

อิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากอ้อยและระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำ
ไนโตรเจนของอ้อย^{1/}

Effect of root exudate and nitrogen rates on cane yield and nitrogen use efficiency
of sugarcane^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

นายเกียรติศักดิ์ สายสร²

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อนนท์ จันทร์เกตุ^{3/}

บทคัดย่อ

อ้อย เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยหลักของประเทศไทย แต่พื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นดินทราย และมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ การใช้น้ำปุ๋ยเคมีในดินที่เป็นดินทรายจะมีการสูญเสียปุ๋ยได้ง่าย ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกลไกการควบคุมขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพผ่านการปลดปล่อยของสารคัดหลั่งจากราก (BNI) เพื่อให้มีการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ ทำให้พืชสามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ สารคัดหลั่งจากรากอ้อย (root exudate) มีผลต่อการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชัน ทั้งนี้ยังพบว่าพันธุ์อ้อยที่ต่างกันมีผลต่อการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันที่แตกต่างกัน โดยที่อ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*) มีความสามารถในการยับยั้งได้มากที่สุด (84.9%) รองลงมาคือพันธุ์อู่ทอง 13 (80.9%) ขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีความสามารถยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้น้อยที่สุด (45.4%) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่า ความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพจะขึ้นอยู่กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนรอบรากพืช ($R^2=0.83^{**}$) มากกว่า BNI ($R^2=0.07^{ns}$) การศึกษาอิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นสองเท่าจากคำแนะนำ สามารถเพิ่มผลผลิตและการใช้ธาตุอาหารของอ้อยได้ แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ยูรีเอส ทั้งนี้อ้อยจะมีการดูดใช้น้ำไนโตรเจนสูงขึ้นเมื่ออายุอ้อยเพิ่มมากขึ้นจนถึง 6 เดือนหลังปลูก

คำสำคัญ: อ้อย; ปุ๋ยไนโตรเจน; ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างดินและพืช; สารคัดหลั่งจากราก

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล และเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 11.9 ล้านไร่ โดยที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด คิดเป็น 42% ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดของประเทศ (สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) อย่างไรก็ตามดินในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้นส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีลักษณะเป็นดินทรายซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำ เมื่อเกษตรกรให้ปุ๋ยเคมีแก่อ้อย ธาตุอาหารที่ละลายออกมาจากปุ๋ยนั้นอาจสูญเสียไป

ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ โปรตีน กรดอะมิโน และเอนไซม์ต่างๆ ทำให้ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ การเคลื่อนย้ายอาหารและธาตุอาหารระหว่างเซลล์ ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่ช่วยในการเจริญเติบโตของ อ้อย ทำให้เกิดการแตกกอ และย่างปล้อง หากอ้อยขาดธาตุตัวนี้จะแสดงอาการใบเหลือง ใบมีขนาดเล็กลง ลำต้นแคระแกร็นและให้ผลผลิตต่ำ (มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม, 2563) ไนโตรเจนสามารถช่วยในการแตกหน่อ และการยืดยาวของลำอ้อยเพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น (Koochekzadeh *et al.*, 2009; Lofton and Tubana, 2015) เพราะฉะนั้นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นอาจจะเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่ม ผลผลิตแก่อ้อยได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากดินทรายนั้นมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินต่ำ การเพิ่มอัตราของปุ๋ย ไนโตรเจนอาจจะไม่ส่งผลให้พืชนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมของ เอนไซม์ยูเรียเอสซึ่งเป็นดัชนีที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเพิ่ม ผลผลิตของพืช อย่างไรก็ตามปุ๋ยไนโตรเจนที่เกษตรกรใส่ให้กับอ้อยส่วนใหญ่จะสูญเสียในรูปของก๊าซ ทำให้ พืชไม่สามารถดูดใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ปุ๋ยเคมีที่เป็นแหล่งของไนโตรเจน เช่น ยูเรีย เมื่อมี การใส่ลงไปในดิน จะผ่านขบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และ ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เพื่อเปลี่ยนแอมโมเนีย (NH_4^+) ให้เป็นไนไตรต์ (NO_2^-) หรือไนเตรต (NO_3^-) และเปลี่ยนไนเตรตให้อยู่ในรูป ของก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) (Aguilera *et al.*, 2013) ขบวนการดังกล่าวทำให้สูญเสียไนโตรเจนไป ประมาณ 70% ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ทั้งหมด โดยเฉพาะในดินทราย ซึ่งเป็นสภาพดินที่มีการเพาะปลูก อ้อยค่อนข้างมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Mawan and Kaewpradit, 2022) นอกจากนี้จากการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปของ N_2O ทำให้ส่งผลต่อการเพิ่มสภาวะโลกร้อนอีกด้วย

ปัจจุบันนักวิจัยพยายามมีการศึกษาค้นคว้ากลไกควบคุมขบวนการ nitrification ทางชีวภาพ เรียกว่า biological nitrification inhibition (BNI) เพื่อให้มีการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่เป็น

ประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ ทำให้พืชสามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ และเพื่อลดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของก๊าซ ปัจจุบันมีการค้นพบสารยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพ ซึ่งเป็นสารที่พืชปลดปล่อยออกมาทางราก (root exudates) ทั้งนี้การที่พืชปล่อย root exudate ที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน จะสามารถกระตุ้นการดูดใช้ไนโตรเจน (N assimilation) ของจุลินทรีย์ได้ดีเนื่องจากเป็นการปรับค่า C/N ratio ให้เหมาะสมต่อการดูดใช้ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ส่งผลให้ NH_4^+ ถูกดูดเข้าไปอยู่ในตัวของจุลินทรีย์ และจำกัดการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_3^- ซึ่งทำให้พบ NO_3^- ในดินบริเวณรอบรากต่ำกว่าดินที่ไม่มีการปลูกพืช การที่พืชปล่อย root exudate ที่มีสารประกอบ BNI เพื่อลดการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_3^- กลไกดังกล่าวเป็นกลไกที่พบมากในพืชหญ้าเลี้ยงสัตว์ และนักวิจัยกำลังให้ความสนใจศึกษาในอ้อยปลูก ซึ่งจัดเป็นพืชตระกูลหญ้าเช่นกัน (*Poaceae* หรือ *Gramineae*) นอกจากนี้ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอ้อย เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มผลผลิตให้แก่อ้อย และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เช่นการศึกษาระดับเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้นิโตรเจนในอ้อยเป็นต้น สัมมนานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมการประเมินอิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้แก่อ้อยปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต กิจกรรมเอนไซม์ยูรีเอสและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยและอิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากอ้อยและระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อย

อ้อย

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลและใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่อเนื่องในระบบ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากเป็นอันดับ 4 ของโลก ทำให้สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยได้จำนวนมาก อ้อย เป็นพืชที่เจริญเติบโตง่าย ใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโตได้ดี เช่น แสงแดด น้ำ อากาศ และธาตุอาหารนอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย และอ้อยชอบอยู่ในอากาศร้อนและชุ่มชื้น เช่นในประเทศไทยนอกจากนี้อ้อยยังมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆอีกมาก เช่น มีการใช้ในการผลิตเอทานอลสำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงและสุราจากกากน้ำตาลหรือโมลาส (molasses) ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนหมักกรอง (filter cake) การผลิตเยื่อกระดาษ ไม้อัด และเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจากขานอ้อย (bagass) อุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง และวัสดุภัณฑ์อีกหลายชนิด วัสดุกันความร้อน อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ หมักฟิมพ์และยาขัดเงาจากไขของอ้อย ดังนั้นอุตสาหกรรมอ้อยและ

น้ำตาลทรายของไทยนอกจากช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศแล้ว ยังมีความสำคัญต่อการจ้างงานภายในประเทศอีกด้วย

ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย

การเจริญเติบโตของอ้อย เป็น 4 ระยะ คือ ระยะงอก ระยะแตกกอ ระยะย่างปล้อง และระยะแก่ และการสุกแก่ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (mitrpholmodernfarm, 2563)

ระยะงอก (germination phase)

ระยะนี้เริ่มตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งหน่อโผล่พ้นดิน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 - 3 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ การปฏิบัติต่อท่อนพันธุ์ และความหนาของดินที่กลบท่อนพันธุ์ เป็นต้น หน่อที่เกิดจากตาของท่อนพันธุ์ เรียกว่า หน่อแรก (primary shoot) หรือหน่อแม่ (mother shoot) จำนวนท่อนพันธุ์ที่งอกต่อไร่จะเป็นตัวกำหนดจำนวนกออ้อยในพื้นที่นั้น

ระยะแตกกอ (tillering phase)

ในระยะงอกนั้นอ้อยแต่ละตาจะงอกขึ้นมาเพียงต้นเดียวเท่านั้น และเมื่อเติบโตพอสมควรจึงจะมีการแตกกอ การแตกกอเป็นลักษณะสำคัญของพืชตระกูลหญ้ารวมทั้งอ้อย เกิดขึ้นเนื่องจาก ตาที่อยู่ส่วนโคนของลำต้นใต้ดินของหน่อแรก เจริญออกมาเป็นหน่อชุดที่สอง และจากหน่อชุดที่สองก็เจริญเป็นหน่อชุดที่สาม หรืออาจจะมีหน่อชุดต่อไปอีก ทำให้มีจำนวนหน่อ หรือลำต้นเพิ่มขึ้น ระยะแตกกอเป็นระยะต่อเนื่องกับระยะงอก การแตกกอจะเริ่มเมื่ออายุประมาณ 1.5 เดือนเป็นต้นไป แต่ระยะที่มีการแตกกอมากที่สุดอยู่ระหว่าง 1.5 - 4 เดือน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และพันธุ์ หน่อที่แตกออกมาทั้งหมดในระยะแตกกอนี้ จะเหลือเพียงประมาณครึ่งหนึ่ง เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยว หน่อที่อ่อนแอกว่าตายไป เพราะการแข่งขันกัน เพื่อปัจจัยในการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด น้ำ และธาตุอาหาร เป็นต้น จำนวนลำต้นต่อกอขณะเก็บเกี่ยว ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่อในระยะแตกกอนี้

ระยะย่างปล้อง (stalk elongation phase)

เป็นระยะต่อเนื่องกับการแตกกอ ระยะนี้จะมีการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของปล้องอย่างรวดเร็ว ทำให้อ้อยทั้งลำต้นเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วด้วย ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 3 - 4 เดือน จนถึงอายุประมาณ 7 - 8 เดือน หลังจากนั้นการเจริญเติบโตจะมีน้อยลง และจะเริ่มมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น ขนาดและความยาวของแต่ละต้นในระยะนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักของแต่ละลำต้น และน้ำหนักแต่ละลำต้น มีผลโดยตรงต่อผลผลิตน้ำหนักรวมของอ้อยทั้งไร่ เมื่อเก็บเกี่ยว

ระยะแก่และสุก (maturity and ripening phase)

ระยะแก่มีอายุประมาณ 8 เดือน เป็นระยะที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะต่างๆ ตามที่ได้กล่าวแล้ว เมื่อการเจริญเติบโตเริ่มช้าลง น้ำตาลที่ใบสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงก็จะถูกใช้น้อยลง และมีเหลือเก็บสะสมในลำต้นมากขึ้น ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของระยะสุกนั่นเอง การสะสมน้ำตาลจะเริ่มจากส่วนโคนไปหาปลาย ดังนั้นส่วนโคนจึงหวานก่อน และมีความหวานมากกว่าส่วนปลาย การสะสมน้ำตาลจะมีมากขึ้นโดยลำดับ จนกระทั่งส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วนปลายมีความหวานใกล้เคียงกัน เรียกว่า สุก ซึ่งระบบการผลิตอ้อยส่วนใหญ่พื้นที่ปลูกอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น 1) ขาดการเกษตรกรรมที่เหมาะสม 2) ขาดแหล่งน้ำในการผลิต พื้นที่ผลิตอ้อยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ขาดการกักเก็บน้ำที่ดี ระบบปลูกอ้อยในเขตดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะปลูกในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ซึ่งอ้อยมีโอกาสประสบความสำเร็จในระยะเวลาที่มีการแตกกอหรือระยะอย่างปล้อง 3) สภาพดินไม่เหมาะสม ดินในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สูญเสียความชื้นและธาตุอาหารในดินได้ง่าย 4) ขาดพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละเขตเกษตรนิเวศ

การจัดการเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย

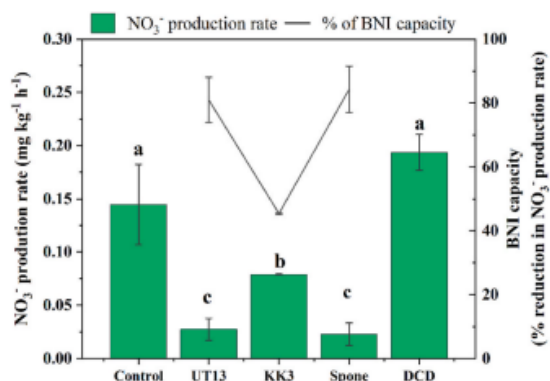
พันธุ์และสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย สภาพภูมิอากาศในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตอ้อย และคุณภาพของอ้อยพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกัน ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องในการเจริญเติบโตของอ้อย ระบบการผลิตอ้อยส่วนใหญ่พื้นที่ปลูกอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ขาดการเกษตรกรรมที่เหมาะสม รวมถึงการเตรียมแปลงปลูก การจัดการน้ำ การจัดการปุ๋ย และการกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชที่เหมาะสม ขาดแหล่งน้ำในการผลิต พื้นที่ผลิตอ้อยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ขาดการกักเก็บน้ำที่ดี ระบบปลูกอ้อยในเขตดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะปลูกในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ซึ่งอ้อยมีโอกาสประสบความสำเร็จในระยะเวลาที่มีการแตกกอหรือระยะอย่างปล้อง สภาพดินไม่เหมาะสม ดินในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สูญเสียความชื้นและธาตุอาหารในดินได้ง่าย ขาดพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละเขตเกษตรนิเวศ เช่น พันธุ์ที่คัดเลือกจำเพาะเจาะจงให้เหมาะกับสภาพดินแล้ว และขาดแคลนท่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพ ดังนั้นการใช้พันธุ์อ้อยที่มีความสามารถในการปรับตัวการเลือกพื้นที่ปลูก ชนิดดินที่ปลูก ช่วงเวลาการเพาะปลูก การ

ดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ การไถพรวนวัชพืช การป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรู ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บเกี่ยว จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยได้

อิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากอ้อยต่อการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันโดยวิธี Soil bioassay

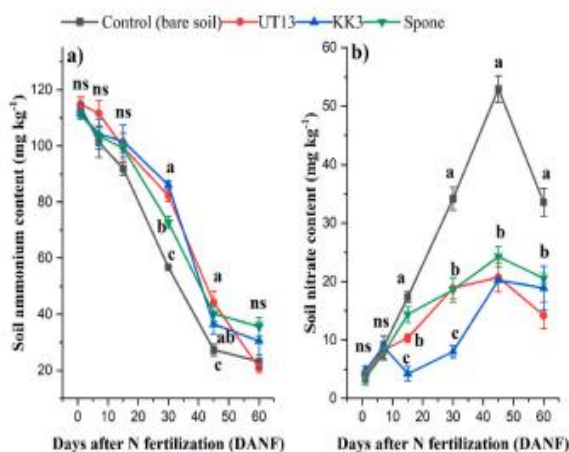
สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน จะมีผลต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ ทั้งนี้ในสภาพธรรมชาติมีจุลินทรีย์ใช้กระบวนการไนตริฟิเคชันในการเปลี่ยนแปลงรูปของสารประกอบ และพืชสามารถหลั่งสารจากรากเพื่อยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้ ฉะนั้นจึงมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่เกษตรกรใส่ให้กับอ้อย Mawan and Kaewpradit (2022) ได้ศึกษาอิทธิพลของสารที่ปลดปล่อยจากรากอ้อย 3 สายพันธุ์ ต่อขบวนการไนตริฟิเคชัน เปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่สารที่สกัดจากรากอ้อย และดินที่มีการใส่สารยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันสังเคราะห์ ได้แก่ dicyandiamide (DCD) พบว่าสารหลั่งจากรากพันธุ์อ้อยมีความสามารถในการยับยั้งไนตริฟิเคชัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งระหว่าง 45.39 ถึง 84.29% โดยวัดได้จากอัตราการผลิตไนเตรตของสารละลายดิน (ภาพที่ 1) โดยพบว่าสารละลายที่สกัดได้จากรากของอ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*) มีความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้มากที่สุด (84.9%) รองลงมาคือพันธุ์อ้อยทอง 13 (80.9%) ขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีความสามารถยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้น้อยที่สุด (45.4%) ทั้งนี้พบว่าในดินกรรมวิธีควบคุม และการใช้สารยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันสังเคราะห์ (DCD) มีค่าการยับยั้งอัตราการไนตริฟิเคชันน้อยที่สุด จากผลการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้กล่าวว่าเนื่องจากคุณสมบัติของดินที่ศึกษาค่อนข้างเป็นกรด ซึ่งส่งผลต่อศักยภาพการยับยั้งอัตราการไนตริฟิเคชันของ DCD

เมื่อทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียในดิน พบว่าในดินที่ไม่มีการใส่สารสกัดจากรากอ้อย (bare soil) มีปริมาณแอมโมเนียมน้อยที่สุดในทุกช่วงที่มีการตรวจวัดตั้งแต่ 0-60 วัน หลังจากใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (ภาพที่ 2) ขณะที่ดินที่ใส่น้ำสกัดจากรากอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีแนวโน้มมีปริมาณแอมโมเนียมมากที่สุด รองลงมาคืออ้อยพันธุ์อ้อยทอง 13 และอ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*) ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามพบว่า ปริมาณไนเตรตในดินจะสูงสุดในดินที่ไม่มีการใส่สารสกัดจากรากอ้อย (Bare soil) ซึ่งสูงกว่าดินที่มีการใส่สารสกัดจากรากอ้อยทั้ง 3 สายพันธุ์มาก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตในดินของอ้อย 3 พันธุ์ พบว่าดินที่มีการใส่สารสกัดจากรากอ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*) มีปริมาณไนเตรตสูงที่สุด รองลงมาคืออ้อยพันธุ์อ้อยทอง 13 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ที่มา: Mawan and Kaewpradit (2022)

ภาพที่ 1 อัตราการผลิตไนเตรต-N ($\text{NO}_3\text{-N}$) และการยับยั้งไนตริฟิเคชันทางชีวภาพของอ้อยสายพันธุ์ต่างกัน และสารยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันสังเคราะห์ (DCD) แถบข้อผิดพลาดระบุข้อผิดพลาดมาตรฐาน ($n = 4$) ตัวอักษรต่างๆ บ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามการทดสอบ LSD ($p < 0.05$)



ที่มา: Mawan and Kaewpradit (2022)

ภาพที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียม (a) และไนเตรต (b) ในดินที่ปลูกอ้อยพันธุ์ที่ต่างกันที่อายุ 60 วันหลังการให้ปุ๋ยไนโตรเจน (DANF) ตัวอักษรที่เหมือนกันในจุดเดียวกันแสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี LSD (Standard deviation $n = 3$)

อิทธิพลของสารคัดหลั่งน้ำหนักแห้งราก มวลชีวภาพ และการดูดใช้ในโตรเจนอ้อย

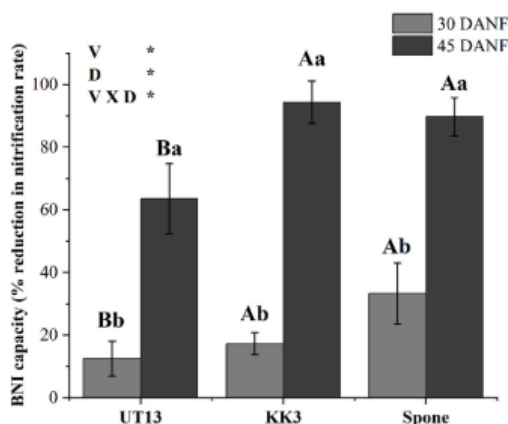
จากผลการศึกษาของ Mawan and Kaewpradit (2022) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของสารที่ปลดปล่อยจากรากอ้อย 3 สายพันธุ์ ที่พบว่าอ้อยสายพันธุ์ป่า และพันธุ์อุทอง 13 มีความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้มากที่สุด รองลงมาคืออ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 จึงได้ทดสอบต่อเพื่อดูศักยภาพการของมวลชีวภาพ การดูดใช้ในโตรเจน และน้ำหนักแห้งรากของอ้อย 3 สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบภายใต้สภาพการปลูกในดิน พบว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีน้ำหนักแห้งรากอ้อย และดูดใช้ในโตรเจนสูงที่สุด (ตารางที่ 1) รองลงมาคือสายพันธุ์อุทอง 13 และสายพันธุ์ป่า ตามลำดับ ทั้งนี้ผลนี้แสดงให้เห็นถึงสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพได้สูง ไม่ได้เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งราก มวลชีวภาพ และการดูดใช้ในโตรเจนสูงด้วย ทั้งนี้การวิจัยได้มีการเก็บข้อมูลศักยภาพของสาร BNI ในการลดลงของขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพร่วมด้วย โดยเก็บข้อมูลดินที่ 30 และ 45 หลังจากการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตลงในดินที่มีการปลูกอ้อย 3 สายพันธุ์เปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการปลูกอ้อยเลย ซึ่งผลที่พบยืนยันว่า BNI ของอ้อยทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพได้ภายใต้สภาพการปลูกในดิน ซึ่งศักยภาพการยับยั้งจะเพิ่มสูงมากขึ้นตามความยาวนานของช่วงเวลาหลังการใส่ปุ๋ย (ที่ 45 วันหลังการใส่ปุ๋ยสูงกว่าที่ 30 วันหลังการใส่ปุ๋ย (ภาพที่ 3))

ตารางที่ 1 อิทธิพลของสารคัดหลั่งจากรากอ้อยพันธุ์ที่ต่างกัน ต่อน้ำหนักแห้งราก มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในอ้อย

Variety	Root biomass g m ⁻²	Aboveground biomass	Plant N uptake
UT13	494.5 b	1138.8 b	5.4 b
KK3	668.5a	1404.2a	6.9a
Spone	327.6c	917.0c	4.4c
F-test	**	**	**
CV (%)	6.40	8.46	5.83

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์บ่งบอกถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญที่ $p < 0.01$

ที่มา: Mawan and Kaewpradit (2022)

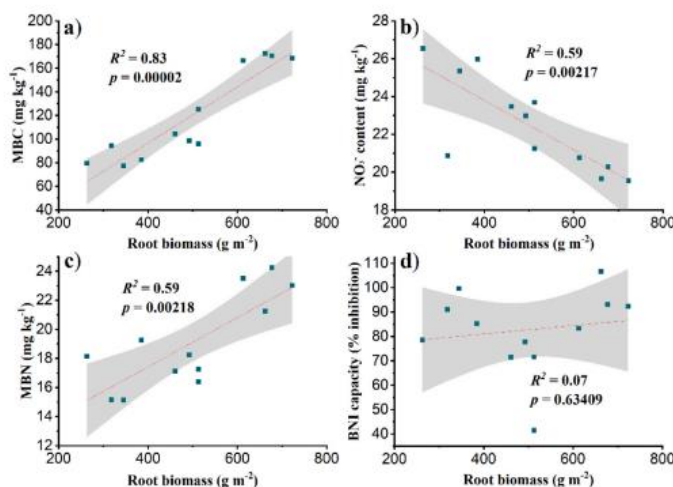


ที่มา: Mawan and Kaewpradit (2022)

ภาพที่ 3 ผลของการลดลงของขบวนการไนตริฟิเคชัน (%) ในอ้อย 3 สายพันธุ์หลังการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 30 และ 45 วัน ตัวพิมพ์ใหญ่บ่งบอกถึงความแตกต่างทางสถิติแตกต่างระหว่างพันธุ์ในวันที่สุ่มตัวอย่างเดียวกัน ($p < 0.05$) ตัวพิมพ์เล็กบ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างวันที่สุ่มตัวอย่าง ($p < 0.05$) (Standard deviation $n=3$)

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งราก และจุลินทรีย์ชีวมวลคาร์บอน จุลินทรีย์ชีวมวลไนโตรเจนในดิน ปริมาณไนเตรตในดิน และความสามารถในการยับยั้งของ BNI

จากผลการศึกษาของ Mawan and Kaewpradit (2022) ที่ได้พบว่าสารที่ปลดปล่อยจากรากอ้อย 3 สายพันธุ์มีความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้ และพันธุ์อ้อยมีการตอบสนองที่ต่างกัน จึงได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากอ้อย กับจุลินทรีย์ชีวมวลคาร์บอน จุลินทรีย์ชีวมวลไนโตรเจนในดิน ปริมาณไนเตรตในดิน และความสามารถในการยับยั้งของ BNI ซึ่งพบว่า น้ำหนักแห้งราก มีความสัมพันธ์สูงกับจุลินทรีย์ชีวมวลคาร์บอน ($R^2=0.83^{**}$) ปริมาณไนเตรตในดิน ($R^2=0.59^{**}$) และจุลินทรีย์ชีวมวลไนโตรเจน ($R^2=0.59^{**}$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของน้ำหนักแห้งรากกับความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันของ BNI ($R^2=0.07^{ns}$) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของรากอ้อยที่ 60 วันหลังใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับจุลินทรีย์ชีวมวลคาร์บอน จุลินทรีย์ชีวมวลไนโตรเจนในดิน ปริมาณไนเตรตในดิน และความสามารถในการยับยั้งของ BNI การแรงแงสีเทาแสดงถึงช่วงความเชื่อมั่น 95% MBC=microbial biomass carbon, MBN=microbial biomass nitrogen และ BNI=สารควบคุมขบวนการไนตริเคชั่นทางชีวภาพ

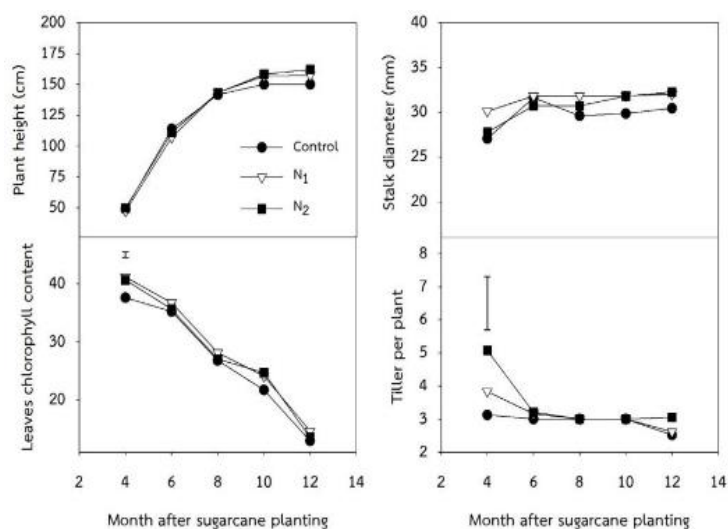
ที่มา: Mawan and Kaewpradit (2022)

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในอ้อย

นิพนธ์ และวรรณวิภา (2565) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่แตกต่างกัน ต่อองค์ประกอบผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในอ้อยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยอัตราไนโตรเจนที่ศึกษาได้แก่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Control) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1 เท่าตามคำแนะนำ (N1) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 เท่าของคำแนะนำ (N2) พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ความเขียวของใบ (SPAD) และจำนวนกอของอ้อยในทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 5) ยกเว้นเพียงแค่จำนวนกอของอ้อยที่อายุ 4 เดือนเท่านั้นที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 2 เท่าของคำแนะนำจะให้จำนวนกอมากที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และค่าซีซีเอสพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 เท่าตามคำแนะนำอัตราสามารถช่วยเพิ่มจำนวนต้นต่อไร่ ผลผลิตอ้อย ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดได้ ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1 เท่าตามคำแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยจะให้องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตต่ำที่สุดในทุกลักษณะ ทั้งนี้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของซีซีเอสของอ้อย (ตารางที่ 2)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน (1 เท่า และ 2 เท่าตามคำแนะนำ) ต่อประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (NUpE) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (NUE) และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE) ของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1 เท่า และ 2 เท่าตามคำแนะนำไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (NUpE) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (NUE) แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 เท่าตามคำแนะนำมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1 เท่าตามคำแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน (1เท่า และ2เท่าตามคำแนะนำ) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ยูรีเอสในดิน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 ผลของอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่ต่างกันต่อความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ความเขียวของใบ (SPAD) และจำนวนกอของอ้อยที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก (MAP)

ที่มา : นิพนธ์ และ วรณวิภา (2565)

ตารางที่ 2 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกันต่อจำนวนต้นต่อไร่ ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ระยะเก็บเกี่ยว

Treatments	Stalk number (stalk/rai)	Cane yield (ton/rai)	C.C.S (%)	Total N (kg/rai)	Total P (kg/rai)	Total K (kg/rai)
Control	9,670 ^{c1/}	3.97 ^c	12.43	6.11 ^b	0.87 ^b	7.38 ^c
N1	11,280 ^b	7.17 ^b	12.31	9.62 ^a	1.55 ^{ab}	15.08 ^b
N2	14,824 ^a	9.08 ^a	12.15	10.06 ^a	1.94 ^a	21.63 ^a
F-test	**	**	ns	**	*	**
CV (%)	7.36	36.65	3.09	25.31	50.44	41.11

*,** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์บ่งบอกถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญที่ $p < 0.01$

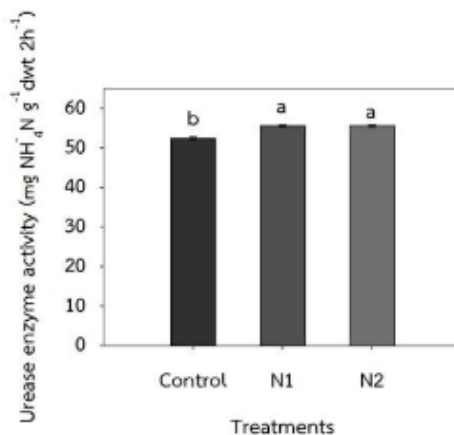
ที่มา : นิพนธ์ และ วรณวิภา (2565)

ตารางที่ 3 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกันต่อประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (NUpE) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (NUE) และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE) ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ระยะเก็บเกี่ยว

Treatments	NUpE	NUE	NUE
N1	0.11	979.82	106.75
N2	0.09	1630.89	132.28
t-test	ns	ns	*
C.V. (%)	24.84	43.78	11.42

หมายเหตุ: =ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *= แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (unpaired t-test) NUpE คือค่าประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน, NUE คือค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต และ NUE คือประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUpE x NUE)

ที่มา : นิพนธ์ และ วรณวิภา (2565)

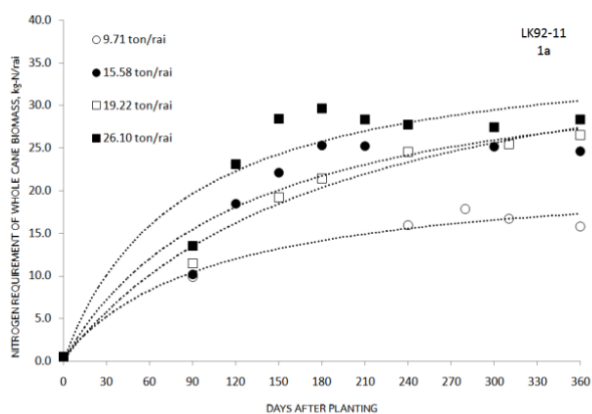


ภาพที่ 6 ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมเอนไซม์ยูรีเอสในดินที่ปลูกอ้อยที่อายุ 12 เดือน

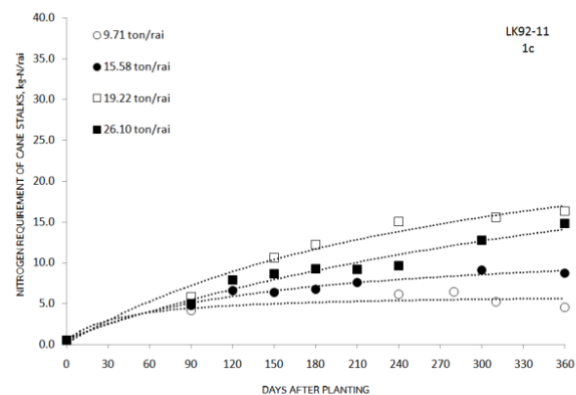
ที่มา : นิพนธ์ และ วรณวิภา (2565)

ความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการปลูกอ้อย

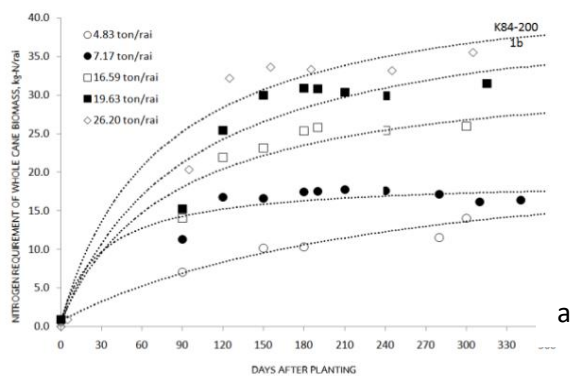
กุมุท และ คณะ (2561) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการดูดใช้ในโตรเจนของอ้อยพันธุ์ LK92-11 และพันธุ์ K84-200 โดยทำการเก็บข้อมูลจากแปลงปลูกอ้อยที่มีผลผลิตที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15, 20 หรือ 25 ตันต่อไร่ ทำการเก็บตัวอย่างอ้อยทุก ๆ 30 วัน เป็นเวลา 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน พบว่า อ้อยทั้ง 2 พันธุ์ มีรูปแบบการดูดใช้ในโตรเจนที่คล้ายกัน กล่าวคือเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น การดูดใช้ในโตรเจนของชีวมวลทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุอ้อยที่เพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่เริ่มปลูก จนถึง 180 วันหลังปลูก เมื่ออ้อยมีอายุมากกว่า 180 วันพบว่าจะไม่สะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบอ้อย 2 สายพันธุ์พบว่าในระดับผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน อ้อยพันธุ์ LK92-11 มีการดูดใช้ในโตรเจนของชีวมวลทั้งหมด น้อยกว่าอ้อยพันธุ์ K84-200 แสดงให้เห็นถึงว่าอ้อยพันธุ์ LK92-11 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจน เพื่อสร้างชีวมวลที่ดีกว่าพันธุ์ K84-200 ทั้งนี้ยังพบว่าการดูดใช้ในโตรเจนเพื่อสร้างลำต้นจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดใช้ในโตรเจนของมวลชีวภาพ (ภาพที่ 7)



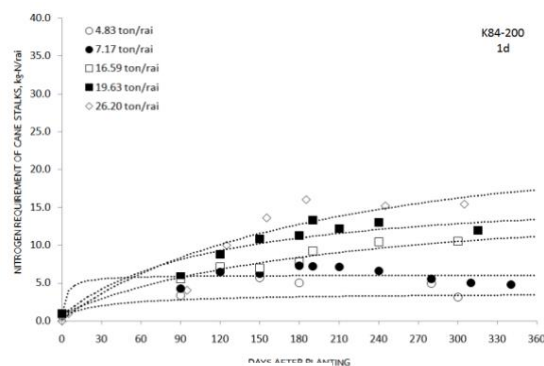
a



c



b



d

ที่มา: กุ่มท และคณะ (2561)

ภาพที่ 7 การดูตใช้ไนโตรเจนของมวลชีวภาพทั้งหมด (a,b) และการดูตใช้ไนโตรเจนของลำต้น (c,d) ของอ้อยพันธุ์ LK92-11 และ K84-200

สรุป

สารคัดหลั่งจากรากอ้อยมีผลต่อการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันโดยพบว่าพันธุ์อ้อยที่ต่างกันมีผลต่อการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันที่แตกต่างกัน จากการรวบรวมเอกสารชี้ให้เห็นว่าอ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*) มีความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้มากที่สุด (84.9%) รองลงมาคือพันธุ์อ้อยทอง 13 (80.9%) ขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีความสามารถยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันได้น้อยที่สุด (45.4%) นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพจะขึ้นอยู่กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนรอบรากพืช ($R^2=0.83^{**}$) มากกว่า BNI ($R^2=0.07^{ns}$) การที่พืชปล่อย root exudate ที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน จะสามารถกระตุ้นจุลินทรีย์รอบรากพืชมีการตรึงไนโตรเจนได้ดี ส่งผลให้แอมโมเนียมถูกดูดเข้าไปอยู่ในตัวของจุลินทรีย์และจำกัดการเปลี่ยนแอมโมเนียมให้เป็นไนเตรต ขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชันทางอ้อม การศึกษาอิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นสองเท่าจากคำแนะนำ ส่งผลทำให้อ้อยมีผลผลิต และการใช้ธาตุอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ยูรีเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาการสลายยูเรีย ด้านการดูดใช้ไนโตรเจน พบว่าอ้อยจะมีความต้องการไนโตรเจนมากจากปลูก จนถึง 180 วัน เพื่อการสร้างมวลชีวภาพและลำต้น หลังจากนั้นการดูดใช้ไนโตรเจนจะไม่เพิ่มสูงขึ้น จากผลงานวิจัยนี้ทำให้ทราบช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อให้ตรงกับความต้องการของอ้อย

เอกสารอ้างอิง

- กุ่มท สักขศิลา, ปุญญिता ตระกูลยิ่งเจริญ และสุชาดา กรุณา. 2018. การดูดใช้ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ อโลหะ สัตส่วน N:S ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย ผลผลิตสูง. เกษตร.46(1): 51-62
- นิพนธ์ มาวัน และ วรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561.ระดับของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนของผลผลิตประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเอนไซม์ยูรีเอสและความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยในสภาพดินทราย.วารสารเกษตรพระวรุณ.15(1): 74-84.
- มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม. 2563. ธาตุอาหารสำคัญของอ้อย. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2565.ที่มา: <http://www.mitrpholmodernfarm.com/>
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.2564.รายงานสถานการณ์ การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/64.สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2565.ที่มา: <http://www.ocsb.go.th>.

- Mawan, N. and Kaewpradit, W. 2022. Sugarcane root exudates impact on the potential nitrification rate and N dynamics in the rhizosphere. *Rhizosphere*.23(1): 1-9.
- Koochekzadeh, A., Fathi, G., Gharineh, M.H., Siadat, S.A., Jafari, S. and Alami-Saeid, K. 2009. Impacts of rate and split application of N fertilizer on sugarcane quality. *Int. J. Agric. Res.* 4(3): 116–123.