บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของสีใบข้าวโพด

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือชี้วัดระดับความเข้มของสีใบที่สัมพันธ์กับระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดได้แก่ การวัดค่าการดูดกลืนช่วงแสงของสารละลายคลอโรฟิลล์ที่สกัดจากใบข้าวโพดด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวช่วงแสง 663 นาโนเมตร การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ SPAD-502 ประเมินค่า (SCMR) จากใบข้าวโพด การประเมินระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่ประเมินจาก Leaf Color Chart และการใช้ดัชนีความเข้มของสีใบที่ประเมินจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอล กล่าวคือพลวัติการเปลี่ยนแปลงระดับค่าสีโดยวิธีการต่างๆ มีผลการทดลองในลักษณะที่คล้ายกันซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบ Quadratic respond โดยมีค่าตั้งต้นใกล้เคียงกันเมื่อวัดที่ระยะ V3 จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของข้าวโพดซึ่งจะมีค่าสูงสุดเมื่อข้าวโพดเข้าสู่ระยะ V10 และหลังจากนั้นจะมีค่าลดลง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มของสีใบที่สัมพันธ์กับระดับคลอโรฟิลล์เป็นสาเหตุเพราะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (vegetative stage) เป็นระยะที่พืชเจริญเติบโตเร็ว ไนโตรเจนในพืชส่วนใหญ่จะถูกส่งไปสะสมยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโตเพื่อไปสร้างส่วนของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ซึ่งพืชจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ในใบสูงสุดถึง ในช่วงก่อนถึงระยะการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์ (Guindo *et al*., 1994) แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ V10 ความเข้มของสีใบจะลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของณัฐพงศ์ (2544) ที่พบว่าเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอก ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ใน Y-leaf จะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะการสร้างและการสลายคลอโรฟิลล์จะเกิดขึ้นตลอดระยะพัฒนาการ แต่อัตราการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตเต็มที่ (Nock *et al*., 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือทั้ง 4 ชนิดแสดงให้เห็นถึงเป้าหมายในการตรวจวัดเดียวกันคือ วัดระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่สัมพันธ์กับระดับคลอโรฟิลล์ ทั้งนี้ระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่ศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนช่วงแสงของสารละลายที่สกัดจากใบข้าวโพดด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวช่วงแสง 663 นาโนเมตร จะแสดงออกถึงระดับคลอโรฟิลล์เอในใบข้าวโพด เพราะที่ความยาวช่วงแสง 663 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงแสงของสีแดงและเป็นช่วงแสงที่มีความสัมพันธ์กับระดับคลอโรฟิลล์เอ (Kobayashi *et al*., 2000) โดยคลอโรฟิลล์เอมีหน้าที่สำคัญในระบบการสังเคราะห์แสงและมีปริมาณมากกว่าคลอโรฟิลล์ชนิดอื่นๆ (ดนัย, 2539) นอกจากนี้การใช้ความยาวช่วงแสงที่ 663 นาโนเมตร ยังมีการนำไปใช้ในการหาความเข้มข้นของระดับคลอโรฟิลล์เอในพืชชนิดอื่นเช่น สาหร่าย Shoaf and Bruce (1976) ส่วนการประเมินระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดโดยวิธีการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ SPAD-502 ซึ่งจะประเมินค่า SPAD Chlorophyll Meter Reading (SCMR) จากใบข้าวโพด โดยหลักการทำงานของเครื่องมือ SPAD-502 คือจะทำการประเมินค่าดูดกลืนแสงสีแดงและคลื่นแสง near-infrared จากการศึกษาพบว่าค่า SCMR นั้นมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับค่าการดูดกลืนช่วงแสงของสารละลายที่สกัดจากใบข้าวโพดในลักษณะเชิงเส้นกล่าวคือเมื่อค่า SCMR ในใบข้าวโพดเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนช่วงแสงก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะแสดงออกถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ผลการทดลองของ Rashid *et al*. (2004) ที่ได้ศึกษาการประเมินระดับไนโตรเจนในใบข้าวโพดโดยการใช้เครื่อง SPAD-502 เพื่อวัดค่า SCMR เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธีการ Dumas method โดยใช้เครื่องมือ LECO (Tabatabai and Bremner, 1970) ในข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าสามารถนำค่า SCMR มาใช้ประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบข้าวโพดได้โดยใช้สมการที่ได้จากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR และปริมาณไนโตรเจนจากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ LECO ทั้งนี้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับจึงสัมพันธ์กับระดับคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Ross, 1989) เช่นเดียวกันกับ Sdoodee and Wongkittisuksa (2008) ได้ทำการทดลองการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าวโดยการใส่ปุ๋ยยูเรียแก่ข้าว 10 และ 20 กรัมต่อกระถาง เปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย พบว่าค่า SCMR มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าว อีกทั้งการใช้เครื่อง SPAD-502 ยังเป็นการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเมินไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าวที่ทำได้สะดวก รวดเร็วโดยไม่ทำลายใบข้าว สอดคล้องกับผลการทดลองของ Jangpromma *et al*. (2010) ทำการทดลองวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดได้จากสารละลาย N,N-dimethylformamide เปรียบเทียบกับค่า SCMR ตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาวะขาดน้ำ ผลการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของอ้อยที่อยู่ในสภาพแล้งจะมีความสัมพันธ์ระหว่างมีความสัมพันธ์อย่างมากกับค่า SCMR ซึ่งเมื่อคลอโรฟิลล์ในใบอ้อยลดลงค่า SCMR ก็จะลดลงเช่นกัน สำหรับการการศึกษาระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่ประเมินจาก Leaf Color Chart เป็นการประเมินเปรียบเทียบระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดด้วยสายตากับแถบสีของ Leaf Color Chart ที่พัฒนาขึ้นโดย University of California Cooperative Extension (UCCE) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ Leaf Color Chart มีความสัมพันธ์กับผลการศึกษาการประเมินระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดด้วยเครื่องมือ SPAD-502 ในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นคือเมื่อค่า SCMR มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่า Leaf Color Chart ก็จะมีค่าสูงขึ้นตามเช่นกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า Leaf Color Chart สามารถนำมาใช้ประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในข้าวโพดได้จากระดับความเข้มของสีใบข้าวโพด โดยหากข้าวโพดมีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณมากใบข้าวโพดจะมีลักษณะเขียวเข้มในทางตรงกันข้ามหากข้าวโพดมีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณน้อยลักษณะสีใบข้าวโพดจะมีสีเขียวอ่อนลงเป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Peterson *et al*. (1993) ที่กล่าวไว้ว่าการสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชนั้น ระดับความเข้มของสีเขียวที่วัดได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับสัดส่วนของปริมาณไนโตรเจนในใบที่มีต่อน้ำหนักใบ ซึ่ง Leaf Color Chart นั้นได้มีการทดลองใช้และได้ผลดีกับพืชชนิดอื่นๆ ดังเช่นงานวิจัยของ สุรพล และคณะ (2551) ทำการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ Leaf Color Chart จัดการปุ๋ยไนโตรเจนให้กับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่า การใช้แผ่นเทียบสีใบข้าวเป็นการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ใช้ Leaf Color Chart ช่วยในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการนำ Leaf Color Chart ไปพัฒนาเพื่อใช้ในการจัดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมตามความต้องการของข้าวโพดอย่างแท้จริง เพื่อช่วยให้ได้รับผลผลิตสูง มีคุณภาพและสามารถลดต้นทุนได้ (สถาบันวิจัยข้าว, 2548) ดังที่ได้ประสบผลสำเร็จในการศึกษากับข้าวมาแล้ว และในส่วนของการศึกษาระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่ประเมินจากดัชนีความเข้มของสีใบจากภาพถ่ายใบข้าวโพดด้วยกล้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดิจิตอลโดยใช้สมการคือ ดัชนีความเข้มสีใบ = $\left(\frac{1}{(0.7582|R - B| - 0.1168|R - G| + 0.6414|G - B|)}\right) \times 1000$

ซึ่งดัดแปลงมาจาก Pagola *et al*. (2008) มีหลักการทำงานคือการแยกองค์ประกอบของสีที่ได้จากภาพถ่ายใบข้าวโพดที่ประกอบด้วยแม่สีหลักได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน (RGB) สัดส่วนของสีทั้งสามนั้นจะสามารถนำมาใช้คำนวณหาดัชนีความเข้มของสีใบได้ โดยดัชนีความเข้มของสีใบที่วัดได้จะบ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสมในใบข้าวโพดในลักษณะเดียวกับการประเมินความเข้มของสีใบข้าวโพดด้วยการใช้ Leaf Color Chart อีกทั้งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความเข้มสีใบยังมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นกับค่า SCMR ซึ่งบ่งชี้ว่าดัชนีความเข้มของสีใบข้าวโพดจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอลนั้นมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชที่ประเมินจากการใช้เครื่อง SPAD-502 ผลการทดลองนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับ Kawashima and Nakatani (1998) ที่ศึกษาการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพวิดีโอเปรียบเทียบกับการสกัดสารละลายคลอโรฟิลล์ในใบข้าวสาลี ผลการทดลองพบว่าผลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดจากใบข้าวสาลี จากผลการทดลองทั้ง 4 ชนิดแสดงให้เห็นว่าระดับไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ของพืชสามารถประเมินได้จากระดับความเข้มของสีใบพืชซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้เป็นอย่างดี ผลการทดลองครั้งนี้เป็นไปในลักษณะเดียวกับงานวิจัยของ Pagola *et al*. (2008) ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายของใบข้าวบาร์เลย์โดยประเมินความเข้มของสีใบควบคู่ไปกับการใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อเปรียบเทียบระดับไนโตรเจนกับผลผลิตของข้าวบาร์เลย์โดยผลการทดลองนั้นพบว่าการวิเคราะห์ภาพถ่ายของใบข้าวบาร์เลย์สามารถประเมินผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ได้อย่างแม่นยำไม่แตกต่างจากการใช้เครื่องมือ SPAD-502 ซึ่งการศึกษาระดับความเข้มของสีใบพืชจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอลยังมีการทดลองในพืชชนิดอื่นๆ ที่ประสบผลสำเร็จ เช่น Karcher and Richardson (2003) ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนกับ turfgrass พบว่าวิธีการนี้สามารถช่วยให้ turfgrass ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมและส่งผลดีต่อคุณภาพของสีใบให้กับ turfgrass

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือทั้ง 4 ชนิด เพื่อประเมินระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่ระยะ V10 มีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นกับน้ำหนักแห้งและผลผลิตของข้าวโพด กล่าวคือเมื่อใบข้าวโพดมีระดับสีเข้มมากขึ้นน้ำหนักแห้งและผลผลิตก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าของระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดจะสูงที่สุดในช่วง V10 เพราะในระยะนี้เป็นช่วงที่ข้าวโพดจำเป็นที่ต้องมีเร่งการสร้างคลอโรฟิลล์ในใบเพื่อเป็นแหล่งในการสร้างอาหารสะสมเพื่อเตรียมพร้อมก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงระยะสืบพันธุ์เมื่อผ่านพ้นช่วงนี้ไปแล้วระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดจะมีค่าลดลง ซึ่งการวิเคราะห์ค่าความเข้มของสีใบข้าวโพดในระยะ V10 พบว่าสามารถใช้ประเมินน้ำหนักแห้งและผลผลิตของข้าวโพดได้ดังผลการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นระหว่างค่าความเข้มของสีใบสูงสุดกับน้ำหนักแห้งและผลผลิตข้าวโพด อย่างไรก็ตามการวัดระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่สัมพันธ์กับค่าผลผลิตสูงสุดในระยะ V10 ที่เหมาะสมควรมีค่าการดูดกลืนช่วงแสงอยู่ที่ 0.8666 ส่วนค่า SCMR และค่า Leaf Color Chart ควรจะมีค่า 52.35 และ 8.34 ตามลำดับ สุดท้ายค่าดัชนีความเข้มสีใบควรมีค่าอยู่ที่ 18.87 ซึ่งหากระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดมีค่าต่ำในช่วงระยะ V10 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงระยะนี้จะช้าเกินไปเพราะจากการทดลองพบว่าเมื่อผ่านพ้นระยะ V10 ไปแล้วระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดมีค่าลดลงเรื่อยๆ สอดคล้องกับ Walsh (2006) กล่าวว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าในระหว่างฤดูการปลูกข้าวโพดควรทำก่อนที่ข้าวโพดจะเข้าสู่ระยะ V10 จะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นการวัดระดับความเข้มของสีใบเพื่อช่วยในการประเมินผลผลิตของข้าวโพดที่เหมาะสมจึงควรทำในช่วง V7 จนถึงก่อนเข้าสู่ช่วงระยะ V10 ดังนั้นในระยะนี้หากทำการวัดความเข้มของสีใบก่อนระยะ V10 แล้วมีค่าในระดับต่ำหมายความว่าข้าวโพดยังได้รับธาตุไนโตรเจนไม่เพียงพอ สามารถทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวโพดเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะทำให้ความเข้มของสีใบอยู่ในระดับที่สูงขึ้นก่อนที่ข้าวโพดจะเข้าสู่ระยะ V10 ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดมีค่าความเข้มสีใบสูงสุด การที่ใบข้าวโพดมีลักษณะสีเข้มมากขึ้นเป็นเพราะเมื่อข้าวโพดได้รับธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดการส่งเสริมการสร้างคลอโรฟิลล์มากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเพราะคลอโรฟิลล์ที่มีในลำต้นและใบมีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์แสงซึ่งจะเป็นแหล่งสร้างสารสังเคราะห์ (Source) ที่สำคัญของข้าวโพด ทั้งนี้ในระยะ vegetative นั้นข้าวโพดจะมีการสร้างและสะสมธาตุอาหารเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สะสมไว้และจะมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารเข้าสู่ฝักและเมล็ดซึ่งเป็นแหล่งรับอาหาร (sink) เมื่อข้าวโพดเริ่มเข้าสู่ระยะ reproductive (เฉลิมพล, 2542) ดังนั้นเมื่อระดับความเข้มของสีใบเพิ่มขึ้นย่อมทำให้น้ำหนักแห้งและผลผลิตของข้าวโพดสูงขึ้นตามไปด้วย

ผลการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องมือทั้ง 4 ชนิด ให้ผลการทดลองที่เหมือนกันในการสร้างดัชนีชี้วัดระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดที่สอดคล้องกับระดับคลอโรฟิลล์ซึ่งบ่งชี้ถึงผลผลิต อย่างไรก็ตามเครื่องมือทั้งหมดมีความแตกต่างในด้านการใช้งาน ความสะดวก รวมถึงค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนช่วงแสงของสารสกัดจากใบข้าวโพดเป็นวิธีที่ค่อนข้างแม่นยำกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดแต่การวัดค่าการดูดกลืนช่วงแสงนั้นมีวิธีการที่ยุ่งยากและต้องทำในห้องปฏิบัติการ ส่วนการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ SPAD-502 นั้นเป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานได้สะดวกและรู้ผลการใช้งานทันที แต่ข้อเสียของเครื่อง SPAD-502 นั้นเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงจึงไม่ได้รับความนิยมในการใช้งาน เครื่องมืออีก 2 ชนิดคือ Leaf Color Chart ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานง่าย มีราคาถูก แต่จะมีข้อจำกัดคือการประเมินความเข้มของสีใบมีความละเอียดน้อยกว่าการใช้เครื่องมือชนิดอื่นๆ สุดท้ายการประเมินระดับความเข้มของสีใบข้าวโพดจากดัชนีความเข้มของสีใบที่ประเมินจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอลเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความละเอียดในการใช้งานและราคาของอุปกรณ์ไม่สูงนัก ดังนั้นการใช้เครื่องมือแต่ละชนิดจึงขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ที่จะนำไปใช้งานว่าจะสะดวกใช้งานในรูปแบบใดและต้องการความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในระดับไหน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved