. A. Christy (eds.). Near-infrared spectroscopy in food science and technology. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.
- Yang, H., J. Yang, Y. Lv and J. He. 2014. SPAD values and nitrogen nutrition index for the evaluation of rice nitrogen status. Plant Production Science 17(1): 81-92. Available: <https://doi.org/10.1626/pps.17.81>.