นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกอง และเงาะ

สุภาณี ชนะวีรวรรณ[1] และ สายัณห์ สดุดี[2]

Abstract

Chanaweerawan, S. and Sdoodee, S.

Using SPAD-502 to evaluate the total chlorophyll and nitrogen status in leaves of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) and rambutan (*Nephelium lappaseum* L.)

Songklanakarin J. Sci. Technol. 2002, 24(1) : 9-14

Total chlorophyll and nitrogen status in leaves of longkong and rambutan were evaluated by using the SPAD-502 meter. Leaves of both species were sampled from 10 year-old trees grown in an experimental plot at Prince of Songkla University, Hat Yai campus. The relationship between SPAD-502 meter reading (SPAD) and total chlorophyll content analyzed in the laboratory was evaluated in longkong and rambutan, and they were $y = -2.68+0.21x$, $r^2 = 0.77^{**}$ and $y = -1.11+0.18x$, $r^2 = 0.77^{**}$, respectively. The data recorded by SPAD were also linearly related in a positive manner to nitrogen status in longkong ($y = 1.27+0.20x$, $r^2 = 0.82^{**}$) and rambutan ($y = 1.17+0.02x$, $r^2 = 0.79^{**}$). The results show that using the SPAD-502 meter is convenient and fast for the evaluation of total chlorophyll and nitrogen status in leaves of longkong and rambutan.

Key words : chlorophyll, longkong, nitrogen, rambutan, SPAD-502, non-destructive method

Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

[1]วท.บ. (พืชศาสตร์), [2]Ph.D. (Crop Physiology), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : sdsayan@ratree.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 6 มิถุนายน 2544 รับลงพิมพ์ 29 สิงหาคม 2544

บทคัดย่อ

สุภาณี ชนะวีรวรรณ และ สายัณห์ สดุดี

การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2545 24(1) : 9-14

การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบพืชโดยใช้เครื่องมือ SPAD-502 ได้ทดลองกับต้นลองกองและเงาะ ที่ปลูกในสภาพแปลงทดลองที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบ พบว่าค่าที่อ่านจากเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม้ผลทั้ง 2 ชนิด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังสมการเส้นตรงของใบลองกอง $y = -2.68+0.21x$, $r^2 = 0.77^{**}$ และของใบเงาะมีค่า $y = -1.11+0.18x$, $r^2 = 0.77^{**}$ และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณไนโตรเจนในใบพบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในใบลองกองและเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งด้วย ดังสมการของความสัมพันธ์ในใบลองกอง $y = 1.27+0.20x$, $r^2 = 0.82^{**}$ และในใบเงาะ $y = 1.17+0.02x$, $r^2 = 0.79^{**}$ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือ SPAD-502 เป็นเครื่องมือที่ใช้สะดวกและวัดผลได้เร็ว ในการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ

ปริมาณธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและเกี่ยวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชสีเขียว โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลัก และมีบทบาทมากต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ดังนั้นจึงมีการตรวจวัดการขาดธาตุอาหารพืชโดยดูการเปลี่ยนแปลงของสีใบ ด้วยเครื่องมือ SPAD-501 ตรวจวัดความเข้มของสีใบเพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช Campbell และคณะ (1990), Schechter และคณะ (1992), Singha และ Townsend (1989) รวมไปถึงการประเมินไนโตรเจนในใบพืชด้วย (Turner and Jund, 1991) นับว่าเป็นวิธีที่วัดผลได้เร็วและไม่ต้องทำลายใบพืช จึงมีผู้นิยมนำเครื่องมือ SPAD-502 ไปใช้ในการหาปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบพืชหลายชนิด ดังการทดลองของ Neilsen และคณะ (1995a) ได้มีการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบแอปเปิล โดยปลูกในสภาพแปลงปลูกที่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ ร่วมกับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรทโดยวิธีการให้ทางระบบน้ำ เมื่อทำการวัดผลด้วยเครื่องมือ SPAD-502 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ SPAD-502 Neilsen และคณะ (1995b) ได้ทดลองการใช้แคลเซียมไนเตรตโดยให้ทางระบบน้ำกับต้นแอปเปิล 4 พันธุ์ที่ปลูกในไลซิมิเตอร์ (lysimeter) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของปุ๋ยที่ได้รับในทุกพันธุ์ ค่าที่ตรวจวัดได้สอดคล้องกับค่าที่วัดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 แต่การเปลี่ยนแปลงระดับธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับช่วงการพัฒนาการเจริญในรอบปีของพืชด้วย ในปี 1996 Sibley และคณะ ศึกษาการวัดระดับไนโตรเจนที่ใบด้วยเครื่องมือ SPAD-502 และการสกัดคลอโรฟิลล์กับการคัดเลือกต้นเมเปิลพบว่าค่าที่อ่านด้วยเครื่องมือ SPAD-502 และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบความแตกต่างในบางพันธุ์ นอกจากนี้สภาพแวดล้อมมีผลต่อการวัดผลด้วยดังที่ Hong และ Xiang (1999) ทำการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบส้มด้วยเครื่องมือ SPAD ถึงแม้จะมีปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อการวัด เครื่องมือดังกล่าวก็ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงการผลิต ดังรายงานของ Li และคณะ (1998) ที่ใช้เครื่องมือ SPAD วัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบของ grapefruits พบว่าปริมาณไนโตรเจนและค่าที่อ่านจากเครื่องมือ SPAD มีความสัมพันธ์สูง สามารถ

ยอมรับได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณไนโตรเจนและผลผลิต และการอ่านด้วยเครื่องมือ SPAD ทำได้รวดเร็วและไม่ต้องทำลายใบ นอกจากนี้ Campbell และคณะ (1990) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความเข้มสีใบที่วัดด้วยเครื่องมือ SPAD-501 กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบแอปเปิลที่ปลูกในเรือนกระจกและสภาพแปลงปลูก พบว่าใบแอปเปิลในแปลงปลูกมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าในเรือนกระจก จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องมือ SPAD ได้ผลดีและผ่านการทดสอบกับพืชหลายชนิดในต่างประเทศ ดังนั้นงานทดลองนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพการประเมินคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของไม้ผลเมืองร้อนโดยใช้พืชที่ศึกษา 2 ชนิดคือ ลองกองและเงาะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือนี้ในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทยในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดผลจากใบของต้นลองกองและเงาะ อายุ 10 ปี ที่ปลูก ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา การศึกษาทำเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

สุ่มเลือกใบพืชตามความเข้มของสีเขียวทำความสะอาด ทำการวัดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 (Minolta Camera Co., Osaka, Japan) โดยการคีบที่แผ่นใบพืชที่สมบูรณ์และมีการขยายแผ่นใบเต็มที่ (Figure 1) และวัดความเข้มของสีใบด้วยแผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart in association with the Flower Council of Holland) โดยใช้ใบลองกองจำนวน 49 ใบ และใบเงาะ 30 ใบ แต่ละใบทำการตัดส่วนของแผ่นใบพืชขนาด 1 ตร.ซม. ใส่โกร่งบดตัวอย่างเติมแมกนีเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 0.5 กรัม และอะซิโตนเข้มข้น 80% ปริมาตร 1 มล. บดตัวอย่างให้ละเอียด นำผงส่วนผสมของตัวอย่างและแมกนีเซียมคาร์บอเนตใส่หลอดแก้ว เติมอะซิโตน เข้มข้น 80% ปริมาตร 5 มล. ปิดปากหลอดด้วยฟอล์ย นำหลอดตัวอย่างเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ปรับความเร็วที่ 4,000-5,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนซึ่งมีคลอโรฟิลล์ผสมอยู่ นำไปวัดค่าการส่องผ่านของแสงด้วยเครื่อง spectophotometer (Pharmacia Biotecth ULTrospec 3000) ที่ช่วงความยาวคลื่นแสง 647 และ 664 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณโดยใช้สูตรของ Inskeep และ Bloom (1985) อ้างโดย Sibley และคณะ (1996) เพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์รวมโดยคำนวณจากสูตร คลอโรฟิลล์รวม = 17.90 E_{647} + 8.08 E_{664} (E = ค่าการดูดกลืนและส่องผ่านแสง) นำค่าที่ได้จากการอ่านของเครื่องมือ SPAD-502 และค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้นตรง (linear regression relationship)

2. การประเมินค่าปริมาณไนโตรเจนในใบ

ความเข้มของสีใบลองกองและเงาะ ซึ่งมีลักษณะและความเข้มของสีใบต่างกันในแต่ละชนิด ดังนั้นจึงทำการวัดเพื่อจัดเตรียมใบสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบโดยใช้เครื่องมือ SPAD-502 เนื่องจากการวัดค่าปริมาณไนโตรเจนหนึ่งตัวอย่างจะต้องใช้ใบจำนวน 10 ใบ/ตัวอย่าง และการวัดค่าไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะใช้จำนวน 25 ตัวอย่างต่อหนึ่งชนิดพืช ดังนั้นต้องใช้ใบที่วัดค่าด้วยเครื่องมือ SPAD-502 จำนวน 250 ใบ สำหรับพืชแต่ละชนิด นำใบไปทำความสะอาด และอบที่

Figure 1. Measurement using SPAD-502 to clip on a single healthy fully expanded leaf.

อุณหภูมิ 60°C นาน 72 ชั่วโมง บดใบตัวอย่างแห้งให้เป็นผงละเอียด ส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการกลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบพืชโดยวิธีการของ Kjeldahl อ้างโดย อิสริยาภรณ์ (2539) และนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 และค่าปริมาณไนโตรเจน ไปทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้นตรงระหว่างค่าทั้งสอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 กับค่าปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 และค่าที่ได้จากการคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยวัดการส่องผ่านของแสง ด้วยเครื่อง spectophotometer ของพืชทั้ง 2 ชนิด จากการสุ่มตัวอย่างในครั้งนี้ สามารถจัดแบ่งกลุ่มสีของใบพืชโดยใช้แผ่นเทียบสี สามารถจำแนกแต่ละชนิด และมีการกระจายของกลุ่มสีใบ (กลุ่มสีใบสีเขียวเข้มคือ 142, 143 และ 149, สีเขียวปานกลางคือ 141 และ สีเขียวอ่อนคือ 135, 136)

จากค่าที่วัดได้ นำไปหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพืชทั้ง 2 ชนิด พบว่าในใบลองกองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงและมีการกระจายที่กว้าง (Figure 2a) โดยมีค่าความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง $y = -2.68+0.21x$, $r^2 = 0.77^{**}$ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนในใบเงาะลักษณะสีของใบต่างกันไม่มาก ดังนั้นจำนวนใบที่สุ่มออกมาจึงมีการกระจายตัวน้อยกว่า และเมื่อทำการสกัดคลอโรฟิลล์ พบว่าค่าที่ได้มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก (Figure 2b) ใบที่มีสีเข้มมากขึ้น พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าความสัมพันธ์ของสมการ $y = -1.11+0.18x$, $r^2 = 0.77^{**}$

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านจากเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณไนโตรเจนในใบ

การประเมินค่าปริมาณไนโตรเจนในใบพืชทั้ง 2 ชนิดที่ศึกษา พบว่ามีแนวโน้มของความสัมพันธ์ในเชิงบวก ดังค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 คือในใบลองกองเมื่อใบมีสีเข้มปริมาณไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น ในแต่ละระดับค่าความเข้มของสีใบที่ใช้เครื่องมือ SPAD-502 วัดได้ เมื่อมีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ พบว่าไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นข้อมูลจึงกระจายตัวอย่างแคบๆ (Figure 3a) สมการเชิงเส้นตรงมีค่า $y = 1.27+0.02x$, $r^2 = 0.82^{**}$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และในใบเงาะในแต่ละระดับค่าความเข้มของสีใบที่ใช้เครื่องมือ SPAD-502 วัดได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบ พบว่ามีการกระจาย

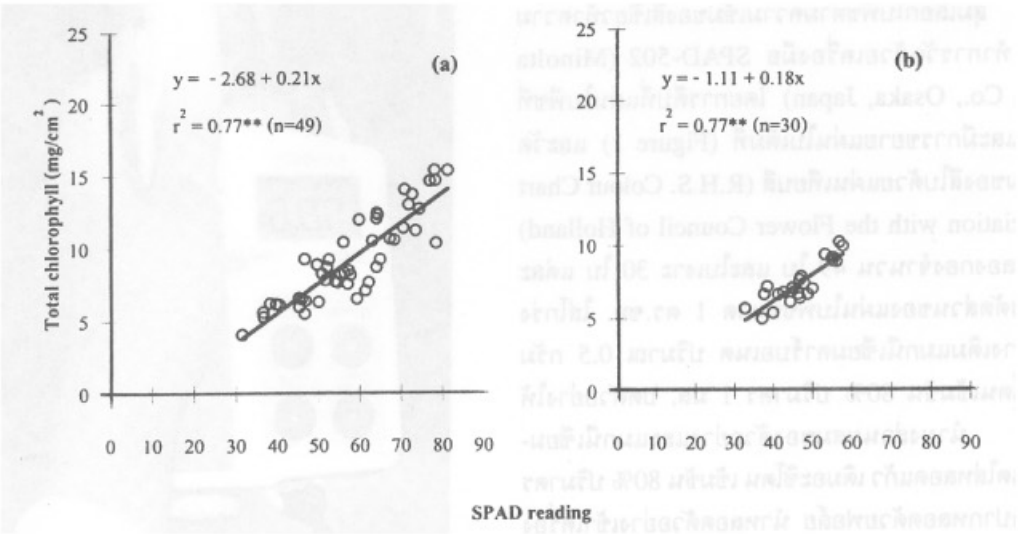

Figure 2. Relationship between SPAD reading and total chlorophyll of longkong (a) and rambutan(b)

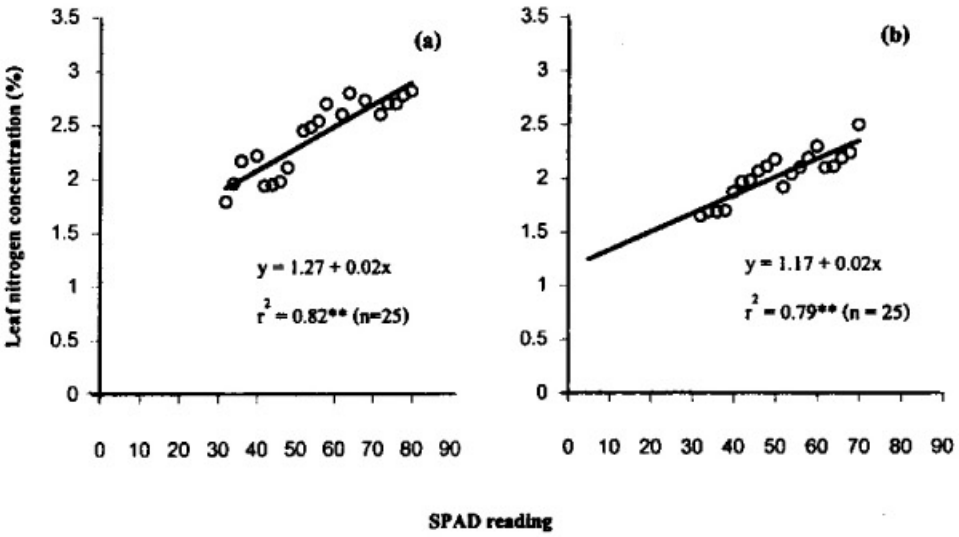

Figure 3. Relationship between SPAD reading and leaf nitrogen concentration of longkong (a) and rambutan(b)

ตัวของค่าที่วัดได้น้อยเช่นเดียวกัน (Figure 3b) สมการเชิงเส้นตรงมีค่า $y = 1.17+0.02x$, $r^2 = 0.79^{**}$

ผลการวัดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือ SPAD-502 เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดยอ้อมได้ และเป็นผลดีต่อการประเมินคลอโรฟิลล์กับตัวอย่างพืช โดยที่ไม่ต้องทำลายใบพืช สามารถใช้ได้ง่ายและรวดเร็วซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Schaper and Chacko (1991) ที่ทดสอบการวัดโดยใช้เครื่องมือ SPAD-501 กับไม้ผลหลายชนิด แต่การเลือกใช้กับพืชแต่ละชนิดจะต้องมีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อหาสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากการวัดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบพืช อย่างไรก็ตามการประเมินผลของใบลองกองและใบเงาะนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้น ต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ประกอบ เช่น อิทธิพลของสภาพปลูกที่อาจจะมีผลทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีความแปรปรวนไปได้ ดังรายงานของ Campbell และคณะ (1990) ที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบแอปเปิลที่ปลูกในสภาพแปลงปลูกและในเรือนกระจกมีความแตกต่างกัน เมื่อวัดด้วยเครื่องมือ SPAD-501 นอกจากนี้ Sibley และคณะ (1996) แนะนำว่าควรมีการทดสอบการวัดในรอบปีเพราะฤดูกาลอาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ในใบพืชด้วย ดังนั้นในการประเมินผลต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบด้วยเพื่อช่วยให้การประเมินผลมีความถูกต้อง สำหรับผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 ในใบไม้ผลทั้งสองชนิดว่ามีความเป็นไปได้ที่นำเครื่องมือนี้ไปใช้ประเมินไนโตรเจนในใบไม้ผลได้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับประเมินการตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชในสภาพแปลงปลูก ดังเช่นการทดลองของ Neilsen และคณะ (1995a) ที่ใช้เครื่องมือ SPAD-502 ในการประเมินผลของการให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับต้นแอปเปิลและพบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นแตกต่างกันตามอัตราปุ๋ยที่ได้รับ และผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบที่เปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์กับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ SPAD-502 อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้แนะนำว่าควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอายุของใบมาเกี่ยวข้องในการวัดผลด้วย ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือ SPAD-502 สามารถวัดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อการวัดผลด้วย

สรุป

ผลการศึกษาการใช้เครื่องมือ SPAD-502 พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำเครื่องมือนี้ไปประเมินค่าคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะได้โดยทางอ้อม เป็นวิธีการที่สะดวก และวัดผลได้เร็วโดยไม่ต้องทำลายใบพืช

เอกสารอ้างอิง

อิสริยาภรณ์ สุวรรณชาตรี. 2539. การวิเคราะห์พืช. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Campbell, R.J., K.N. Mobley, R.P. Marini and D.G. Pfeiffer. 1990. Growing conditions alter the relationship between SPAD-501 values and apple leaf chlorophyll. HortScience 25(3): 330-331.

Hong, Q.B. and S.J. Xiang. 1999. Study an the changes of leaf chloropyll content of Jincheng orange during a period of severe drought and after irrigation. South-China-Fruits 28(3): 9-10.

Li, Y.C., A.K. Alva, D.V. Calvert and M. Zhang. 1998. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. HortTechnology 8(1): 81-86.

Neilsen, D., E.J. Hogue, G.H. Neilsen and P. Parchomchuk. 1995a. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. HortScience 30(3): 508-512.

Neilsen, D., E.J. Hogue, L.C. Herbert, P. Parchomchuk and G.H. Neilsen. 1995b. Use of rapid techniques for estimating the N status of fertigated apple trees. Acta Horticulturae 383: 211-218.

Schaper, H. and E.K. Chacko. 1991. Relation between extractable chlorophyll and portable chlorophyll meter readings in leaves of eight tropical and subtropical fruit-tree species. J. Plant Physiol. 138(6): 674-677.

Schechter, J., J.T.A. Proctor and D.C. Elfving. 1992. Morphological differences among apple leaf types. HortScience 27(2): 101-103.

Sibley, J. L., D.J. Eakes, C.H. Gilliam, G.T. Keever, W.A. Donizor. Jr. and D.G. Himerlrick. 1996. Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels and extractable chlorophyll for red maple selections. HortScience 31(3): 468-470.

Singha, S. and E.C. Townsend. 1989. Relationship between chromaticity values and chlorophyll concentration in apple, grape and peach leaves. HortScience 24(6): 1034.

Turner, F.T. and M.F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to pridict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. Agron. J. 83: 926-928.