บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

บทบาทของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญสำหรับพืชอย่างมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบชีวเคมีหลายชนิดในพืช ที่มีบทบาทต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาของพืช เช่น กรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนให้แก่พืช ซึ่งโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรโตพลาสซึม เอนไซม์และโคเอนไซม์ ที่มีหน้าที่ในการควบคุมและเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในต้นพืช นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) ก็มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญเช่นกัน สารประกอบนี้อยู่ในโครโมโซม (chromosome) ในรูปของกรดนิวคลีอิก (nucleic acids) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของพืช ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีส่วนทำให้พืชมีสีเขียว ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์ให้แก่พืช Mitsui (1970) รายงานว่าพืชที่ได้รับธาตุอาหารไนโตรเจน ทำให้ใบมีสีเขียวเข้ม เพราะไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มปริมาณและกระตุ้นการทำงานของเม็ดคลอโรพลาส ทำให้พืชมีการสร้างสารสังเคราะห์ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้สูงขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบและการสะสมอาหารภายในต้นพืชได้ดีขึ้น Stocking and Ongum (1962) รายงานว่า เมื่อข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นเนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในหน่วยพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินพอในข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการสังเคราะห์แสงไม่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis) ลดลง หรือ ถ้าได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนไม่เพียงพอ มีผลทำให้แรงต้านปากใบสูงขึ้น ซึ่งขัดขวางการไหลซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากบรรยากาศผ่านปากใบ ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง (Watanabe and Yoshida, 1970) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบที่สำคัญๆ อีกมากมายในพืชที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น วิตามิน และ ATP (adenosine triphosphate) เป็นต้น

ดังนั้นธาตุอาหารไนโตรเจนจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการมีชีวิต การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ถึงแม้ว่าพืชจะได้รับปัจจัยอื่นๆที่พอเพียงกับการเจริญเติบโตแล้วก็ตาม ถ้าหากพืชขาดธาตุอาหารไนโตรเจนหรือได้รับไม่พอเพียง พืชนั้นก็ไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามปกติ (Blamey *et al.*, 1987)

การสะสมและการถ่ายเทไนโตรเจนในพืช

พืชได้รับไนโตรเจนจากดินในรูปของสารประกอบ NH_4^+ และ NO_3^- ที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งข้าวสามารถดูดใช้ NH_4^+ ได้ดีกว่าโดยจะดูดเข้าทางรากแล้วเปลี่ยนเป็น กลูตามีน เคลื่อนย้ายไปสู่ลำต้นและใบ ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตพืชจะดูดใช้ไนโตรเจนไปสร้างและสะสมในส่วนเจริญทางลำต้นและใบ โดยที่พืชมีการจัดสรรปริมาณไนโตรเจนไปยังส่วนต่างๆไม่เท่ากันซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการและระยะการเจริญเติบโตของส่วนนั้น จากการศึกษาของ Guindo *et al.* (1994) พบว่า การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวส่วนใหญ่ถูกส่งไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโตเสมอ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ถูกส่งไปยังส่วนที่แก่กว่า ซึ่งก่อนระยะข้าวออกรวงจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ในใบสูงสุด ถึง 70% โดยที่ใบธงจะมีการสะสมไนโตรเจนมากที่สุด (Norman *et al.*, 1992) เมื่อเข้าสู่ระยะสร้างรวงและเมล็ด พืชจะมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากส่วนลำต้นและใบ ไปใช้ในการสร้างและพัฒนาช่อดอก Mae (1986) รายงานว่า ข้าวได้รับไนโตรเจนในระหว่างการสร้างและพัฒนาเมล็ดจากการดูดใช้ไนโตรเจนจากดิน 14% และอีก 86% จากต้นและใบซึ่งสะสมไว้ตั้งแต่ระยะแรก โดยได้จากแผ่นใบ 58% และกาบใบ 28% Bufogle *et al.* (1997) รายงานว่า ไนโตรเจนที่สะสมในลำต้นและใบ มีการถ่ายเทไปสะสมในเมล็ดเมื่อข้าวออกรวงได้ 90 % จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

จากการศึกษาของ Mikkelsen *et al.* (1995) พบว่า ในระยะสร้างรวงอ่อนจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบ 50% ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว 2ใน 3 ของไนโตรเจนทั้งหมดจะถูกถ่ายเทไปสะสมที่เมล็ด นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ดยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย และระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ดเช่นกัน (Wilson *et al.*, 1989) ดังนั้นข้าวที่สามารถให้ผลผลิตสูง นอกจากจะมีการสะสมไนโตรเจนในระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบไว้มากแล้วยังจะต้องมีการถ่ายเทไนโตรเจนในระหว่างการพัฒนาและสะสมน้ำหนักของเมล็ดที่ดีด้วย (Yoneyama and Takeba , 1984)

การตอบสนองและความต้องการไนโตรเจนของข้าว

เมื่อข้าวได้รับปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ ไนโตรเจนก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่พืชต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต จากการศึกษาของ Sinclair and Wit (1975) พบว่า ในข้าวสาลี ทานตะวัน และข้าวมีความต้องการไนโตรเจน ประมาณ 16, 15 และ 10 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งพืช 1 กรัม ตามลำดับ IRRI (1989) รายงานว่า ข้าว indica type เมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 1 กิโลกรัม สามารถสร้างผลผลิตได้ 15-20 กิโลกรัม ทั้งข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง จะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 12-18 กิโลกรัม/ไร่ (Motomura *et al.*, 1979) และ Moor *et al.* (1981) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ Lebonnet ซึ่งเป็น indica type เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

20 กิโลกรัม/ไร่ สามารถให้ผลผลิตได้ถึง 1,212 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ผลผลิตเพียง 453 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อมีการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จนถึงระดับหนึ่งผลผลิตจะไม่เพิ่ม ถึงแม้จะเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนก็ตาม จากการศึกษาของ อารีรัตน์ (2542) พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตรา 14.4 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ เมื่อเพิ่มเป็น 21.6 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ผลผลิตลดลง 11% ทำให้ทราบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินพออาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

De Datta (1981) รายงานว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง ที่ระยะปักดำ 2 ใน 3 และที่ระยะกำเนิดช่อดอก 1 ใน 3 ของปุ๋ยไนโตรเจนที่จะใส่ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวสูงถึง 51% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้าวไร่ ของไพบูลย์และดำรง (2528) พบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง ในอัตรา 4 และ 8 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งเดียวถึง 10.5 และ 28.5% ตามลำดับ นอกจากนั้นการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 เป็น 4, 4 เป็น 8 และ 8 เป็น 12 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 72, 22 และ 11% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินสถานภาพไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช

การวัดผลผลิตของพืชเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถบอกถึงปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืชหรือไม่นั้น ค่อนข้างได้ผลดี แต่ต้องรอจนกว่าการเก็บเกี่ยวจะแล้วเสร็จจึงจะทราบผล ซึ่งค่อนข้างจะล่าช้าและไม่สามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองเกี่ยวกับปริมาณไนโตรเจนต่อการสร้างผลผลิตของพืช โดยนำเอาปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชเป็นเครื่องมือบ่งชี้ถึงปริมาณความต้องการไนโตรเจนต่อการสร้างผลผลิตและสามารถใช้ในการคาดคะเนผลผลิตล่วงหน้าได้เป็นอย่างดี (Loubser, 1983; Reuter and Robinson, 1986) ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืชก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพื่อที่จะได้ดำเนินการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่พืชในกรณีที่พืชมีการขาดไนโตรเจน โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (ก่อนถึงระยะสร้างผลผลิต) โดยทั่วไปแล้วผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืชจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งบอกถึงการตอบสนองของผลผลิตพืชต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และใช้ได้ผลค่อนข้างดีกว่าการพิจารณาเฉพาะผลผลิตของพืชแต่เพียงอย่างเดียว ในการใช้ผลการวิเคราะห์พืชนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาหาค่าวิกฤต (critical level) ของธาตุอาหารนั้นๆในพืชเสียก่อน ค่าวิกฤตของธาตุ

อาหารในพืชเป็นค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถให้ผลผลิตใกล้สูงสุด 90-95% ของระดับความเข้มข้นที่ให้ผลผลิตสูงสุด ถ้าในเนื้อเยื่อพืชมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่าวิกฤต เป็นสัญญาณแสดงว่าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ ในทางตรงกันข้าม ถ้าปริมาณธาตุอาหารในพืชสูงกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าพืชได้รับธาตุอาหารเกินความจำเป็น (เฉลิมพล, 2542 ; Melsted *et al.*, 1969) Reuter and Robinson (1986) รายงานว่า ค่าวิกฤตของธาตุไนโตรเจนของข้าวในใบอ่อน (youngest blade) ที่ระยะแตกกอ และระยะกำเนิดช่อดอก เท่ากับ 3.0 และ 2.4% ตามลำดับ อารีรัตน์ (2542) รายงานว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนของ ใบยอด (ใบที่1-3) ใบที่เหลือ ลำต้น และรวง ที่ระยะออกรวง เท่ากับ 3.95, 2.75, 1.28 และ 0.65% ตามลำดับ ที่ระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 14.4 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตสูงที่สุด เมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 21.6 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ผลผลิตลดลงจาก 676 กิโลกรัม/ไร่ เหลือ 602 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้เชื่อได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 14.4 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ พอเพียงสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยที่ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ที่มีอยู่ในพืชจะมีความแตกต่างกันไปตามเนื้อเยื่อส่วนต่างๆและระยะการเจริญเติบโต (Reuter and Robinson, 1986)

คลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสง

การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการที่พืชทำการเปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ มาเป็นสารประกอบคาร์บอนพวกน้ำตาลและแป้ง โดยมี CO_2 และ H_2O เป็นแหล่งวัตถุดิบ และสารประกอบนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ของพืช โดยกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงาน ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งหมดของพืชเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ โดยมีคลอโรฟิลล์ เป็นตัวรับพลังงานแสง

คลอโลพลาสต์จัดเป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็กที่สำคัญในเซลล์พืช ทำหน้าที่โดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์แสง คลอโลพลาสต์มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช โดยปกติพืชชั้นสูงคลอโลพลาสต์มักเป็นรูป กลมหรือรีรูปไข่ ยาวประมาณ 3-6 ไมครอน กว้าง 2-3 ไมครอน หนา 1-2 ไมครอน ประกอบด้วยเมมเบรน 2 ชั้น เป็นสารประกอบพวกโปรตีน และฟอสโฟลิปิด ภายในคลอโลพลาสต์ประกอบด้วย สารเคมี และอนุภาคต่างๆ แขวนลอยอยู่มาก สารเคมีที่สำคัญ ได้แก่ เอ็นไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและคลอโรฟิลล์ คลอโลพลาสต์พบในเซลล์ของพืชและส่วนต่างๆ ที่มีสีเขียว พบมากที่ใบของพืช โดยสีเขียวที่เห็นเกิดจากรงควัตถุที่ดูดกลืนแสงภายในคลอโรพลาสต์ คือ คลอโรฟิลล์ที่สามารถดูดแสงได้ในช่วงตาคนมองเห็นได้ (430-700 nm.) พืชทุกชนิดจะมีจะคลอโรฟิลล์ อย่าน้อย 2 ชนิด ที่สำคัญคือคลอโรฟิลล์ เอ มีช่วงแสงสูงสุดที่สามารถดูดไว้ได้ 680 nm. ซึ่งเป็นช่วงแสงสีแดง และคลอโรฟิลล์ บี มีช่วงแสงที่ต่ำลงมาคือ

ที่ประมาณ 430 nm.ซึ่งเป็นช่วงแสงสีน้ำเงิน นอกจานั้นยังพบรงควัตถุอื่นในคลอโรพลาสต์ เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycobilin) ไฟโคอิริทริน (phyoerythrin) ซึ่งมีสีส้ม น้ำเงิน และแดง ตามลำดับ

คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ (Chlorophyll fluorescence)

พืชดูดกลืนพลังงานแสงด้วยโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เพื่อนำไปใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง แต่ยังมีพลังงานส่วนหนึ่งที่ไม่ได้ใช้ในการสังเคราะห์แสง พืชจึงมีกลไกในการปลดปล่อยพลังงานนี้ออกจากระบบในลักษณะต่างๆ เช่น การสะท้อนกลับของรังสีความร้อนและการเรืองแสง เรียกว่า ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) (สมบุญ, 2536 และ Hall *et al.*,1993)

ในสภาพปกติก่อนที่พืชได้รับพลังงานแสงอย่างน้อย 30 นาที โมเลกุลของตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ใน Photosystem II (PSII) จะอยู่ในสภาพเสถียรหรือคงตัว (ground state) สามารถเปิดรับพลังงานแสงได้สูงสุด แต่ก็ยังมีการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ออกมาได้ต่ำสุดเรียก Fo (minimum fluorescence) ทันทีที่พืชได้รับพลังงานแสงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานทำให้อิเล็กตรอนอยู่ในสภาพเร่งเร้า (excited state) เรียกพลังงานนี้ว่า พลังงานเร่งเร้า (excitation energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่คงตัวและเกิดในสภาพสั้นมากเพียงเสี้ยววินาที พลังงานนี้มีการส่งถ่ายอิเล็กตรอนผ่านโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ติดกันเป็นทอดๆอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์เพิ่มไปสู่สภาพสูงสุดเรียกว่า Fm (maximum fluorescence) แล้วลดลงสู่ระดับ Fo อีกเมื่อพลังงานถูกส่งต่อไปยัง Photosystem I (PSI) ส่วนตัวรับอิเล็กตรอน ก็จะสามารถรับพลังงานแสงได้ต่อไป ปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์นี้ว่า Kautsky curve ความแตกต่างระหว่าง ค่า Fm และ Fo เรียกว่า variable fluorescence (Fv) อัตราส่วนของFv/Fm แสดงถึงความสามารถของ PSII ในคลอโรฟิลล์พืชในการรับพลังงานแสง และและถ่ายทอดไปสู่ PSI ค่านี้มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของปฏิกิยาเคมีของการสังเคราะห์แสงที่เรียกว่า quantum yield (Bjorkman and Demming,1978)

สำหรับการประเมินสถานภาพคลอโรฟิลล์เพื่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนให้เหมาะสมนั้น จากการศึกษาของ Pettygrove *at el.* (1994) โดยใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (Soil-Plant Analyses Development : Model SPED 502) พบว่า ข้าวมีค่าความเข้มข้นวิกฤติคลอโรฟิลล์ใน Y-leaf จากการวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ที่ระยะแตกกอสูงสุดเท่ากับ 38-41 (SPED) โดยที่เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์วัดค่าจากการดูดกลืนแสงสีเขียวที่สะท้อนจากใบข้าว หมายถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไนโตรเจน ถ้ามีวัดค่าคลอโรฟิลล์ใน Y-leaf ได้ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤติ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ

งานทดลองของ Stevens (1999) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ Cypress, Kaybonnet และ Lemont มีค่าวิกฤติที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPED) ที่ระยะกำเนิดช่อดอก เท่ากับ 40, 41 และ 40 ตามลำดับ

การรายงานเชิงลึกที่นำเสนอนี้จึงเป็นการยืนยันได้ว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทางการเจริญเติบโตของพืช ดั้งนั้นการค้นหาระยะเวลาและอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืช จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน รวมทั้งลดการสูญเสียที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราและเวลา ที่ไม่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University