

การใช้ไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ในการผลิตข้าวโพด^{1/} Use different nitrogen forms in maize production^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นายจิรภัทร พระสุวรรณ^{2/}
อาจารย์ภาชีตา พุ่มศิริ^{3/}

บทคัดย่อ

ปุ๋ยไนโตรเจน (N) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตข้าวโพด (*Zea mays* L.) บทความนี้มุ่งเน้นการประเมินผลกระทบของรูปแบบไนโตรเจนต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต แคลเซียมไนเตรต และปุ๋ยไนโตรเจนแบบน้ำ ซึ่งการใช้ปุ๋ยเหล่านี้ในอัตราที่ต่างกันภายใต้สภาวะแวดล้อมที่หลากหลายมีผลต่อผลผลิตข้าวโพด ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และคุณภาพโดยรวมของพืช ผลจากการทดลองในแปลงแสดงให้เห็นว่ารูปแบบและอัตราการใช้ไนโตรเจนส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืช ซึ่งการใช้ไนโตรเจนในอัตรา 50 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ โดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนเตรตเป็นส่วนประกอบพบว่ามีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของไนเตรต เช่น แอมโมเนียมไนเตรต และแอมโมเนียมซัลเฟต มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของปุ๋ยเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ประเภทของเนื้อดิน ปริมาณน้ำ และช่วงการเจริญเติบโตของข้าวโพด ในบางกรณียูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตมีประสิทธิภาพมากกว่าแอมโมเนียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรตในการเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน นอกจากนี้ ปุ๋ยไนโตรเจนแบบน้ำ โดยเฉพาะยูเรียแอมโมเนียมไนเตรต (UAN) พบว่า เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ปุ๋ยไนโตรเจนแบบน้ำเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในบางสภาพการเกษตรที่มีวิธีการควบคุมการใช้ปุ๋ย เช่น การให้น้ำหยด ซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซับไนโตรเจนของพืชและปรับการใช้ไนโตรเจนให้ตรงกับความต้องการของพืช แม้ว่าผลจากการศึกษาหลายฉบับจะแสดงถึงศักยภาพที่ดี แต่รูปแบบและอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณา ร่วมกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น คุณสมบัติของดิน การจัดการน้ำ และระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด

คำสำคัญ: ข้าวโพด, รูปของปุ๋ยไนโตรเจน

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

ข้าวโพด (*Zea mays*) เป็นหนึ่งในพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในปี 2566 ข้าวโพดฝักสดทั้งเปลือก สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศคิดเป็นมูลค่าผลผลิตประมาณ 9,872 ล้านบาท และเนื่องจากประเทศไทยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพด โดยเฉพาะข้าวโพดหวาน อีกทั้งคุณภาพข้าวโพดที่ผลิตในประเทศไทยมีคุณภาพตรงตามต้องการของตลาดต่างประเทศ และมีการรับรองมาตรฐานจากหน่วยงานราชการ จึงมีศักยภาพในการขยายกำลังการผลิตมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มลดลง จากข้อมูลการผลิตในปี 2565 ที่มีผลผลิตประมาณ 450,358 ตัน ในขณะที่ปี 2566 เหลือผลผลิตเพียง 447,287 ตัน เนื่องจากปัญหาภัยแล้งในปี 2567 ประกอบกับปัญหาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีคุณภาพ โรคพืช และแมลงศัตรูพืชรบกวน ทำให้ผลผลิตลดลง ตลอดจนปัจจัยการผลิตที่สำคัญสูงขึ้น เช่น ราคาสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ค่าแรงงาน ค่าขนส่ง และราคาปุ๋ย ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2566) หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุที่ขาดแคลน จะช่วยให้ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารเหล่านั้นอย่างเพียงพอ และส่งเสริมให้ข้าวโพดมีผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโต การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมักเกิดการสูญเสียไปกับการชะล้าง หรือการสูญเสียจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน จึงทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปมีประสิทธิภาพลดลง แหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนที่สำคัญที่เกษตรกรนิยมใช้มีหลากหลาย ได้แก่ ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรด แคลเซียมไนเตรด และอื่น ๆ (Li *et al.*, 2021) ไนโตรเจนในสารละลายในดินจะถูกดูดซึมในรูปไอออนบวก (NH_4^+) หรือไอออนลบ (NO_3^-) ซึ่งพืชบางชนิดสามารถดูดซึมได้ในรูปของยูเรียหรือกรดอะมิโน รูปแบบของไนโตรเจนที่ได้รับจากดินส่งผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต คุณภาพโปรตีนในเมล็ดพืช และผลผลิตที่ได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเผาผลาญและการดูดซึมแอมโมเนียมมักใช้พลังงานน้อยกว่ารูปแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม มีเพียงพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีกับแหล่ง NH_4^+ การให้ NH_4^+ มักจะทำให้เกิดการเกิดกรดในบริเวณรากพืช ในขณะที่การให้ NO_3^- จะทำให้เกิดด่าง และการให้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมต่างจากรูปไนเตรดเนื่องจากทำให้เกิดความแตกต่างทางเคมีในพืชอย่างมาก เช่น การยับยั้งไอออนจำเป็นอย่าง K^+ , Ca^{2+} , และ Mg^{2+} (Isaiah *et al.*, 2021) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ ต่อการผลิตข้าวโพด ซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. บทบาทของไนโตรเจนในกระบวนการผลิตพืช

2.1 ความสำคัญของไนโตรเจนในกระบวนการผลิตพืช

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญสูงต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมและการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ในพืช การขาดไนโตรเจนสามารถนำไปสู่การลดลงของผลผลิตและคุณภาพของพืช ทำให้ไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตในการเกษตรอย่างมาก ดังนี้

1) การสร้างโปรตีนและเอนไซม์

โปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์พืชและเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักของกรดอะมิโน ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน การขาดไนโตรเจนจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตช้าและมีใบเหลือง เนื่องจากการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลง

2) การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียวที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำให้พืชสามารถดูดซับแสงเพื่อผลิตพลังงาน หากพืชขาดไนโตรเจน จะทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและลดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตของพืช

3) การเจริญเติบโตของราก

ไนโตรเจนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก ทำให้พืชสามารถดูดซับน้ำและสารอาหารจากดินได้ดีขึ้น การขาดไนโตรเจนจะทำให้รากพืชมีการเจริญเติบโตช้าลง ส่งผลต่อการรับสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตโดยรวมของพืช

4) ผลผลิตและคุณภาพของพืช

การใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และพืชผัก การใช้ไนโตรเจนที่มากเกินไปหรือไม่เพียงพออาจส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของพืชและสิ่งแวดล้อม

การใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมในแปลงข้าวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ช่วยเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 15-20% เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ขาดไนโตรเจน (Peng *et al.* 2014)

ปริมาณไนโตรเจนที่สูงขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้น แต่การใช้ไนโตรเจนเกินความจำเป็นอาจทำให้เกิดการสะสมไนเตรตในพืช ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Ciampitti and Vyn. 2012)

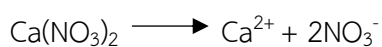
การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในการผลิตพืชในระบบเกษตรที่แตกต่างกัน ซึ่งความเข้าใจและการจัดการไนโตรเจนอย่างถูกต้องจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.2 รูปของไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการผลิตพืช

2.2.1 ไนเตรต

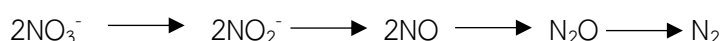
ปุ๋ยไนเตรตมีการเปลี่ยนแปลงในดินดังนี้

1) การละลาย ปุ๋ยไนเตรต ได้แก่แคลเซียมไนเตรต และแอมโมเนียมไนเตรต เป็นปุ๋ยที่ละลายง่าย เมื่อละลายแล้วจะแตกตัวให้ไนเตรตไอออนกับแคตไอออนซึ่งเป็นองค์ประกอบของปุ๋ย ดังนี้



สำหรับไนเตรดไอออนเป็นรูปของไนโตรเจนที่พืชใช้ประโยชน์ง่าย แต่เนื่องจากเป็นแอนไอออน (มีประจุลบ) ส่วนคอลลอยด์ดินก็มีประจุบวกลittle จึงดูดซับกับผิวของคอลลอยด์ดินได้น้อย เป็นเหตุให้สูญหายไปกับการชะล้างได้ง่ายกว่าปุ๋ยแอมโมเนียม

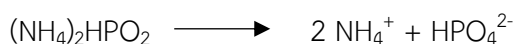
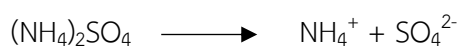
2) ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ของไนเตรดไอออน ปุ๋ยไนเตรดน่าจะมีขอบเขตการใช้เฉพาะพืชไร่ ไม่ควรใช้กับดินนาข้าว เนื่องจากเมื่อไนเตรดไอออนอยู่ในชั้นดินซึ่งขาดออกซิเจน จะถูกจุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobes) รีดิวซ์ไนเตรดไอออนให้เป็นไนไตรต์ไอออน แล้วรีดิวซ์ต่อไปจนกลายเป็นแก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) และไนโตรเจน (N₂) ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช กระบวนการรีดักชันของไนเตรดโดยจุลินทรีย์ดินเรียกว่าดีไนตริฟิเคชันดังนี้ (ยงยุทธ, 2551)



2.2.2 แอมโมเนียม

ปุ๋ยแอมโมเนียมมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1) การละลายและแตกตัวของปุ๋ย เมื่อแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตและไดแอมโมเนียมฟอสเฟต อยู่ในดินที่มีความชื้นเพียงพอ จะละลายน้ำแล้วแตกตัวให้แอมโมเนียมไอออน และแอนไอออนซึ่งเป็นองค์ประกอบของปุ๋ยนั้นดังนี้



2) การดูดซับและการตรึง แอมโมเนียมไอออนส่วนมากจะถูกดูดซับอยู่กับผิวของคอลลอยด์ดิน เพียงส่วนน้อยคงอยู่ในสารละลายของดิน โดยทั้งสองรูปนี้ยังคงเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่จะมีแอมโมเนียมไอออนส่วนหนึ่งถูกตรึงอยู่ในหลัของแร่ดินเหนียวอัลโลสและเวอร์มิคิวโลส ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ยงยุทธ, 2551)

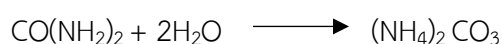
2.2.3 ยูเรีย

เมื่อใส่ยูเรียในดินที่มีความชื้นพอประมาณ จะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

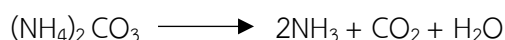
1) การละลายและแปรสภาพ เนื่องจากยูเรียเป็นสารที่ละลายน้ำง่าย เมื่อใส่ในดินที่มีความชื้นพอเหมาะจะละลายอย่างรวดเร็ว ต่อจากนั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ คือ

1.1). รากพืชอาจดูดโมเลกุลยูเรียจากสารละลายของดินไปใช้ได้โดยตรง

1.2) ยูเรียในดินจะถูกเอนไซม์ยูรีเอส (urease) แปรสภาพให้เป็นแอมโมเนียมคาร์บอเนต ดังนี้



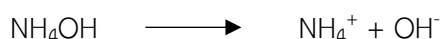
1.3) เนื่องจากแอมโมเนียมคาร์บอเนตเป็นเกลือที่ไม่มีเสถียรภาพ จึงสลายตัวต่อไป



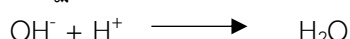
ทั้งแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการสลายตัวของแอมโมเนียม คาร์บอเนต มีสถานะเป็นแก๊ส ดังนั้นถ้าหว่านยูเรียบนผิวดินโดยไม่พรวนกลบหรือรดน้ำ แก๊สดังกล่าวจะระเหยออกไปจากดินง่าย เป็นเหตุให้นโตรเจนสูญหายไปจากดินมาก ดังนั้นการพรวนกลบปุ๋ยหรือรดน้ำ ให้ปุ๋ยละลายลงไปได้ผิวดิน จะช่วยอนุรักษ์ยูเรียให้เป็นประโยชน์แก่พืชมากยิ่งขึ้น

1.4) แอมโมเนียที่คงอยู่ในดินจะละลายน้ำได้แอมโมเนียมไฮโดรอกไซด์ ดังนั้นบริเวณ รอบ ๆ เม็ดปุ๋ยจะเป็นด่างจัด หากใส่ปุ๋ยชิดกับเมล็ดพืชหรือรากพืชแล้ว อาจเป็นพิษแก่ส่วนของพืชเหล่านี้ได้ แต่การเพิ่มพีเอชของดินจะเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวในบริเวณเล็ก ๆ ที่สัมผัสกับปุ๋ยเท่านั้น แต่ในดินกรด แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนจากดินได้แอมโมเนียมไอออน

2) พีเอชของดินกับการสูญเสียไนโตรเจน แอมโมเนียมไฮโดรอกไซด์ที่เกิดจากการแปรสภาพของยูเรีย อาจเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ 2 ทาง กล่าวคือ ถ้าดินเป็นกรดจะแตกตัวเป็นแอมโมเนียม ไอออนและไฮดรอกซิลไอออน



ส่วนไฮดรอกซิลไอออนจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินของดินกรดได้น้ำ



แต่ถ้าดินเป็นด่างหรือดินเนื้อปูน (calcareous soils) แอมโมเนียมไฮโดรอกไซด์จะ แตกตัวให้แอมโมเนียและน้ำอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้



ด้วยเหตุนี้การใช้ปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยแอมโมเนียมในดินต่าง จึงมักมีการสูญเสีย แอมโมเนียมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในดินกรด (ยงยุทธ, 2551)

3. การเปรียบเทียบผลของการใช้ในโตรเจนรูปต่าง ๆ

Isaiah O. Ochieng *et al.* (2021) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตข้าวโพด ประสิทธิภาพของไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนในเมล็ดพืชภายใต้รูปแบบและอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกัน การทดลองจัดขึ้นในรูปแบบแปลงย่อย โดยปัจจัยแปลงใหญ่เป็นปุ๋ยสามชนิดและแปลงย่อยเป็นสักระดับของไนโตรเจน (0, 25, 50, และ 100 กก. N ต่อเฮกตาร์) โดยมีการทำซ้ำสามครั้ง เนื้อเยื่อพืชถูกวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการดูดซับไนโตรเจนทั้งหมด ผลผลิตเมล็ดและลำต้น และปริมาณโปรตีนในเมล็ดถูกกำหนดเมื่อถึงช่วงสุก ซึ่งพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 50 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ในขณะที่ ผลการทดลองของ Haoru Li ซึ่งผลการทดลองไม่สอดคล้อง Haoru Li *et al.* (2021) ได้ศึกษา ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อผลผลิตประสิทธิภาพการใช้น้ำและไนโตรเจนของข้าวสาลีและข้าวโพดที่ให้ปุ๋ยน้ำหยดในที่ราบภาคเหนือของจีน ทำการทดลองโดยมี 5 ทรีตเมนต์ คือ ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต แคลเซียมไนเตรต และตัวควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน CK) การทดลองสามซ้ำถูกจัดเรียงแบบบล็อกแบบสุ่ม ซึ่งพบว่า การใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตให้ผลผลิตสูงกว่าแอมโมเนียมไนเตรตและแคลเซียมไนเตรต รวมถึงประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Baizao Ren *et al.* (2021) ได้ศึกษา ผลกระทบของ

ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำและไนโตรเจนของข้าวสาลีและข้าวโพดที่ให้ปุ๋ยน้ำหยดในที่ราบภาคเหนือของจีน การศึกษาดำเนินการในสองฤดูการข้าวโพด ในปี 2018 – 2019 ประเภทการใส่ปุ๋ยถูกกำหนดไว้สองประเภท ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจนเชิงทั่วไป-ยูเรียธรรมดา (ปริมาณไนโตรเจน 46%) และปุ๋ยไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ UAN (ปริมาณไนโตรเจน 32% อัตราส่วนของไนโตรเจนไนเทรต ไนโตรเจนแอมโมเนียม และไนโตรเจนอะไมด์คือ 1:1:2 ตามลำดับ) ใช้ทรีตเมนต์ ไนโตรเจนที่ไม่ได้รับปุ๋ยเป็นตัวควบคุม (N0) ที่ระยะใบที่ 6 (V6) และระยะใบที่ 12 (V12) ปุ๋ยไนโตรเจนจะถูกฉีดพ่นโดยวิธีการพ่นขนาดเล็กในอัตราส่วน 4:6 วางสายพ่นพ่นขนาดเล็กระหว่างแถวข้าวโพด และปุ๋ยไนโตรเจนจะถูกฉีดเข้าไปในท่อพร้อมน้ำ (ประมาณ 10 ลิตรต่อตารางเมตร) เพื่อฉีดพ่น ทรีตเมนต์ N0 ถูกฉีดพ่นด้วยน้ำปริมาณเท่ากัน ปุ๋ยฟอสเฟต (P2O5) และปุ๋ยโพแทสเซียม (K2O) ถูกนำไปใช้ครั้งเดียวสำหรับทรีตเมนต์ทั้งหมดเพื่อเตรียมดินก่อนหว่านเมล็ด อัตราของ P2O5 และ K2O อยู่ที่ 52.5 และ 67.5 กก. ต่อเฮกตาร์ตามลำดับ แต่ละทรีตเมนต์ ทำซ้ำสามครั้งในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า การใช้ UAN ให้ผลผลิตสูงที่สุดรวมถึงประสิทธิภาพการใช้น้ำไนโตรเจนดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 1 ผลผลิตธัญพืชต่อเฮกตาร์ (t ha^{-1})

Season	Treatment	Rate (kg N ha^{-1})	Grain yield (t ha^{-1})
2019 shot rains	Ammonium	0	2.08±0.09c
		25	2.88±0.00b
		50	3.81±0.04a
		100	3.88±0.07a
	Nitrate	0	2.07±0.07d
		25	2.89±0.16c
		50	5.06±0.17a
		100	3.74±0.08b
2020 long rains	Urea	0	2.07±0.04c
		25	2.83±0.13b
		50	3.54±0.12a
		100	3.61±0.10a
	Ammonium	0	1.65±0.07c
		25	1.80±0.03b
		50	2.48±0.04a
		100	2.47±0.07a
2020 long rains	Nitrate	0	1.65±0.04c
		25	2.44±0.04b
		100	2.89±0.03a
	Urea	0	1.67±0.05d
		25	1.98±0.03c
		50	2.30±0.04b
		100	2.48±0.04a

Down the column (within the same treatment), means followed by the same superscript letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD test

ที่มา: Isaiah O. Ochieng *et al.* (2021)

ตารางที่ 2 ดัชนีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน: ประสิทธิภาพการดูดซึมไนโตรเจน (NuPE), ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (ANUE), สัดส่วนของผลผลิตต่อปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ (NPFP) ($\pm$ หมายถึงข้อผิดพลาดมาตรฐาน) ที่ได้รับผลกระทบจากทรีตเมนต์ (รูปแบบไนโตรเจน) ในอัตราที่แตกต่างกันในปี 2562 ฝนตกสั้นและฝนตกยาวในปี 2563

Season	Treatment	Rate (kg N ha ⁻¹)	N use efficiency indices		
			NuPE	ANUE	NPFP
2019 Shot rains	Ammonium	25	6.74 $\pm$ 0.05c	41.06 $\pm$ 1.27b	134.21 $\pm$ 1.89b
		50	14.53 $\pm$ 0.30a	108.94 $\pm$ 1.31a	176.07 $\pm$ 4.27a
		100	13.11 $\pm$ 0.08b	111.09 $\pm$ 1.41a	124.00 $\pm$ 1.79c
	Nitrate	25	8.01 $\pm$ 0.07c	139.88 $\pm$ 2.35b	157.14 $\pm$ 3.68b
		50	12.79 $\pm$ 0.18a	197.99 $\pm$ 4.70a	199.67 $\pm$ 2.67a
		100	11.73 $\pm$ 0.09b	201.65 $\pm$ 4.36a	119.66 $\pm$ 4.56c
	Urea	25	3.67 $\pm$ 0.05c	62.78 $\pm$ 2.00c	38.36 $\pm$ 1.53b
		50	8.18 $\pm$ 0.15a	72.72 $\pm$ 3.00b	43.79 $\pm$ 2.06a
		100	7.20 $\pm$ 0.09b	103.54 $\pm$ 3.58a	33.78 $\pm$ 2.86c
2020 long rains	Ammonium	25	2.06 $\pm$ 0.01c	29.55 $\pm$ 0.76b	22.55 $\pm$ 0.25b
		50	8.90 $\pm$ 0.15a	69.83 $\pm$ 3.88a	23.88 $\pm$ 1.10a
		100	7.81 $\pm$ 0.06b	72.91 $\pm$ 1.77a	20.32 $\pm$ 0.73c
	Nitrate	25	4.06 $\pm$ 0.01c	76.29 $\pm$ 0.75b	66.95 $\pm$ 0.29b
		50	6.24 $\pm$ 0.07a	140.48 $\pm$ 1.05a	69.30 $\pm$ 0.51a
		100	5.96 $\pm$ 0.09b	141.00 $\pm$ 0.23a	64.36 $\pm$ 1.36c
	Urea	25	1.58 $\pm$ 0.03c	25.48 $\pm$ 1.84b	12.53 $\pm$ 0.50b
		50	4.69 $\pm$ 0.13a	32.03 $\pm$ 2.19a	13.24 $\pm$ 0.78a
		100	2.74 $\pm$ 0.04b	33.80 $\pm$ 2.11a	11.26 $\pm$ 0.31c

Within a column for each treatment, means followed by different superscript letters differ significantly at $p \leq 0.05$ by LSD test

ที่มา: Isaiah O. Ochieng *et al.* (2021)

ตารางที่ 3 แสดงผลผลิตของข้าวโพดฤดูร้อน ระหว่าง 2012 – 2015

Year	Treatment	Summer maize	
		Ear number (10^3 ha^{-1})	1000-kernel weight(g)
2012 - 2013	CK	49.9c	205.0b
	Urea	53.6a	222.0a
	Ammonium nitrate	49.2bc	220.5a
	Ammonium sulfate	50.8b	217.0ab
	Calcium nitrate	52.8a	217.2ab
2013 - 2014	CK	53.1b	266.3b
	Urea	60.8a	288.9a
	Ammonium nitrate	61.7a	279.2
	Ammonium sulfate	60.8a	288.0a
	Calcium nitrate	59.7a	286.1a
2014 – 2015	CK	56.1b	273.7b
	Urea	62.2a	289.9a
	Ammonium nitrate	59.2ab	287.6a
	Ammonium sulfate	60.0ab	291.9a
	Calcium nitrate	58.9ab	287.8a

Different lowercase letters in the same growth season indicate significant differences among N fertilizer treatments at $p < 0.05$ using least significant differences test. and indicate significant effects at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. NS indicates no significant effect. CK: no nitrogen fertilizer application; Urea: urea applied by drip fertigation; Ammonium nitrate: ammonium nitrate applied by drip fertigation; Ammonium sulfate: ammonium sulfate applied by drip fertigation; Calcium nitrate: calcium nitrate applied by drip fertigation.

ที่มา: Haoru Li *et al.* (2021)

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการฟื้นฟู (RE_N) และประสิทธิภาพทางการเกษตร (AE_N) ของข้าวโพดฤดูร้อน ภายใต้การทดลองต่าง ๆ ในช่วงปี 2013 – 2015

Treatment	Summer maize 2013	
	RE _N (kg kg ⁻¹)	AE _N (kg kg ⁻¹)
Urea	0.13Ba	5.00Ba
Ammonium nitrate	0.04Bc	1.19Bc
Ammonium sulfate	0.07Bbc	2.79Bb
Calcium nitrate	0.11Bab	4.31Ba
Summer maize 2014		
Urea	0.32Aa	10.63Aa
Ammonium nitrate	0.16Ab	8.18Ab
Ammonium sulfate	0.24Ab	10.30Aa
Calcium nitrate	0.23Ab	9.16Aab
Summer maize 2015		
Urea	0.31Aa	9.68Aa
Ammonium nitrate	0.25Aa	8.56Aa
Ammonium sulfate	0.20Aa	10.14Aa
Calcium nitrate	0.27Aa	8.12Aa
Mean (2013 - 2015)		
Urea	0.25a	8.44a
Ammonium nitrate	0.15b	5.97c
Ammonium sulfate	0.17b	7.74ab
Calcium nitrate	0.20ab	7.20b
ANOVA		
N fertilizer	**	**
Year (Y)	*	**
Y × N fertilizer	NS	**

Different lowercase letters in the same growth season indicate significant differences among N fertilizer treatments at

$p < 0.05$ using least significant differences test. Different uppercase letters in the same treatment indicate significant differences among growth seasons at $p < 0.05$ using least significant differences test. * and ** indicate significant effects at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. NS indicates no significant effect. Urea: urea applied by drip fertigation; Ammonium nitrate: ammonium nitrate applied by drip fertigation; Ammonium sulfate: ammonium sulfate applied by drip fertigation; Calcium nitrate: calcium nitrate applied by drip fertigation.

ที่มา: Haoru Li *et al.* (2021)

ตารางที่ 5 แสดงผลกระทบของประเภทปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวโพด

Year	Treatment	1000 grain yield (g)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)
2019	NO	278b	6,197c
	Urea	339a	13,479b
	UAN	345a	14,469a
2020	NO	318b	8,396c
	Urea	364a	13,478b
	UAN	371a	14,469a
ANOVA			
Year (Y)		NS	NS
Treatment (T)		*	*
Y × T		*	NS

Values followed by a different small letter within a column are significantly different at 5% probability level. Differences between treatments were calculated within the hybrids for each particular year. NS, Not significant. *Significant at the 0.05 probability level.

ที่มา: Baizao Ren *et al.* (2021)

ตารางที่ 6 แสดงประสิทธิภาพของชนิดปุ๋ยไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในข้าวโพดฤดูร้อน

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนทางการเกษตร (NAE) อัตราพึ่งพาไนโตรเจนในดิน (SNDR) ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน (NRE)

Year	Treatment	NAE (kg/kg)	SNDR (%)	NRE (%)
2019	Urea	34.68b	44.87a	66.33b
	UAN	41.62a	38.82b	87.04a
2020	Urea	24.20b	45.64a	55.99b
	UAN	28.92a	39.34b	73.45a
ANOVA				
Year (Y)		*	NS	*
Treatment (T)		*	*	*
Y × T		*	NS	NS

NAE, Nitrogen agronomic efficiency; SNDR, Soil nitrogen dependency rate; NRE, Nitrogen recovery efficiency.

Values followed by a different small letter within a column are significantly different at 5% probability level. Differences between treatments were calculated within the hybrids for each particular year. NS, Not significant. *Significant at the 0.05 probability level.

ที่มา: Baizao Ren *et al.* (2021)

4. สรุป

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรต ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่ารูปแบบของไนโตรเจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชอย่างชัดเจน โดยแอมโมเนียมไนเตรตที่ใช้อัตรา 50 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบไนโตรเจนอื่น ๆ การใช้แคลเซียมไนเตรตและยูเรียให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในสภาพดินที่ต่างกัน แคลเซียมไนเตรตเหมาะกับดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย และช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนผ่านการชะล้าง ขณะที่ยูเรียเหมาะสมในสภาวะดินที่ไม่เป็นด่างมาก แต่ต้องระวังการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียหากไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้อง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้และการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพด โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพดินและน้ำ รวมถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมและการจัดการทรัพยากรที่ดีช่วยให้การผลิตข้าวโพดเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. ข้าวโพดหวาน. แหล่งที่มา: http://www.agriman.doe.go.th/home/news/2567/56sweet_corn.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2567.
- Haoru Li a, Xurong Mei a, Vinay Nangia b, Rui Guo a, Yuee Liu c, Weiping Hao a, and Jiandong Wang. 2021. Effects of different nitrogen fertilizers on the yield, water- and nitrogen-use efficiencies of drip-fertigated wheat and maize in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 243.
- Ignacio A. Ciampitti, and Tony J. Vyn. 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research* 133:48-67.
- Isaiah O. Ochieng, Harun I. Gitari, Benson Mochoge, Esmaeil Rezaei-Chiyaneh and Joseph P. Gweyi-Onyango. 2021. Optimizing Maize Yield, Nitrogen Efficacy and Grain Protein Content under Different N Forms and Rates. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21:1867–1880
- Shaobing Peng, Roland J. Buresh, Jianliang Huang, Xuhua Zhong, Yingbin Zou, Jianchang Yang, Guanghuo Wang, Yuanying Liu, Ruifa Hu, Qiyuan Tang, Kehui Cui, Fusuo Zhang and Achim Dobermann. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site specific N management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30:649-656