

การประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการวัดด้วย Chlorophyll meter และความสัมพันธ์ กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต

Evaluation of leaves chlorophyll levels of maize using chlorophyll meter and its relationship to biomass and yield

สืบสกุล สิริยุทธ์¹ และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา^{1*}

Suebsakul Siriyoot¹ and Sakda Jongkaewwattana^{1*}

บทคัดย่อ: การทราบถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใส่ปุ๋ยให้ตรงกับความต้องการของพืช อีกทั้งยังสามารถลดปัจจัยการผลิตได้ ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการวัดด้วย Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่อง SPAD ซึ่งกำหนดเป็นค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิตของข้าวโพด โดยทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน 13 ระดับ และทำการวัดค่าความเข้มของสีใบด้วยเครื่องมือ SPAD-502 ตามระยะพัฒนาการของข้าวโพด จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า พลวัตค่า SCMR ที่วัดได้จากใบข้าวโพด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการ และแปรผันตามระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นส่งผลให้ค่า SCMR เพิ่มขึ้นตาม นอกจากนี้ยังพบว่าค่า SCMR มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear relationship) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต สามารถแสดงได้ด้วยสมการ linear response surface ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประเมินผลผลิตจากค่า SCMR และค่าน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ

คำสำคัญ: เครื่องวัดคลอโรฟิลล์, ข้าวโพด, ไนโตรเจน

Abstract: Acquiring leaf chlorophyll content is an importance data for determination of enhancing nitrogen use efficiency in plant. It can also be used as an index for applying nitrogen fertilizer at the rate required by plant. This study aims to estimate leaf chlorophyll level of maize using chlorophyll meter (Minolta SPAD-502). In addition this study also develop relationship between SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) and biomass dry weight as well as grain yield of maize. Maize cv. Suwan 5 was grown under 13 levels of nitrogen management using randomized complete block design with 3 replications. SPAD-502

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

was use to measure intensity of leaf color that related to chlorophyll level along developmental stage of maize. Research result show that the dynamic of SCMR trend to increase along with developmental stages. It was also indicate that SCMR varied with nitrogen application rate i.e. the more nitrogen apply the higher SCMR. In addition it was also found that SCMR had linear relationship biomass dry weight and grain yield. Linear response surface can represent 3 dimensions relationship among SCMR, yield and biomass dry weight.

Key words: Chlorophyll meter, Maize, Nitrogen, *Zea mays* L.

บทนำ

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นธัญพืชสำคัญพืชหนึ่ง ซึ่งมีพื้นที่ปลูกกว่า 9 ล้านไร่ แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของข้าวโพดยังอยู่ในระดับต่ำเฉลี่ย 535 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) ซึ่งสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวโพดอยู่ในระดับต่ำ คือการจัดการธาตุไนโตรเจนที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืช (ทัศนีย์, 2546) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการปลูกข้าวโพดแต่ละชนิดจะมีอัตราปุ๋ยที่แนะนำ ซึ่งเป็นอัตราการใช้ปุ๋ยอย่างกว้างๆ คือ ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ 16-20-0 แต่อัตราปุ๋ยที่แนะนำก็อาจจะไม่ตรงตามความต้องการของพืช ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละพื้นที่นั้นมีความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่เท่ากัน การนำตัวอย่างดินที่ใช้ในการเพาะปลูกมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน เช่นการใช้ชุดตรวจสอบธาตุอาหารหลัก (NPK Soil Test Kit) (ทัศนีย์และคณะ, 2542) ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ตกค้างอยู่ในดิน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาประกอบการตัดสินใจในการจัดการปุ๋ยได้ อย่างไรก็ตาม ชุดตรวจสอบธาตุอาหารหลัก (NPK Soil Test Kit) ไม่สามารถที่จะหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป ปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการกำหนดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยนำดัชนีชี้วัดต่างๆ มา

ใช้ประเมินปริมาณความต้องการไนโตรเจนจากการวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารที่ทำให้พืชมีสีเขียว และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การสะสมอาหารของเซลล์ และขบวนการสังเคราะห์แสง (Thomson and Troch, 1975) โดยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์จะแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ดัชนีชี้วัดต่างๆ ที่ใช้ประเมินปริมาณไนโตรเจนจากการวัดคลอโรฟิลล์ได้รับการยอมรับมากขึ้นซึ่งวิธีการที่สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ววิธีหนึ่ง คือการใช้เครื่องมือ Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502) เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดย Neilsen et al. (1995) ใช้ SPAD-502 วัดค่าความเข้มข้นของใบที่สัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในแอปเปิ้ลภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ SPAD-502 ซึ่งสอดคล้องกับ Peng et al. (1995) ที่มีรายงานว่า ค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ในใบพืชจะเป็นตัวบ่งบอกความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นตามระดับของปุ๋ยไนโตรเจน และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากขึ้นทำให้ค่า SCMR เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับ

ปริมาณผลผลิตด้วย ทำให้มีการนำ SPAD-502 ไปใช้ในการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบพืชหลายชนิด เช่น ข้าว (Hussain et al., 2000) ข้าวสาลี (Barracough et al., 2001) อ้อย (Silva et al., 2007) ธัญพืช (Lebail et al., 2005; Arregui et al., 2006) และมันฝรั่ง (Wu et al., 2007) เป็นต้น

ดังนั้นการทราบค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชที่มีความสัมพันธ์กับค่าไนโตรเจนที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่ใช้ง่าย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เช่น SPAD-502 น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยโดยใส่ให้ตรงกับความต้องการของพืช ทำให้การจัดการปุ๋ยในโตรเจนมีความเฉพาะเจาะจง เกิดประโยชน์สูงสุด และสามารถลดต้นทุนการผลิต การศึกษารุ่นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการใช้ SPAD-502 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR กับน้ำหนักรวมมวลชีวภาพและผลผลิตของข้าวโพด

วิธีการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองสถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม - กรกฎาคม 2552 โดยทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ในแปลงย่อยขนาด 3.5 x 2.5 เมตร ระยะปลูก 50 x 25 เซนติเมตร ภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน 13 ระดับ (Table 1) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ทำการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สัมพันธ์กับค่าไนโตรเจนโดยการใช้เครื่องมือ Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502) วัดค่า SCMR ในใบอ่อนที่คลี่เต็มที่แล้ว (Y-leave) เริ่มตั้งแต่ระยะ V3, V5, V7, V9,

V11, V13, V15 และ V17 ในแต่ละ Treatment จะวัดค่า SCMR จากตัวอย่างข้าวโพดจำนวน 2 ต้น โดยวัดส่วนซ้ายของใบ 5 ตำแหน่งและส่วนขวาของใบ 5 ตำแหน่ง แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย จากข้อมูลที่ได้ทำการประเมินค่า SCMR สูงสุด และจำนวนวันที่มีค่า SCMR สูงสุด โดยคำนวณจากสมการ 2nd order polynomial, บันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพตามระยะการเจริญเติบโตที่กำหนดไว้ได้แก่ระยะ V3, V5, V7, V9, V11, V13, V15, และ V17 โดยแต่ละ Treatment สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวโพดจำนวน 2 ต้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากข้อมูลที่ได้ทำการประเมินค่าน้ำหนักแห้งสูงสุด และจำนวนวันที่มีค่าน้ำหนักแห้งสูงสุด โดยคำนวณจากสมการ 3rd order polynomial และทำการเก็บข้อมูลผลผลิต จากการสุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลวัดค่า SCMR ตามระยะพัฒนาการ

จากการวัดค่าความเข้มข้นในใบข้าวโพดโดยใช้เครื่องมือ SPAD-502 พบว่าผลวัดค่า SCMR ตามระยะพัฒนาการที่วัดได้จากใบข้าวโพดภายใต้การจัดการไนโตรเจนระดับต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า SCMR มีรูปแบบเป็น Quadratic Response (Figure 1) โดยความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้จากค่า SCMR จะเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการตั้งแต่ระยะ V3 (อายุ 14 วันหลังปลูก) เพิ่มขึ้นจนถึงระยะ V11 (อายุ 51-53 วันหลังปลูก) ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่า SCMR สูงสุด เมื่อผ่านพ้นระยะนี้ไป ค่า SCMR มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะที่พืชเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ (vegetative stage) เป็นระยะที่พืชเจริญเติบโตเร็ว และมีความต้องการไนโตรเจนสูง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในระยะเวลาที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชจะทำให้การใส่ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น (มุกดา, 2543) นอกจากนี้ผลการศึกษา ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นทำให้ค่า SCMR

เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งสอดคล้องกับทิวา (2547) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากขึ้นทำให้ค่า SCMR เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตด้วย และจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) (Table 2) แสดงให้เห็นว่าค่า SCMR ที่วัดได้สูงสุดของการจัดการปุ๋ย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าค่า SCMR สูงสุดจะอยู่ในช่วง 52 วันหลังปลูก (V11) ทั้งนี้พบว่าการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 36.8, 43.7, 48.3 และ 55.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ส่งผลให้ค่า SCMR สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 54.42

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ

จากการศึกษาการสะสมน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพของข้าวโพด แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพของข้าวโพดภายใต้การจัดการไนโตรเจนระดับต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการ (Figure 2) โดยมีลักษณะเป็น 3rd order polynomial ซึ่งการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงแรกจะเป็นไปอย่างช้า ๆ จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ vegetative phase และลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะ reproductive phase (Gardner et al., 1985) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Table 2) ยังพบว่าไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพโดยน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพจะแปรผันตามระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยที่อัตรา 55.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะให้น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพสูงสุดเฉลี่ยที่ 1,133 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 36.8, 43.7 และ 48.3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ยเท่ากับ 1,062, 1,080 และ 1,093 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ทั้งนี้โดยพบว่าวันที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทุกการจัดการปุ๋ย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 79 วันหลังปลูก ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักของพืช ทั้งนี้เพราะปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อ

การสังเคราะห์แสง (Bochmiarz et al., 1987) จึงทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ที่เป็นแหล่งสังเคราะห์สารอาหาร (source) เพิ่มขึ้น

ในส่วนของผลผลิตพบว่าสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ กล่าวคือการใส่ปุ๋ยที่อัตรา มากกว่า 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ผลผลิตที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 876.20 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยที่มากกว่า 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่ทำให้ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3)

จากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR สูงสุดและน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพสูงสุดที่ประเมินได้จากการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน (Figure 4) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear relationship) $Y = -12.70 + 19.87x$ โดย Y เป็นค่าน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ และ x เป็นค่า SCMR ที่วัดได้ สมการดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ทุก ๆ 1 หน่วย SCMR ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ 19.87 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งค่า SCMR นี้เป็นค่าที่วัดได้ที่ระยะ 52 วันหลังปลูก (V11) นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า ค่า SCMR สูงสุดที่วัดได้ยังมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับผลผลิต (Figure 5) $Y = -175.12 + 18.01x$ โดย Y เป็นผลผลิต และ x เป็นค่า SCMR ที่วัดได้ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ค่า SCMR ที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น 18.01 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเป็นรูปแบบเชิงเส้นตรงเช่นเดียวกัน (Figure 6) ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ และผลผลิต สามารถสรุปได้ในรูปแบบของกราฟ Response surface (Figure 7) จะเห็นได้ว่า การเพิ่มขึ้นของค่า SCMR มีผลทำให้น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ และผลผลิตเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งสามารถใช้ในการคาดคะเนผลผลิตได้ จากการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยอัตรา 36.8, 43.7, 48.3 และ 55.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีผลผลิตเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า SCMR อยู่ในช่วง 52-55 ดังนั้นถ้าวัดค่า SCMR ได้

ตั้งแต่ 52 ขึ้นไป จึงไม่จำเป็นต้องมีการเพิ่มปุ๋ยในโตรเจน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่า SCMR ที่วัดได้จากเครื่องวัดคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการของข้าวโพด โดยพบว่าที่ทุกระยะของการใส่ปุ๋ยค่า SCMR จะสูงสุดที่ V11 ซึ่งอยู่ในช่วง 51-53 วันหลังปลูก นอกจากนั้นค่า SCMR ยังเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ จากการวิเคราะห์พบว่าค่า SCMR ที่วัดได้ยังมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิตในเชิงเส้น และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ และผลผลิต ด้วยสมการ linear response surface

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, สมชาย กรีชาภิรมย์ และ บุญแสน เตียวบุญคุณธรรม. 2542. การวิเคราะห์ NPK ใน ดินอย่างง่าย. วารสารดินและปุ๋ย 21 : 46-51.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2546. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับข้าวโพดโดยใช้โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจ และ การวิเคราะห์ดิน หนังสือปฐพีวิทยาก้าวไกลวิจัย-วิชาการ ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 46-67.
- ทิวา สิงจันลา. 2547. การจัดการปุ๋ยในโตรเจนในข้าวโพดหวานด้วยการวัดคลอโรฟิลล์ในใบ. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541. รายงานผลการสำรวจข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีเพาะปลูก 2539/40. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ, หน้า 58.
- Arreguia, L.M., B. Lasab, A. Lafargab, I. Irañetab, E. Barojaa, and M. Quemada. 2006. Evaluation of chlorophyll meter astools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. Eur. J. Agron. 24, 140-148.
- Barraclough, P.B. and J. Kyte. 2001. Effect of Water Stress on Chlorophyll Meter Readings in Winter Wheat. In: Plant Nutrition - Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems, Horst, W.J., M.K. Schenk, A. Burkert, N. Claassen and H. Flessa et al. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN: 978-0-7923-7105-2, pp: 722-723.
- Bochniarz, J., M. Bochniarz, and W. Lenartowicz. 1987. Effect of potassium and nitrogen fertilization on productivity of faba bean (*Vicia faba minor*) grown for seeds. Pare. Pul., 89:57-66 (in Polish with English abstract).
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa SateUniversity Press, U.S.A.
- Hussain, F., K.F. Bronson, Y. Singh, B. Singh, and S. Peng. 2000. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management

- of irrigated rice in Asia. *Agron. J.* 92 : 875-879.
- LeBail, M.M.H., Jeuffroy, C. Bouchard, and A.Barbottin. 2005. Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? *Eur. J.Agron.* 23 : 379-391.
- Neilsen, D., E.J.Hogue, L.C.Herbert, P. Parchomchuk, and G.H.Neilsen.1995. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apples trees. *HortScience* 30 : 508-512.
- Peng, S., R.C. Laza, F.C. Garcia, and K.G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf area-based N concentration of rice. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26 : 927-935.
- Silva, M.A., J.L. Jifon, J.A.G. Silva, and V. Sharma. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. J. Plant. Physiol.* 9 : 193-201.
- Thompson, L. M., and F. R. Troch. 1975. Soil and soil fertility. 3rd TNH Publishing. New Delhi.
- Wu, J.D., D.Wang, C.J.Rosen, and M.E. Bauer. 2007. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and Quickbird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. *Field Crop Res.* 101 : 96-103.

Table 1 Nitrogen application rates (Experimental treatment)

Treatment	Kg nitrogen per rai ^{1/}		Total Nitrogen Fertilizer applied
	14 days after planting	30 days after planting	
1	Control	Control	0
2	11.5	-	11.5
3	11.5	6.9	18.4
4	11.5	13.8	25.3
5	11.5	20.7	32.2
6	23	-	23
7	23	6.9	29.9
8	23	13.8	36.8
9	23	20.7	43.7
10	34.5	-	34.5
11	34.5	6.9	41.4
12	34.5	13.8	48.3
13	34.5	20.7	55.2

1/ 6.25 rai = 1 ha

Table 2 Analysis of variance for maximum SCMR, maximum dry weight and grain yield

Treatment	SCMR	Dry weight	Yield
Control	34.66 h	524.0 f	438.02 f
11.5 kgN/rai	43.02 g	784.8 e	516.07 e
18.4 kgN/rai	43.92 fg	928.6 f	585.62 cde
25.3 kgN/rai	47.02 ef	960.2 ef	568.47 de
32.2 kgN/rai	46.55 f	1004.5 cd	632.45 cd
23 kgN/rai	51.58 cd	949.4 ef	655.53 c
29.9 kgN/rai	51.62 cd	999.6 cd	740.83 b
36.8 kgN/rai	52.85 abcd	1062.4 b	931.34 a
43.7 kgN/rai	55.03 ab	1080.3 b	909.39 a
34.5 kgN/rai	50.11 de	976.7 de	755.09 b
41.4 kgN/rai	52.44 bcd	1026.2 c	768.32 b
48.3 kgN/rai	53.91 abc	1092.7 b	856.81 a
55.2 kgN/rai	55.88 a	1133.6 a	862.41 a
Nitrogen levels	**	**	**
CV%	4.00	2.21	6.44

LSD_{0.05} SCMR = 1.60, LSD_{0.05} Dry weight = 17.37, LSD_{0.05} Yield = 37.30

** = significance at $P \leq 0.01$

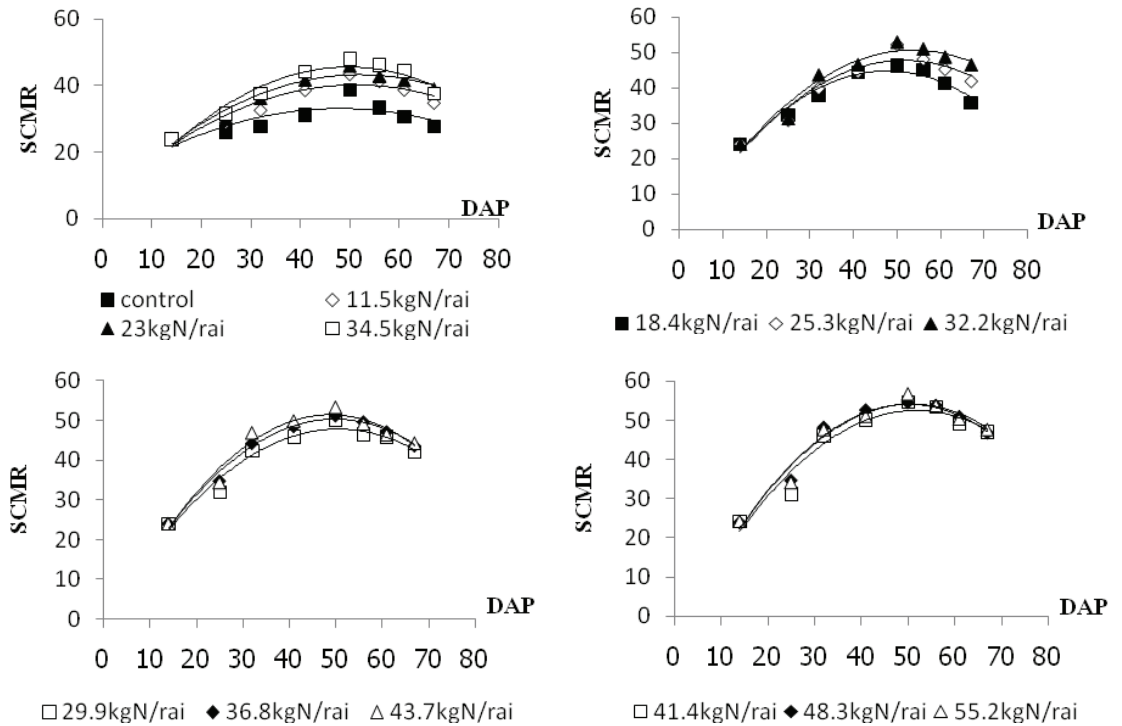


Figure 1 Dynamic of SCMR during developmental period

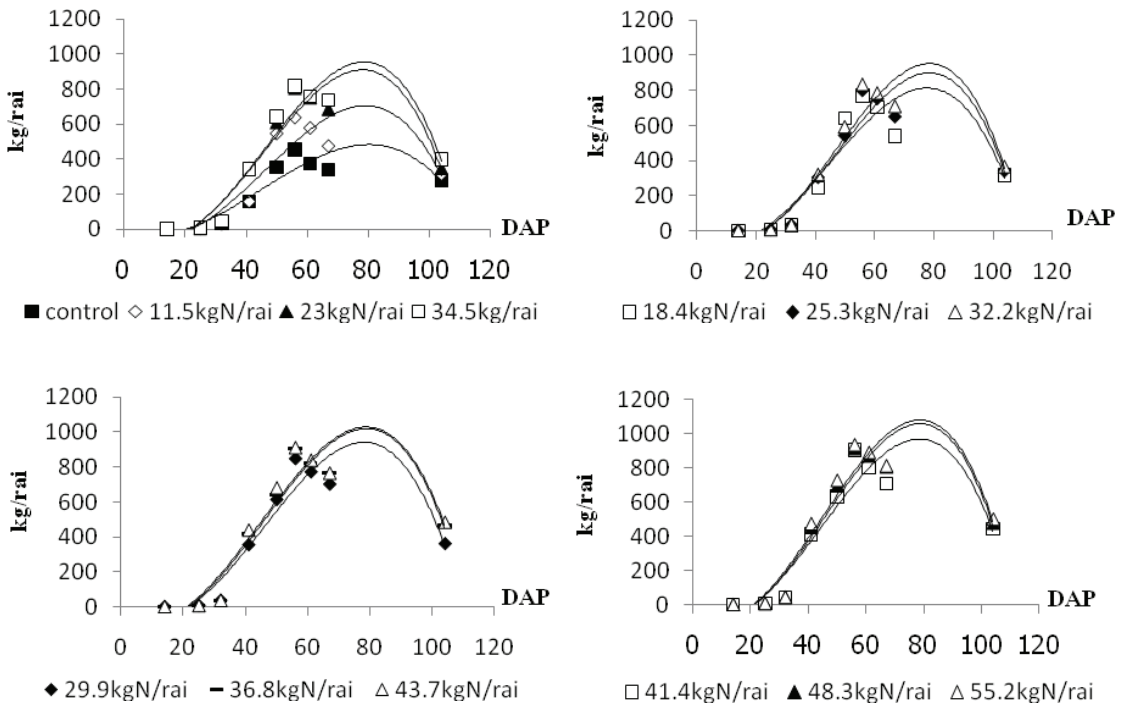


Figure2 Dynamic of biomass dry weight during developmental period

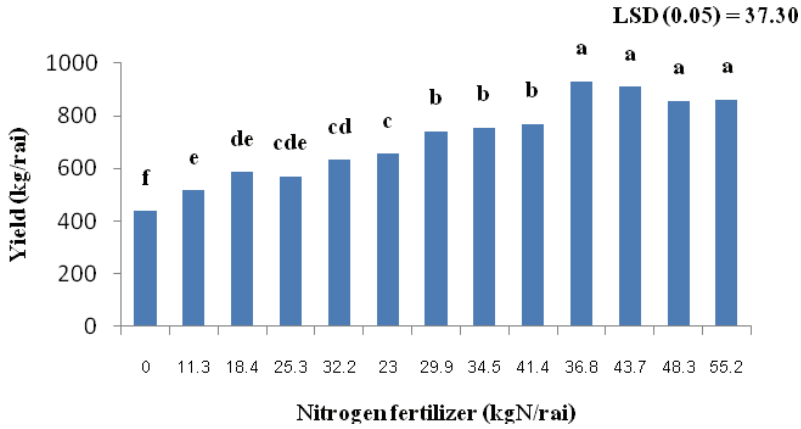


Figure 3 Grain yield of maize under different nitrogen application rates

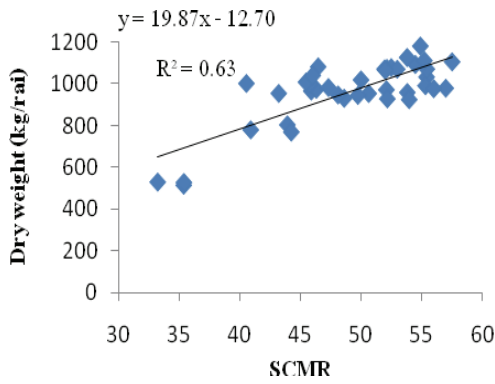


Figure 4 Relationship between SCMR and dry weight

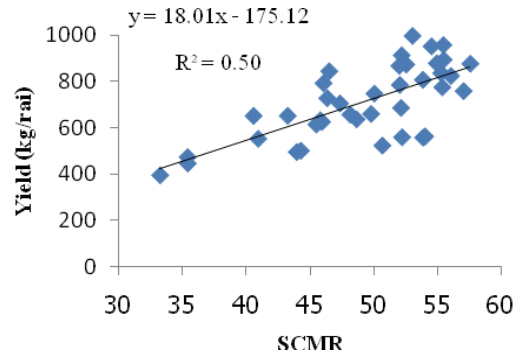


Figure 5 Relationship between SCMR and grain yield

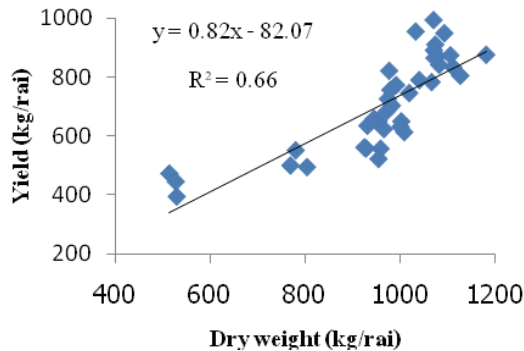


Figure 6 Relationship between dry weight and grain yield

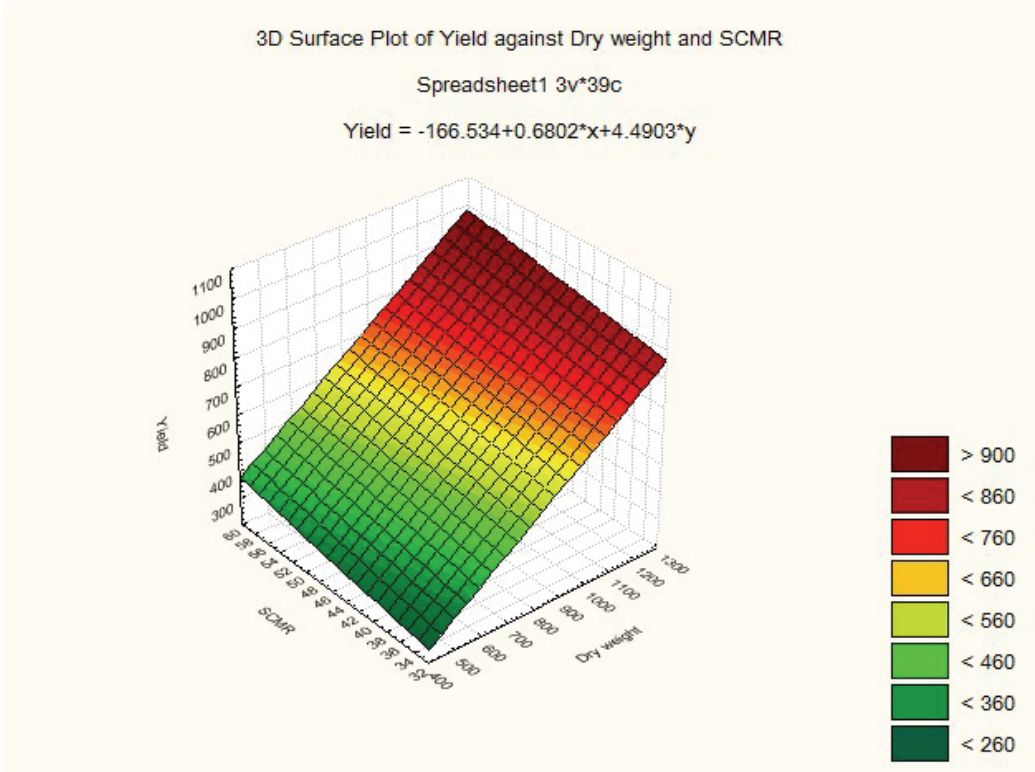


Figure 7 3D surface plot yield against dry weight and SCMR