



ปัญหาพิเศษ

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม
พันธุ์นครสวรรค์ 5 ต่ออัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

**Physiological Responses of Maize Nakhon Sawan 5 Hybrid to Rate and
Split Applications of Nitrogen Fertilizer**

โดย

นางสาวจันจิรา เพชรศิลา

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

.....
วิทยาศาสตร์เกษตร

.....
พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ต่ออัตรา
และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

Physiological Responses of Maize Nakhon Sawan 5 Hybrid to Rate and
Split Applications of Nitrogen Fertilizer

นามผู้วิจัย นางสาวจันจิรา เพชรศิลา

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก
(..... อาจารย์อรุณี วงษ์แก้ว, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม
(..... อาจารย์วีรชัย มัชยศักดิ์ถาวร, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรหมโชติ, Ph.D.)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2566

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ต่ออัตรา
และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

Physiological Responses of Maize Nakhon Sawan 5 Hybrid to Rate
and Split Applications of Nitrogen Fertilizer

โดย

นางสาวจันจิรา เพชรศิลา

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

จันจิรา เพชรศิลา 2565: การตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์
นครสวรรค์ 5 ต่ออัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขา
วิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์อรุณี วงษ์แก้ว, Ph.D.
43 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณและการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนต่อการ
เติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก
สมบูรณ์ จัดตั้งทดลองแบบแฟกทอเรียล 2×3 จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ อัตราปุ๋ย
ในโตรเจน 2 อัตรา ได้แก่ 2 และ 4 เท่าของปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน และการแบ่ง
ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราส่วนของปุ๋ยรองพื้น ต่อ ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1 ต่อ ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2
จำนวน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0 เก็บข้อมูลความสูงต้น พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ
ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก และปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะกำหนด
เมล็ด ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจน 4 เท่าของปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน มี
ผลให้พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ
ทั้งหมดของใบเหนือใบรองฝัก สูงกว่าการใส่ปุ๋ยในโตรเจน 2 เท่าของปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตามค่า
วิเคราะห์ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 44, 44, 10, 21, 25 และ 16 ตามลำดับ พบ
อิทธิพลร่วมระหว่างอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนต่อความสูงต้น โดยการใส่ปุ๋ยในโตรเจน 4
เท่าของปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินที่อัตราส่วน 2:6:2 ให้ความสูงต้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ย
ในโตรเจน 2 เท่าของปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินที่อัตราส่วน 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0
คิดเป็นร้อยละ 40, 26 และ 30 ตามลำดับ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และทั้งหมดมีสหสัมพันธ์ในเชิง
บวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเขียวใบ

จันจิรา

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

6 / 04 / 2566

ABSTRACT

Janjira Petchsila 2022: Physiological Responses of Maize Nakhon Sawan 5 Hybrid to Rate and Split Applications of Nitrogen Fertilizer Bachelor's special problem in Agricultural Science, Department of Agronomy. Special problem advisor: Ms. Arunee Wongkaew, Ph.D. 43 pages.

This study aimed to investigate the effects of nitrogen fertilizer rates and split applications on the growth of maize hybrid Nakhon Sawan 5. The experiment followed a Randomized Complete Block Design with four replications, and a 2 x 3 factorial design was utilized, with two nitrogen rates (a rate of two and four times the recommended amount based on soil test) and The split application of nitrogen fertilizer was done in three different rates, with ratios of basal application: first top-dressing application: second top-dressing application set at 2:6:2, 4:4:2, and 5:5:0. were assigned. The study collected data on plant height (PH), leaf area (LA), leaf area index (LAI), SPAD of leaf above ear ($SPAD_{LeE}$), and chlorophyll of the leaf above ear at blister stage (R2). The results indicated that applying nitrogen fertilizer at a rate four times resulted in significantly higher values of LA, LAI, $SPAD_{LeE}$, Chlorophyll *a*, *b*, and total chlorophyll of leaf above ear, as compared to a rate two times. The increases were 44%, 44%, 10%, 21%, 25%, and 16%, respectively. In terms of the interaction effect between rates and split applications of nitrogen fertilizer, a rate four times at 2:6:2 showed a higher plant height compared to a rate two times at 2:6:2, 4:4:2, and 5:5:0, with an increase of 40%, 26%, and 30%, respectively. Additionally, there was a positive correlation between $SPAD_{LeE}$ and chlorophyll *a*, *b*, and total chlorophyll.

จันจิรา

Student's signature



Special Problem Advisor's signature

6 / 04 / 2023

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์อรุณี วงษ์แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก ซึ่งคอยให้คำแนะนำ
ความรู้ และให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนตรวจและแก้ไขให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี ที่ได้อนุเคราะห์บุคคลากร และสถานที่
ดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บพการี ที่ให้กำลังใจ ส่งเสริมการศึกษาแก่ลูกมาโดยตลอด
และมิตรสหายทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในทุก ๆ เรื่อง

นางสาว จันจิรา เพชรศิลา

เมษายน 2566

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	12
อุปกรณ์	12
วิธีการ	13
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	20
ผลและวิจารณ์	21
สรุป	26
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	27
ภาคผนวก	38
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินไร่ก่อนปลูกของ แปลงทดลองสถานีวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี ฤดูแล้ง 2565/66	15
2	อัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แปลงทดลองดินไร่ สถานีวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี ฤดูแล้ง 2565/66	16
3	ผลของอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ที่ระยะกำเนิดเมล็ด (blister, R2).	24
ตารางผนวกที่		
1	การแปรผลค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน	39
2	การแปรผลค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) ของสารละลายดินที่ได้จากการวัด ด้วยอัตราส่วน 1:5 ตามประเภทของเนื้อดิน ณ อุณหภูมิอ้างอิง 25 °C	40
3	ระดับจุลธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน	40
4	การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2564)	41
5	ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การเตรียมแปลง การปลูกและการใส่ปุ๋ย	17
2 แผนภาพแปลงย่อย และผังการเก็บข้อมูล (BR: Border row, NSD: Non destructive sample, DS: Destructive sample)	17
3 แผนผังแปลงย่อย	18
4 พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 5 ภายใต้อัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)	25

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ต่ออัตรา และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

Physiological Responses of Maize Nakhon Sawan 5 Hybrid to Rate and Split Applications of Nitrogen Fertilizer

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2565/66 ประเทศไทยมีผลผลิต 4.95 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 728 กก./ไร่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด 6.81 ล้านไร่ ลดลงจาก 6.86 ล้านไร่ ในปี 2564/65 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) เนื่องจากการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ปุ๋ยเคมี และราคาเชื้อเพลิง มีราคาปรับตัวสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิต แนวทางที่ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้อัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ธีระพงษ์ และคณะ, 2553) ในแต่ละปี ประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูง เพื่อใช้ในภาคการเกษตรสำหรับการเพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2564 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 5.52 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 70,102 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ซึ่งปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุด คือ ปุ๋ยยูเรีย (1.96 ล้านตัน) โดยปุ๋ยชนิดนี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (46 %N) เกษตรกรมักใช้ในปริมาณที่มาก และมีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนไปจากดินได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากสามารถลดการสูญเสียของธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีให้น้อยลง จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้สูงขึ้นได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) การลดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนและลดการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจสามารถทำได้โดยการใช้อัตรา การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราและในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลาย ๆ ครั้ง ช่วยในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้อย่างสูงสุดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว (Baltic Deal Bridge, 2017) ขณะเดียวกัน การเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้เหมาะสมสำหรับการปลูกในพื้นที่ ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยในการรักษา/เพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 เป็นพันธุ์แนะนำสำหรับการเก็บเกี่ยวเร็ว เหมาะสมกับการปลูกต้นฤดูฝนหรือฤดูแล้งที่มักประสบภัยแล้ง สามารถลดความสูญเสียของผลผลิตจากภัยแล้งได้ หากมีการศึกษาเรื่องอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 จะ

เป็นข้อมูลการจัดการธาตุอาหารพืชที่สำคัญในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์อายุสั้น ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อการจัดการใส่ปุ๋ยในไตรเจนต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของปริมาณและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ถูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5

การตรวจเอกสาร

สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไทย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565) รายงานว่า ปี 2565/66 เนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีเนื้อที่ 6.81 ล้านไร่ ลดลงจาก 6.86 ล้านไร่ ในปี 2564/65 คิดเป็นร้อยละ 0.73 เนื่องจากปัจจัยการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ปุ๋ยเคมี และน้ำมันเชื้อเพลิง มีราคาปรับตัวสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น ประกอบกับราคาอ้อยโรงงานและมันสำปะหลังอยู่ในเกณฑ์ดี เกษตรกรจึงปรับเปลี่ยนพื้นที่ไปปลูกพืชอื่นที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่า

ปี 2560 - 2564 ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 8.08 ล้านตัน ในปี 2560 เป็น 8.57 ล้านตัน ในปี 2564 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.31 ต่อปี เนื่องจากความต้องการใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้น ตามการขยายตัวของการเลี้ยงปศุสัตว์ ปี 2565 ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณ 7.98 ล้านตัน ลดลงจาก 8.57 ล้านตัน ในปี 2564 ร้อยละ 6.88 เนื่องจากเกิดปัญหาโรคระบาดในสุกร และมีการปรับเปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีราคาสูง ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มีแนวโน้มลดลง

ทั้งนี้ ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2565 เมื่อเทียบกับปี 2564 ปรับตัวสูงขึ้นในทุกตลาด ตามราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตลาดโลกที่ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้น จากสภาวะภัยแล้งและสภาพอากาศที่แปรปรวนของสหรัฐอเมริกา ผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก และสถานการณ์สงครามระหว่างยูเครน - รัสเซีย ที่ยังไม่มีแนวโน้มว่าจะยุติ

ความสำคัญของปุ๋ย

กรมวิชาการเกษตร (2564) รายงานว่า ปุ๋ย เป็นปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญและเป็นต้นทุนหลักในการผลิตพืช การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช ควรใช้ให้เหมาะสมกับสภาพดิน ชนิดพืช ระยะเวลาที่พืชต้องการ รวมทั้งวิธีการใส่ที่ถูกต้อง และควรทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพืชในแต่ละปี เพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยในการจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตพืชได้อย่างเหมาะสม และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช ลดต้นทุน และเพิ่มรายได้เกษตรกรอย่างมั่นคง และยั่งยืน

สำหรับปุ๋ยไนโตรเจน (nitrogen, N) นิยมใช้เป็นปุ๋ยพื้นรองหรือปุ๋ยแต่งหน้า ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย นิยมใช้มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ ตามลำดับ พืชต้องการปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตราปุ๋ยที่ใช้ต่างกัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้น วิธีปลูก และการบำรุงรักษา พืชควรได้รับปริมาณปุ๋ยที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ถ้าน้อยไปก็จะทำให้พืชไม่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงเท่าที่ควร หรือถ้ามากเกินไปก็จะทำให้เป็นพิษแก่พืช ช่วงระยะความต้องการธาตุอาหารมากที่สุดของพืชแต่ละชนิด จะแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากในการผลิตข้าวโพดหวาน เพราะมีปริมาณธาตุอาหารสูงแม้จะใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ก็ให้ผลทางธาตุอาหารพืชเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ (ปริญญาวดี และ คณะ, 2551) พืชอายุสั้นส่วนใหญ่สามารถแบ่งช่วงความต้องการของธาตุอาหารออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรก ช่วงที่พืชเริ่มงอก พืชต้องการธาตุอาหารน้อยเพราะมีธาตุอาหารสะสมไว้ที่เมล็ด (30-45 วัน) ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นระยะที่กำลังแตกกอ ช่วงระยะกำลังสร้างตาดอก ช่วงที่ 3 เป็นช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ เป็นระยะที่กำลังสร้างเมล็ดและสร้างผล การแบ่งใส่ปุ๋ยสำหรับพืชอายุสั้น เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ถั่วต่าง ๆ อาจแบ่งใส่เป็น 2 ครั้ง คือ ตอนก่อนปลูกและหลังปลูก ประมาณ 20-25 วัน ดังนั้น การใส่ปุ๋ยหลาย ๆ ครั้งจึงทำให้ได้ผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว นอกจากนั้น ก่อนใส่ปุ๋ยควรกำจัดวัชพืชเสียก่อนเพื่อให้พืชที่ปลูกได้รับปุ๋ยอย่างเต็มที่ (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2555)

Baltic Deal Bridge (2017) รายงานว่า ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สูญเสียได้ง่ายและราคาสูง การจัดการไนโตรเจนที่ไม่เหมาะสม เช่น ใช้มากเกินไปความต้องการและใส่ไม่ตรงกับความต้องการของพืช ส่งผลให้พืชไม่สามารถดูดไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินความจำเป็นของพืชส่งผลให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน ทำให้ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และยังทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง การลดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนและลดการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ สามารถทำได้โดยการใช้อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมและใส่ในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลาย ๆ ครั้ง ช่วยในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้อย่างสูงสุดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว

ความสำคัญของไนโตรเจนต่อข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร (2548) รายงานว่า ไนโตรเจนจัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrient elements) พืชต้องการใช้ในปริมาณมากและตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช ความสำคัญของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืชแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) เป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน ไนโตรเจนช่วยให้พืชสร้างโปรตีน ซึ่งโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโครงสร้างโพทโทพลาสซึม ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในเซลล์พืช รวมทั้งโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลของกรดอะมิโนจำนวนมาก จึงมีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช

2) เป็นส่วนประกอบสำคัญอยู่ในเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาภายในพืชให้เป็นปกติ

3) เป็นส่วนประกอบในนิวคลีอัส ที่เกี่ยวข้องกับโครโมโซมในการทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของพืช

4) เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนพืช เช่น ออกซิน (auxin) ซึ่งมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชในด้านการแบ่งเซลล์ เร่งการขยายขนาดเซลล์ ควบคุมการแตกราก ยับยั้งการเจริญของตาข้าง และไซโตคินิน (cytokinin) เป็นฮอร์โมนที่ช่วยสร้างเสริมการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดเซลล์ ส่งเสริมการสร้างโปรตีน การงอกของเมล็ด และชะลอการเสื่อมตามอายุ

5) สารประกอบในสารอื่น ๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) รงควัตถุ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารสีเขียวในพืชสำหรับการสังเคราะห์แสง

ความต้องการไนโตรเจนของข้าวโพดจะเริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอกจนถึงการสร้างเมล็ด ระยะที่ข้าวโพดต้องการไนโตรเจนมากที่สุด คือ ระยะที่ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมียโดยความต้องการไนโตรเจนจะยังคงสูงขึ้นจนถึงระยะข้าวโพดแก่ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พืชทางเคมี พบว่าในช่วงอายุ 18-30 วัน และ 39-65 วันหลังปลูก ข้าวโพดมีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงถึง 7 และ 50 กก. ต่อไร่ ตามลำดับ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดจะผันแปรไปตามปัจจัย

หลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ให้แก่ข้าวโพด ลักษณะทางพันธุกรรมข้าวโพด อัตราการปลูก สภาพดินฟ้าอากาศ ระยะการเจริญเติบโต และส่วนต่างๆ ของข้าวโพดจะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันออกไป โดยข้าวโพดที่อายุเก็บเกี่ยวมีระดับไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ เมล็ด > ใบ > ชังและกาบใบ > ต้นและก้านดอก ตัวผู้ เมื่อข้าวโพดสุกแก่ ไนโตรเจน 2 ใน 3 ที่อยู่ในต้น (ส่วนเหนือดิน) จะเคลื่อนย้ายไปสะสมในเมล็ด คงเหลือไว้ภายในต้นเพียง 1 ใน 3 ดังนั้น ถ้าในช่วงอายุการเจริญเติบโตดังกล่าว มีปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวโพดได้

ศุภกาญจน์ และคณะ (2558) ได้ทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินลพบุรีซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยต่ำมาก จึงทำให้การใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ทำให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสำราญซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงแต่มีลักษณะเป็นดินต้นมีความลึกของชั้นดินน้อยกว่า 65 เซนติเมตร ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวโพดสูงมากเมื่อประสบปัญหาภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานติดต่อกัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสมอทอด ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัม N/ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียม ดังนั้น จึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 15 กิโลกรัม N/ไร่ สาริต และคณะ (2550) ได้ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม ในดินชุดตาคลีและดินชุดสมอทอด พบว่า ในดินชุดตาคลี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมนครสวรรค์ 3 เหมาะสมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 858 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ ร้อยละ 18 เช่นเดียวกับในดินชุดสมอทอด โดยพันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิต 965 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัม/ไร่ ร้อยละ 12

พินิจ (2556) รายงานว่า ปุ๋ยเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีผลอย่างมากในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งในปัจจุบันได้เน้นหนักไปในทางการเพิ่มผลผลิตต่อไร่มากกว่าการเพิ่มผลผลิตโดยการขยายพื้นที่ การใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องและเหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เพราะปุ๋ยเป็นตัวช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้สมบูรณ์ดีขึ้น โดยเฉพาะไนโตรเจนจะมีการสูญเสียได้หลายทาง เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ที่ส่งลงไปดิน ฟอสฟอรัสเองก็ถูกตรึงให้อยู่ในสภาพที่ไม่เป็นประโยชน์ การสูญเสียของธาตุอาหารที่ส่งลงไปดินโดยที่พืชไม่ได้นำไปใช้ก็ว่าได้

ว่าเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่ก่อประโยชน์ ถ้าสามารถลดการสูญเสียลงได้ จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตทำให้ใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารหลักที่สำคัญคือ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K) ส่วนธาตุอื่น ๆ เช่น แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), โบรอน (B) และ ทองแดง (Cu) มีผสมอยู่บ้างแต่ก็มีจำนวนน้อย ปุ๋ยเมื่อได้รับความชื้นแล้วละลายพร้อมทั้งแตกตัวเป็นไอออน ที่พืชดูดไปใช้ได้พร้อมทั้งเกิดการสูญเสียตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ เช่น 1) กระบวนการชะล้าง ถ้าให้น้ำมาก ๆ หรือฝนตกชุกจะพัดพาปุ๋ยไหลบ่าออกไปจากแปลง 2) กระบวนการชะปุ๋ยลงลึกเลเยรากพืช เกิดในสภาพที่ฝนตกชุก หรือให้น้ำมาก ๆ และดินมีอัตราการซึมน้ำสูง น้ำจะพาปุ๋ยลงลึกจนเลเยรากไป 3) กระบวนการระเหิด (volatilization) ไนโตรเจนในรูปของไอออน NH_4^+ จะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซแอมโมเนีย ระเหยขึ้นสู่อากาศ 4) กระบวนการการระเหย (denitrification) มักเกิดในสภาพน้ำขัง หรือดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วขาดออกซิเจน ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซลอยไปในอากาศ และ 5) กระบวนการสูญเสียชั่วคราว (immobilization) เกิดขึ้นมากในดินที่มีเศษซากพืชที่ยังไม่ย่อยสลายมาก ๆ เมื่อซากพืชเหล่านี้อยู่ในดินจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายแล้วเพิ่มปริมาณตัวเองอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ เพิ่มจะดูดดึงเอาไนโตรเจนจากดินและปุ๋ยไปใช้ด้วย จึงทำให้พืชขาดไนโตรเจนต่อเมื่อซากพืชถูกย่อยสลายหมด จุลินทรีย์ขาดอาหารจึงตายลงพร้อมทั้งปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาใหม่

การขาดธาตุไนโตรเจนของข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร (2564) รายงานว่า ในระยะต้นอ่อนหากขาดไนโตรเจน ใบล่างของข้าวโพดจะเป็นสีเหลืองคล้ายกับอาการขาดน้ำ แต่ไม่เหี่ยว ส่งผลให้การเจริญเติบโตชะงัก หากขาดไนโตรเจนในระยะที่ข้าวโพดอยู่ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะแสดงอาการชัดเจนมาก โดยใบแก่หรือใบล่างจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเป็นรูปตัววี (V) เริ่มจากปลายใบเข้าสู่ส่วนแกนกลางของใบ และลุกลามขึ้นสู่ใบบน หากการขาดไนโตรเจนมีความรุนแรงส่วนที่เป็นสีเหลืองจะแห้ง และใบจะร่วงหล่นจากลำต้น ในข้าวโพดหวานอาจพบสีม่วงที่โคนใบและกาบใบ เนื่องจากมีการสะสมของสารแอนโทไซยานินเกิดขึ้น ลำต้นพอมสูง และอาจโค้งงอ การติดเมล็ดบนฝักไม่สมบูรณ์ สาเหตุการขาดไนโตรเจนมักเกิดจากสภาพแปลงปลูกที่ดินเสื่อมสภาพขาดความอุดมสมบูรณ์ การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุไม่สมบูรณ์ ดินขึ้นแฉะหลังน้ำท่วมขัง การสูญเสียธาตุไนโตรเจนจากดินโดยถูกชะล้างหรือโดยกระบวนการ denitrification และในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิดินต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส มักพบว่ามีโอกาสขาดไนโตรเจนได้ เนื่องจากรากชะงักการเจริญเติบโต ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารจากดินถูกจำกัด

ระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด

IBSNAT (1988) อธิบายระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด เริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอกถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งรวมอายุได้ประมาณ 100-120 วัน ข้าวโพดที่เจริญเติบโตสมบูรณ์จะมีใบ 16-18 ใบ และออกใหม่เมื่ออายุประมาณ 55-60 วัน การจำแนกระยะการเจริญเติบโตมี 2 ระบบ คือ

1. การจำแนกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดตามช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งแบ่งออกดังนี้

1.1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) เป็นระยะเริ่มตั้งแต่ที่ coleoptile โผล่พ้นดินจนถึงระยะออกดอกตัวผู้ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 45-55 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของข้าวโพดและสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ

1.2 ระยะออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บาน จนถึงระยะที่ไหม โผล่พ้นกาบหุ้มฝัก ตลอดจนระยะผสมเกสรใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 5-15 วัน

1.3 ระยะการสะสมน้ำหนักรเมล็ด (grain filling) เป็นระยะที่เมล็ดมีการสะสมแป้งในเมล็ด จนถึงระยะที่เมล็ดหยุดการพัฒนาใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 35-45 วัน ระยะนี้แบ่งได้ 2 ระยะ คือ

1.3.1 ระยะน้ำนม (early milk stage และ late milk stage)

1.3.2 ระยะแป้งอ่อน (dough stage)

1.4 ระยะการสุกแก่ทางสรีระ (physiological maturity) เป็นระยะที่มีชั้นเนื้อเยื่อสีดำ (black layer) ปรากฏที่ส่วนโคนของเมล็ด การสะสมน้ำหนักรเมล็ดจะสิ้นสุดลงเป็นระยะที่ข้าวโพดมีน้ำหนักรสูงสุด

1.5 ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว (harvest maturity) เป็นระยะที่ต้นและใบของข้าวโพด รวมทั้งกาบหุ้มฝักแห้ง ฝักกลายเป็นสีน้ำตาล เมล็ดมีการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องตามสภาพอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ

2. การจำแนกกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดตามแบบสากล การจำแนกกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดตามการพิจารณาของส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดได้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ การเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative, V) และระยะการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ (reproductive, R) ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นจะเริ่มจากระยะงอก (emergence, VE) และเริ่มนับระยะ VI V2 V3 จนถึง Vn เมื่อข้าวโพดมีใบที่กางสมบูรณ์ (ปรากฏ leaf collar) ใบที่ 1 2 3 และ n ใบ ตามลำดับ จนถึงระยะ VT ที่ปรากฏช่อดอกตัวผู้ ส่วนระยะการเจริญพันธุ์จะเริ่มตั้งแต่ระยะ R1 (ออกไหม) R2 (กำเนิดเมล็ด) จนถึงระยะ R7 (harvest maturity) โดย มีรายละเอียดดังนี้

การเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative, V)

VE จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ Coleoptile โผล่พ้นดิน

V1 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 1 กางสมบูรณ์

V2 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 2 กางสมบูรณ์

V3 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 3 กางสมบูรณ์

V4 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 4 กางสมบูรณ์

V5 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 5 กางสมบูรณ์

V6 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ 6 กางสมบูรณ์

Vn จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ใบที่ n กางสมบูรณ์

VT จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ปรากฏกิ่งสุดท้ายของช่อดอกตัวผู้ การเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ (reproductive, R)

R1 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่ปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก (ระยะออกไหม, silking)

R2 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่เมล็ดบนฝักเริ่มมีของเหลวภายในใส (ระยะเมล็ดเจริญ, blister) ใช้เวลา 10-14 วันหลังวันออกไหม

R3 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่เมล็ดบนฝักปรากฏสีเหลือง, ภายในเมล็ดเป็นน้ำนมสีขาว (ระยะน้ำนม, milky) ใช้เวลา 18-22 วัน หลังวันออกไหม

R4 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่เมล็ดเริ่มเป็นแป้ง (ระยะแป้งอ่อน, dough) ใช้เวลา 24-28 วันหลังวันออกไหม

R5 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่แป้งภายในเมล็ดหดตัว (ระยะแป้งแข็ง, dent) ใช้เวลา 35-42 วันหลังวันออกไหม

R6 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่เมล็ดเกิดขึ้นเนื้อเยื่อสีดำ ที่ส่วนโคนของเมล็ด (ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา, physiological maturity) เมล็ดหยุดการเจริญเติบโต ใช้เวลาดังแต่ 45 วัน หลังวันออกไหม

R7 จำนวนต้นร้อยละ 50 ที่เมล็ดพร้อมจะเก็บเกี่ยว (ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว, harvest maturity)

อุปกรณ์และวิธีการ อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ทั่วไป

- 1.1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 5
- 1.2. รถปลูก
- 1.3. ไม้บรรทัด ตลับเมตร
- 1.4. เทปน้ำหยด
- 1.5. ไม้ปัก ป้าย
- 1.6. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 1.7. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60
- 1.8. Cyantraniliprole
- 1.9. Emamectin benzoate 1.92%
- 1.10. เครื่องวัดความเขียวใบ (SPAD meter)

2. อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

- 2.1. อุปกรณ์เจาะใบ รูปร่างกลม พื้นที่ 0.6 ตร.ซม.
- 2.2. หลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิเมตร
- 2.2. N, N-dimethylformamide dimethyl acetal (DMF)
- 2.3. เครื่อง spectrophotometer
- 2.4. ไมโครปิเปตต์

วิธีการ

1. พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากหนังสือรับรองพันธุ์ กรมวิชาการเกษตร ลงวันที่ 29 พ.ย. 2560 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 5 มีรายละเอียดดังนี้

ชนิด/ประเภท	ชื่อไทย ข้าวโพด ชื่อวิทยาศาสตร์ <i>Zea mays</i> L. ชื่อวงศ์ Poaceae พืชไร่
ราก	ระบบรากฝอย (fibrous root system) รากค้ำยันสีม่วง
ต้น	ลำต้นตรง ความสูงของต้นประมาณ 200 เซนติเมตร สีของโคนต้นอ่อนระยะใบแรกคล้ำสีม่วง
ใบ	ใบเดี่ยว เรียงเวียนสลับ รูปแถบ รูปรางใบแรกในระยะแรกคล้ำมีนกลม มุมใบของใบแรกเหนือฝักปานกลาง การโค้งของใบแรกเหนือฝักค่อนข้างตรง สีกาบใบตำแหน่งฝักบนสุดสีเขียว
ดอก/ช่อดอก	ดอกแยกเพศร่วมต้นต่างช่อ ช่อดอกเพศผู้เป็นแบบช่อแยกแขนง (panicle) ออกที่ยอดลักษณะค่อนข้างตรง มุมก้านช่อดอกแคบ ความหนาแน่นช่อดอกเพศผู้ปานกลาง ความหนาแน่นดอกย่อยบนแกนกลางน้อย อับเรณูสีชมพู ฐานดอกย่อยสีม่วง กาบดอกย่อยสีม่วงจัดเขียว เส้นไหมหรือก้านเกสรเพศเมีย (style) สีชมพู
ผล/ฝัก	มีจำนวน 1 ฝักต่อต้น รูปทรงทรงกรวยถึงทรงกระบอก ความสูงของฝัก 108 เซนติเมตร การเรียงตัวของเมล็ดเป็นแถวตรง จำนวนแถวเมล็ด 14 แถว ชั่งสีขาว ผลย่อยแบบผลแห้งเมล็ดติด (caryopsis) สีที่สันด้านบนของเมล็ดสีเหลืองส้ม สีที่ผิวด้านตรงข้ามกับกะปิสีเหลืองส้ม ลักษณะเมล็ดชนิดกึ่งหัวแข็ง
ลักษณะอื่นๆ	1. ผลผลิตเมล็ด 1,176 กิโลกรัมต่อไร่ 2. อายุออกช่อดอกเพศผู้ 52 วัน และอายุออกไหม 53 วัน 3. อายุเก็บเกี่ยว 95 - 100 วัน

4. น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 26.06 กรัม
5. ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว ร้อยละ 25.56
6. ด้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ราสนิมระดับปานกลาง และทนแล้ง

2. เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และส่งตัวอย่างดินดังกล่าวไปยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน ปุ๋ย และพืช ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินบางประการ ดังต่อไปนี้

- 1) การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธี pipette method ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) (Gee and Bauder, 1986)
- 2) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Thomas, 1966)
- 3) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยใช้วิธี Walkey and Black Tritation method (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Walkey and Black, 1934)
- 4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธี Colorimetric (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Bray and Kurtz, 1945)
- 5) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์โดยการสกัดด้วยสารละลาย NH_4OAc pH 7 แล้ววิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Pratt, 1965)
- 6) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) อัตราส่วนดิน:น้ำ 1:5 ด้วยเครื่อง EC meter (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Rhoades, 1996)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินก่อนปลูก พบว่า ดินมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.19 มีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 0.06 dS/m เนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 2.75 อยู่ในระดับสูง ธาตุอาหารในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 49.23 mg/kg อยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 82.59 mg/kg อยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3,880.64 mg/kg อยู่ในระดับสูงมาก และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3,756.18 mg/kg อยู่ในระดับสูง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินไรรก่อนปลูกของแปลงทดลอง สถานีวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี ฤดูแล้ง 2565/66

Trial	Sand	Silt	Clay	Soil texture	pH	EC	OM	Avai. P	Exch. K	Exch. Mg	Exch. Ca
	(%)	(%)	(%)			(dS/m)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Lop Buri	26	34	40	Clay loam	7.19	0.06	2.75	49.23	82.59	3,880.64	3,756.18

EC = Electrical conductivity; OM = Organic matter; Avai. P = Available phosphorus; Exch. K = Exchangeable potassium; Exch. Ca = Exchangeable calcium; Exch. Mg = Exchangeable magnesium

3. การปลูกและดูแลรักษา

ศึกษาอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ในพื้นที่โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาชนบทเกษตร สถานีวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ จัดตั้งทดลองแบบ Factorial 2 x 3 ประกอบด้วย ปัจจัยอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน จำนวน 2 อัตรา ได้แก่ 2 (2N) และ 4 (4N) เท่าของปริมาณไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน และปัจจัยการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 จำนวน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แปลงทดลองดินไร่ สถานีวิจัยลพบุรี อ.โคกเจริญ
จ.ลพบุรี ฤดูแล้ง 2565/66

ปัจจัย	ธาตุอาหารหลัก			ปุ๋ยรองพื้น			ปุ๋ยแต่งหน้า	ปุ๋ยแต่งหน้า
							ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
				(กก/ไร่)			(กก/ไร่)	(กก/ไร่)
	กก N/ไร่	กก P ₂ O ₅ /ไร่	กก K ₂ O/ไร่	46-0-0	18-46-0	0-0-60	46-0-0	46-0-0
2N x 2:6:2	10.0	2.5	10.0	2.2	5.4	16.7	13.0	4.3
2N x 4:4:2	10.0	2.5	10.0	6.6	5.4	16.7	8.7	4.3
2N x 5:5:0	10.0	2.5	10.0	8.7	5.4	16.7	10.9	0.0
4N x 2:6:2	20.0	2.5	10.0	6.6	5.4	16.7	26.1	8.7
4N x 4:4:2	20.0	2.5	10.0	15.3	5.4	16.7	17.4	8.7
4N x 5:5:0	20.0	2.5	10.0	19.6	5.4	16.7	21.7	0.0

2N = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน 2 เท่าของปริมาณไนโตรเจนแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

4N = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน 4 เท่าของปริมาณไนโตรเจนแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

2:6:2 = แบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 เท่ากับ 2:6:2

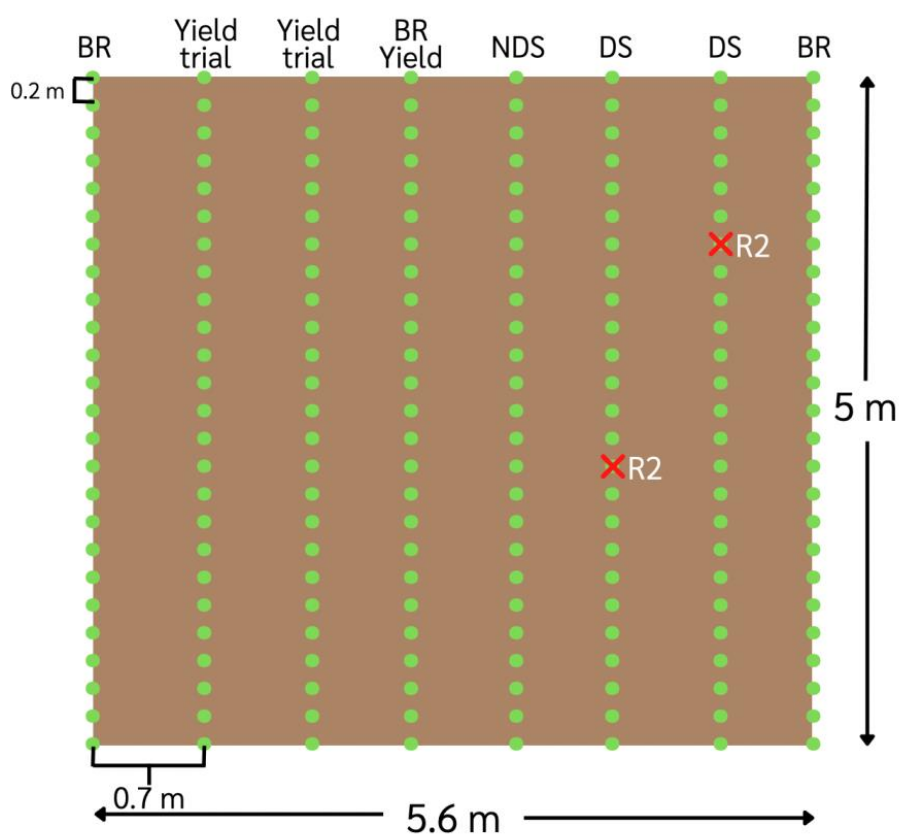
4:4:2 = แบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 เท่ากับ 4:4:2

5:5:0 = แบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 เท่ากับ 5:5:0

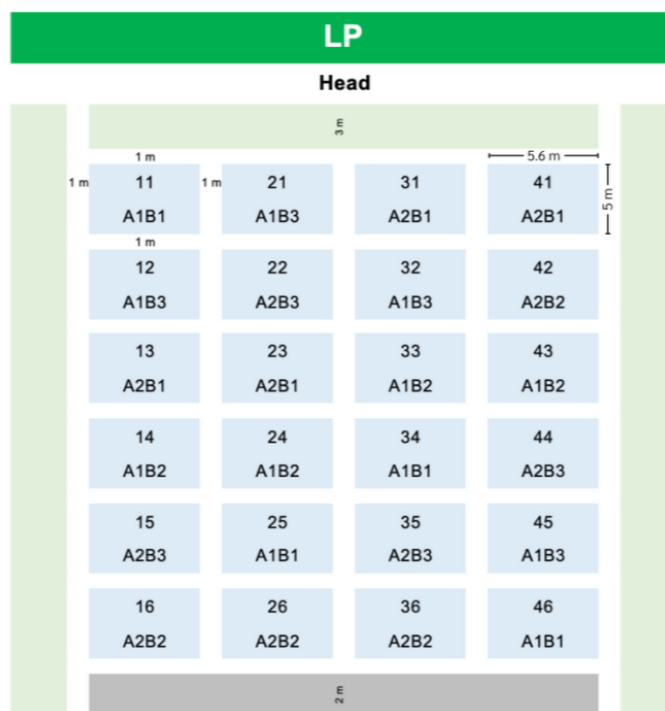
การเตรียมแปลงทดลอง ไถดะ 1 ครั้ง และพรวน 2 ครั้ง (ภาพที่ 1) ยกร่องปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบแถวเดี่ยว ระยะระหว่างร่อง 70 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร จำนวน 8 แถว ต่อแปลงย่อย แต่ละแถวยาว 5 เมตร พื้นที่ 5 x 5.6 เมตรต่อแปลงย่อย (28 ตารางเมตรต่อแปลงย่อย) (ภาพที่ 2) จำนวน 24 แปลงย่อย (ภาพที่ 3) คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยไซแอนทรานิลิโพรล (cyantraniliprole) อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม เพื่อป้องกันหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ปลูกด้วยรถปลูก 2 เมล็ดต่อหลุม ถอนแยกที่อายุ 11 วันหลังปลูกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม หลังจากให้น้ำวันแรก ฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืชก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์งอก ด้วยอะทราซีน อัตรา 640 กรัมต่อไร่ แบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 3 ครั้ง คือ 1) ปุ๋ยรองพื้น 2) ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 1 ที่ 21 วัน หลังปลูก และ 3) ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 ที่ 48 วันหลังปลูก โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราและอัตราส่วน ดังที่กำหนดไว้ข้างต้น ให้น้ำโดยระบบเทปน้ำหยด (ภาพที่ 1) ฉีดพ่นสารกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเมื่อมีการระบาดด้วย Emamectin benzoate 1.92% EC 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้ สาร Emamectin benzoate 1.92% EC มีอัตราการใช้ตามคำแนะนำ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร แต่พื้นที่ 1 ไร่ ให้น้ำ 60 ลิตร ดังนั้นจึงต้องผสมสาร Emamectin benzoate 1.92% EC 60 มิลลิลิตรกับน้ำ 60 ลิตรต่อ พื้นที่ 1 ไร่



ภาพที่ 1 การเตรียมแปลง การปลูกและการใส่ปุ๋ย



ภาพที่ 2 แผนภาพแปลงย่อย และผังการเก็บข้อมูล (BR: Border row, NSD: Non destructive sample, DS: Destructive sample)



ภาพที่ 3 แผนผังแปลงย่อย

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ข้อมูลลักษณะทางการเกษตร

1) ความสูงต้น (plant heights, เซนติเมตร) สุ่มวัดความสูงต้นที่มีต้นข้างเคียง (competitive plants) จำนวน 2 ต้น โดยวัดจากพื้นดินถึงข้อใบสูงสุดที่กางเต็มที่ ที่ระยะกำหนดเมตร (Reproductive2; R2)

2) พื้นที่ใบวัดความกว้างและความยาวของใบที่อยู่ในตำแหน่งสูงสุด โดยเป็นใบที่มีการขยาย ขนาดเต็มที่ (ปรากฏ leaf collar) ใบเหนือใบรองฝัก ต้นละ 1 ใบ จำนวน 2 ต้น ที่ระยะ R2 คำนวณพื้นที่ใบดังสมการของ Montgomery (1911)

$$\text{พื้นที่ใบ (ต่อ 1 ใบ)} = \text{ความกว้างใบ} \times \text{ความยาวใบ} \times 0.75$$

จากนั้นคูณด้วยค่าคงตัว 9.39 (Pearce et al. 1975) เพื่อคำนวณพื้นที่ใบทั้งหมด โดยประมาณที่ระยะ R2

3) ความเขียวใบ (SPAD) ใช้เครื่อง SPAD meter วัดความเขียวของใบที่อยู่ใน ตำแหน่ง สูงสุด โดยต้องเป็นใบที่มีการขยายขนาดเต็มที่ (ปรากฏ leaf collar) ใบเหนือใบรองฝัก ต้นละ 1 ใบ จำนวน 2 ต้น ที่ ระยะ R2

4) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยเก็บตัวอย่างใบที่มีการขยายขนาดเต็มที่ (ปรากฏ leaf collar) ใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะ R2 โดยเจาะใบด้วยอุปกรณ์เจาะใบ รูปร่างกลมพื้นที่ 0.6 ตาราง เซนติเมตร นำตัวอย่างใบมาสกัดคลอโรฟิลล์ และคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีการของ Moran (1982) โดยความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์จะแสดงในหน่วยต่อพื้นที่

$$\text{ปริมาณ Chlorophyll a (mg/cm}^2\text{)} = (12.64 A_{664} - 2.99A_{647}) \times \text{Vol} \times Y / (\text{Area})$$

$$\text{ปริมาณ Chlorophyll b (mg/cm}^2\text{)} = (23.26 A_{647} - 5.6A_{664}) \times \text{Vol} \times Y / (\text{Area})$$

$$\text{Total Chlorophyll (mg/cm}^2\text{)} = (7.04 A_{664} + 20.27A_{647}) \times \text{Vol} \times Y / (\text{Area})$$

เมื่อ	A_{664}	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 nm
	A_{647}	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 647 nm
	Vol	ปริมาณของ DMF ที่ใช้ในการสกัด (mL)
	Y	Dilution factor หรือปริมาณก่อนการเจือจางหารด้วยปริมาณการเจือจาง (ใช้เมื่อสารละลายที่ได้จากการสกัดมีความเข้มข้นสูงเกินไป: ค่า A สูงกว่า 0.8)
	Area	พื้นที่แผ่นใบตัวอย่างที่ใช้ในการสกัดคลอโรฟิลล์ (cm ²)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อ หาค่า F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยใช้โปรแกรม STAR (Statistical Tool for Agricultural Research) software, version 2.0.1 และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยโปรแกรม R studio package “metan” (Olivoto and Lúcio, 2020)

สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย

1. สถานที่การทําวิจัย

การทดลองครั้งนี้ทำในพื้นที่โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาชนบทเกษตร สถานีวิจัยลพบุรี อ.โคก
เจริญ จ.ลพบุรี

2. ระยะเวลาการทําวิจัย

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2565 และสิ้นสุดการทดลอง เดือนมีนาคม 2566 เป็น
ระยะเวลา 5 เดือน

ผลและวิจารณ์

จากการทดลองผลของอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ที่ระยะกำเนิดเมล็ด (blister, R2) มีผลต่อการเติบโตทางสรีรวิทยาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความสูงต้น

พบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใช้ปุ๋ยในโตรเจนและอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนในปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อความสูงต้น พบว่าอัตราการใช้ปุ๋ยในโตรเจนที่ $4N \times 2:6:2$ มีผลให้ความสูงต้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 160.16 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับวิธีการ $4N \times 4:4:2$ ขณะที่วิธีการ $4N \times 5:5:0$ มีผลให้ความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการ $2N \times 2:6:2$ $2N \times 4:4:2$ และ $2N \times 5:5:0$ คิดเป็นร้อยละ 40 26 และ 30 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แต่เป็นที่สังเกตได้ว่าความสูงต้นต่ำกว่าความสูงต้นตามลักษณะประจำพันธุ์ที่สูงเท่ากับ 200 เซนติเมตร อ้างอิงจากหนังสือรับรองพันธุ์ กรมวิชาการเกษตร ลงวันที่ 29 พ.ย. 2560 สาเหตุอาจเนื่องมาจากความแปรปรวนเรื่องอุณหภูมิช่วงเดือนมกราคม ที่มีอุณหภูมิต่ำลง รวมถึงมีช่วงการขาดน้ำระหว่างเดือนเดือนธันวาคมถึงมกราคม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลให้ต้นมีความสูงไม่เท่ากับลักษณะประจำพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยในโตรเจน $4N$ ยังสามารถรักษาระดับได้ดีกว่า $2N$

2. ดัชนีพื้นที่ใบ

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใช้ปุ๋ยในโตรเจนและอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนในปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อดัชนีพื้นที่ใบ แต่พบว่าอัตราการใช้ปุ๋ย $4N$ มีผลให้ดัชนีพื้นที่ใบ ที่ระยะ R2 สูงกว่าอัตราการใช้ปุ๋ย $2N$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 44 โดยอัตราการใช้ปุ๋ยในโตรเจนที่ $2N$ และ $4N$ มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.57 และ 3.70 ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ไม่มีผลให้ดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน $2:6:2$ $4:4:2$ และ $5:5:0$ มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.82 3.25 และ 3.34 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ค่าดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นที่อัตราการใช้ปุ๋ยในโตรเจน $4N$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติกับอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2N แสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโตที่ดี มีพื้นที่ปกคลุมมากของใบ พืชมากขึ้น และทำให้สัดส่วนแสงส่องผ่านลดลง (Atwell, 1999)

3. ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก แต่พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 4N มีผลให้ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะ R2 สูงกว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 2N อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 10 โดยอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 2N และ 4N มีค่าเฉลี่ยความเขียวใบเท่ากับ 34.47 และ 37.91 ตามลำดับ ขณะเดียวกันอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 มีผลให้ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5:5:0 มีค่าเฉลี่ยความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝักสูงกว่าอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2:6:2 และ 4:4:2 คิดเป็นร้อยละ 9 และ 13 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่มากขึ้นทำให้ค่าความเขียวใบเพิ่มสูงขึ้น (ทิวา, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้คือ อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4N มีผลให้ความเขียวใบมากกว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2N และการใส่ปุ๋ยในระยะเวลาที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชจะทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น (มุกดา, 2543) ซึ่งจากการทดลองพบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5:5:0 มีผลให้ค่าเฉลี่ยความเขียวใบสูงกว่าอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2:6:2 และ 4:4:2 (ตารางที่ 3)

4. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบเหนือใบรองฝัก

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและสัดส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบเหนือใบรองฝัก แต่พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 4N มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะ R2 สูงกว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 2N อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 21 โดยอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 2N และ 4N มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 14.44 และ 17.11 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ไม่มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของใบเหนือใบรองฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0 มีค่าเฉลี่ย

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอเท่ากับ 15.83 14.83 และ 16.67 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงโดยตรง (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547) แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบรองฝัก การใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 4N สามารถเพิ่มหน่วยที่ทำหน้าที่หลักในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 2N

5. ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบเหนือใบรองฝัก

พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยในโตรเจนและสัดส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ บีของใบเหนือใบรองฝัก แต่พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 4N มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะ R2 สูงกว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 2N อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 25 โดยอัตราการใส่ปุ๋ยในโตรเจนที่ 2N และ 4N มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ บีเท่ากับ 4.22 และ 5.22 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ไม่มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บีของใบเหนือใบรองฝัก แตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0 มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ บีเท่ากับ 4.67 4.50 และ 5.00 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

6. ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของใบเหนือใบรองฝัก

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยในโตรเจนและอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเหนือใบรองฝัก แต่พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 4N มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเหนือใบรองฝัก ที่ระยะ R2 สูงกว่าอัตราการใส่ปุ๋ย 2N อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 16 โดยอัตราการใส่ปุ๋ยในโตรเจนที่ 2N และ 4N มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 18.67 และ 21.56 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนปุ๋ยรองพื้น: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 1: ปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 2 ไม่มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเหนือใบรองฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราส่วนการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน 2:6:2 4:4:2 และ 5:5:0 มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 20.16 19.50 และ 20.67 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 ที่ระยะกำเนิดเมล็ด (blister, R2)

Treatments	Plant height (cm)	Leaf area index	SPAD	Chlorophyll <i>a</i> (mg/m ²)	Chlorophyll <i>b</i> (mg/m ²)	Total chlorophyll (mg/m ²)
2N x 2:6:2	114.66b	2.42	33.82	14.67	4.33	18.67
2N x 4:4:2	127.50b	2.76	31.73	13.00	3.67	17.00
2N x 5:5:0	128.50b	2.52	37.85	15.67	4.67	20.33
4N x 2:6:2	160.16a	3.22	37.43	17.00	5.00	21.67
4N x 4:4:2	145.50a	3.74	36.63	16.67	5.33	22.00
4N x 5:5:0	149.83a	4.16	39.67	17.67	5.33	21.00
Rate						
2N	123.56b	2.57b	34.47b	14.44b	4.22b	18.67b
4N	151.83a	3.70a	37.91a	17.11a	5.22a	21.56a
Split						
2:6:2	137.42	2.82	35.62b	15.83	4.67	20.16
4:4:2	136.50	3.25	34.18b	14.83	4.50	19.50
5:5:0	139.17	3.34	38.76a	16.67	5.00	20.67
Rate	**	**	**	*	*	*
Split	ns	ns	**	ns	Ns	ns
Rate x Split	*	ns	ns	ns	Ns	ns
Mean	137.69	3.14	36.19	15.78	4.72	20.11
%C.V.	5.04	18.76	5.63	13.07	18.00	11.44

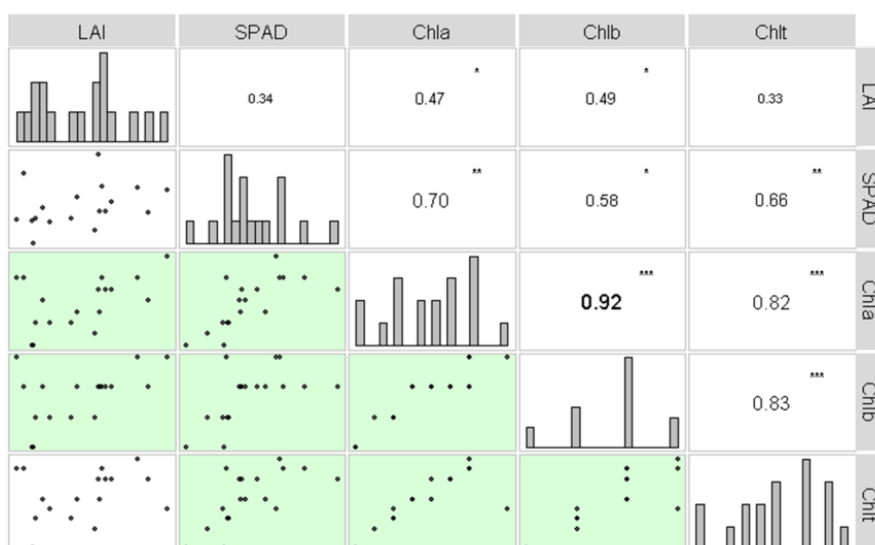
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ; *, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05, 0.01$ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD โดยที่ค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ของอัตราและการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติ

7. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

จากการทดสอบสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน นำค่าพื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบของใบ เนื้อใบรองฝัก และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเนื้อใบรองฝัก มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีพื้นที่ใบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.47 และ 0.49 ตามลำดับ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด มีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความเขียวใบของใบเนื้อใบรองฝัก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.70 0.58 และ 0.66 ตามลำดับ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเนื้อใบรองฝัก มีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.92 และ 0.82 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 5 ภายใต้อัตราและการแบ่งไถ่ปุ๋ย ในโตรเจนแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

สรุป

การทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณและการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนต่อการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 สรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

การใส่ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณ 4 เท่าจากปริมาณที่แนะนำ (20 กิโลกรัม N/ไร่) ให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ความสูงต้น ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเหนือใบรองฝัก ดีกว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณ 2 เท่าจากปริมาณที่แนะนำ (10 กิโลกรัม N/ไร่)

จากผลการทดลองในปีที่ 1 เมื่อพิจารณาด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น และความเขียวใบของใบเหนือใบรองฝัก การใส่ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณ 4 เท่าจากปริมาณที่แนะนำ (20 กิโลกรัม N/ไร่) ที่อัตราส่วน 5:5:0 มีแนวโน้มเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากให้ความสูงต้น ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และ บี สูงสุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

หนังสือ

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ปืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 304 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. แผนบริหารจัดการทรัพยากรดินปัญหาของประเทศไทยระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580), กรุงเทพฯ. 171 น.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. ในเอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2564. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จรงค์ จันท์เจริญสุข. 2554. สถานะภาพของจุลธาตุอาหารและการแก้ไขการขาดจุลธาตุอาหารในพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินเหนียว. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2552. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย R. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ทิวา สิงจันลา. 2547. การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวโพดหวานด้วยการวัดคลอโรฟิลล์ในใบ. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปริญญาวัติ ศรีคนทิพย์, ยุทธนา เขาสุเมรุ และ นภา ชันสุภา. 2551. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยคอกที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพข้าวโพดหวาน. สถาบันวิจัยและฝึกอบรม การเกษตร ลำปางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

ปรีดา พากเพียร, นันทกร บุญเกิด และ วิทยา ชนานุสนธิ์. 2533. ความสัมพันธ์ของเหล็กกับการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของถั่วลิสง. ว. ดินและปุ๋ย 12:118-127.

พินิจ จิรคกุล. 2556. วิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยในไร่อ้อย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไพบุณย์ ประพาศธรรม. 2528. เกล็ดของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. ขงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, ทศนีย์ อัดตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และจรัญ จันทร์เจริญ. 2533. การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารจุลธาตุของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินต่าง. รายงานวิจัย โครงการวิจัยการใช้วัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง, เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์, ศรีจันทร์จรรยา และพฤติชาติ ปุณวัฒน์. 2563. เอกสารวิชาการ คำแนะนำการป้องกันแมลง-ศัตรูศัตรูพืช อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากงานวิจัย. กลุ่มบริหารศัตรูพืช/กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561ก. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2566. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 หน้า.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2564. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 หน้า.

- สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2560. คู่มือโครงการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดู
แล้งหลังนา ปี 2560/2561. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. 2553. ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน. กรมพัฒนาที่ดิน.กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 81 น.
- อัญชลี สุทธิประการ. 2529. แร่ในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร.. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association
Communication, IZA Publ., Brussel.
- Bansal, R. L. and V. K. Nayyar. 1989. Effect of zinc fertilization on rice grown on Typic
Ustrochrepts. Int. Rice Res. Newsl. 14:24-25.
- Chaudhry, F.M., M.A. Kausar, A. Rashid and A. Rahmatullah. 1977. Mechanism of nitrogen effect
on zinc nutrition of flooded rice. Plant and Soil 46(3): 649-654.
- Dobermann, A. and T. H. Fairhurst. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Oxford
Graphic Printers. International Rice Research Institute. P.191.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis, pp. 383-411. In A Klute Methods of Soil
Analysis Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr.9. ASA and SSSA., Madison, WI, USA.
- Giordano, P.M. and J.J. Mordvedt. 1973. Zinc sources and methods of application for rice. Agron. J.
65: 51-53.
- Haslette, B.S., R.J. Reid and Z. Rengel. 2001. Zinc mobility in wheat: Uptake and distribution of
zinc applied to leaves or roots. Ann Bot. 87:379-386.
- IBSNAT. 1 988. Experimental design and data collection procedures for IBSNAT: The minimum
data set for systems analysis and crop simulation. International Benchmark Sites Network
for Agrotechnology Transter. Honolulu, USA.
- Liscano, J.F., C.E. Wilson, R.J. Norman and N.A.Slaton. 2000. Zinc availability to rice from seven
granular fertilizers. Arkansas Agricultural Experiment Station Res., Bulletin 963.
Fayetteville, University of Arkansas.
- Lo, I.M.C. and Yang, X.Y. 1999. EDTA Extraction of heavy metals from different soil fractions and
synthetic soils. Water, Air, & Soil Pollution 109, 219–236.
- Mehlich, A. 1953. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄ Raleigh, NC: North Carolina Soil
Test Division. Mimeo

- Montgomery, E.G. 1911. Correlation studies in corn. Agricultural Experiment Station of Nebraska, Lincoln.
- Pearce RB, Mock IH, Bailey TB, 1975. A rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci 15: 691-694
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Amer. Soc. Of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.
- Reed, S.T. and D.C. Martens. 1996. Copper and Zinc, pp. 703–722. In D.L. Sparks, eds., Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Ser. 5. Soil Sci. Am. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin
- Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Chap. 14: 417-427. In Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.
- Shaviv, A. and R.L. Mikkelsen. 1993. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review. Fertilizer Research 35: 1–12.
- Shuman, L.M. 1991. Chemical forms of micronutrients in soils. In J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, eds. Micronutrient in Agriculture. 2nd ed. SSSA Inc., Madison, Wisconsin.
- Sillanpaa, M. 2006. Micronutrients and the nutrient status of soil: a global study. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Slaton, N.A., C.E. Wilson, S. Ntamatungiro, R.J. Norman and D.L. Boothe. 2001. Evaluation of zinc seed treatments for rice. Agron. J., 93: 152-157.
- Tandzi, N.L., E.L.M. Ngonkeu, E. Youmbi, E. Nartey, M. Yeboah, V. Gracen, J. Ngeve and H. Mafouasson. 2015. Agronomic performance of maize hybrids under acid and control soil conditions. Int. J. Agron. Agric. Res. 6: 275–291.
- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity pH. Chap. 16: 485-487. In Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. ASA and SSSA Inc., Madison, WI, USA.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2019. Grain: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service, USDA, Washington, USA.

Viets, F.G. Jr., F.B. and W.L. Lindsay. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. pp. 153-172. In L.H. Walsh and J.S. Beaton (eds.) Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

หนังสือที่มีผู้เขียนแยกเฉพาะบน (Edited book)

Martens, D.C. and D.T. Westerman. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies, pp. 549-592. In J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Schuman and R.M. Welch, eds. Micronutrient in Agriculture. 2nd ed. Book Series no. 4. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

วิทยานิพนธ์

- ขวัญตา ขาวมี. 2550. ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และเป็ลือกตับปรด ต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็ก สังกะสี และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จรรยาลักษณ์ อื่นคา. 2559. ธรณเคมและลักษณะการดูดซับธาตุสังกะสี ทองแดง เหล็ก และแมงกานีสในดินเนื้อปูนของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.
- ภานุพงษ์ คงจิวิ (2563). การตอบสนองทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของข้าวโพดที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินภายใต้สภาวะการจัดการจุลธาตุในดินนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (ยังไม่ได้เผยแพร่)
- มนัสนันท์ เกื้อหนู. 2551. ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดและปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อปูน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรศักดิ์ เสรีพงศ์. 2516. การศึกษาอิทธิพลร่วมของสังกะสีและฟอสฟอรัสในดินเลดต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารสารทางวิชาการ

- ประยูร ประเทศ, ประกิจ สมท่า, สุขุมภรณ์ ศรีเผด็จ, ธีรยุทธ ตูจินดา และ พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2554. อัตราปุ๋ยและเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อการขาดธาตุเหล็กในสภาพดินด่างของถั่วเขียว. เกษตร 39 ฉบับพิเศษ 3 : 227-232.

- ภาณุวัชร อุปถัมภ์านนท์ ฌัฏพล จิตมายุ และ ทิมทอง ครุณสนทยา. 2561. สมรรถนะความอุดม
สมบูรณ์ของดินเนือปนในประเทศไทย. วารสารเกษตร 34(3): 411-423
- สมชาย บุญประดับ. 2537. การปลูกข้าวโพดไร่ในนาโดยไม่ไถพรวนดิน. วารสารกสิกร. 73(5): 526-
530.
- สาริต อารีรักษ์, ชลวุฒิ ละเอียค, ประเสริฐ อินทนน, พิเชษฐ กรุดลอยมา และ อภิชาติ สุพรรณรัตน์.
2550. อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นทนทาน
แล้ง. ในรายงานวิจัยผลงานประจำปี2550.ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์สำนักวิจัยและ พัฒนาการ
เกษตรเขตที่5กรมวิชาการเกษตร, นครสวรรค์. น.37-38.
- Adiloglu, A. and I. Kursun. 2002. Determination of suitable chemical extraction methods for
available zinc content of paddy soils at Thrace Region. Arch. Agron. Soil Sci. 48: 31–36
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in
soil. Soil Sci. 59: 39-45.
- Goos, R.J., B.E. Johnson and M. Thiollot. 2000. A comparison of the availability of three zinc
sources to maize (*Zea mays* L.) under greenhouse conditions. Biol Fertil Soils. 31: 343-347.
- Grewal, H.S. and R.D. Graham. 1997. Seed-Zn content influences early vegetative growth and zinc
uptake in oil seed rape (*Brassica napus* and *Brassica juncea*) genotypes on zinc deficient
soils. Plant Soil. 129: 191-197.
- Gupta U.C., W.U. Kening and L. Siyuan. 2008. Micronutrients in soils, crops and livestock. Earth
Sci. Front. 15: 110-125
- Harris D., A. Rashid, G. Miraj, M. Arif and H. Shah. 2007. On farm seed priming with zinc sulphate
solution -A cost effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field
Crops Res. 102: 119-127.
- Houba, V.J.G, E.J.M. Temminghoff, G.A. Gaikhorst and W. van Vark. 2000. Soil analysis
procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. Commun. Soil. Sci. Plant
Anal. 31: 1299–1396.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norwell. 1978. Development of DTPA soil test zinc, iron, manganese and
copper. Soil Sci. Soc. Am J. 42:421-428.
- Liu, H., W. Gan, Z. Rengel and P. Zhao. 2016. Effects of zinc fertilizer rate and application method
on photosynthetic characteristics and grain yield of summer maize. J Soil Sci Plant Nutr.
16: 550–562.

- Liu, D., W. Zhang, P. Yan, X. Chen, F. Zhang and C. Zou. 2017. Soil application of zinc fertilizer could achieve high yield and high grain zinc concentration in maize. *Plant Soil* 411: 47–55.
- Liu, D., W. Zhang, Y.M. Liu, X.P. Chen and C. Zou. 2020. Soil application of zinc fertilizer increases maize yield by enhancing the kernel number and kernel weight of inferior grains. *Front. Plant Sci.* 11: 188.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 for soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 1409–1416
- Potarzycki, J. and W. Grzebisz. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil Environ.* 55: 519–527.
- Prasad B., I. Sarangthem and K.C. Choudhary. 1995. Transformation and availability of applied zinc to maize in calcareous soil. *J. Ind. Soc. Soil. Sci.* 43(1): 84–89.
- Sim, J.T. 1986. Soil pH effect on the distribution and plant availability of manganese copper and zinc. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 367–373.
- Soltanpour, P.N. and A.P. Schwab. 1977. A new soil test for macro- and micro-nutrients in alkaline soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8: 195–207
- Tiwari, R.C. and B.M. Kumar. 1974. A common chemical extractant for estimating plant available zinc in different soil types (peaty, red and alluvial). *Plant Soil* 41: 689–693
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil sci.* 37: 29–38.

บทความทางวิชาการที่เผยแพร่ทางเว็บไซต์

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. ผลสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามความต้องการของเกษตรกร. แหล่งที่มา: <https://rnc.doae.go.th/>, 30 มีนาคม 2563.
- กรุงเทพธุรกิจ. 2565. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ราคาพุ่ง 9.30 บาท/กก. แหล่งที่มา: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ราคาพุ่ง 9.30 บาท/กก. (bangkokbiznews.com). 5 กรกฎาคม 2565.
- พพบร จงชาญสิทธิโช. 2563. จัปตาผลกระทบภัยแล้งต่อเศรษฐกิจไทยปี 2563. แหล่งที่มา: https://www.gsbresearch.or.th/wpcontent/uploads/2020/04/MC_hotissue_drou-ght_4_63_inter_detail.pdf, 7 กรกฎาคม 2563.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2547. สรีรวิทยาของพืช Plant Physiology แหล่งที่มา: https://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY4_photosyn.htm

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2555. ปุ๋ยเคมี. แหล่งที่มา: www.nsruc.ac.th/e-learning/soil/lesson_11_4.php. 20 ธันวาคม 2560. ศุภกาญจน์ และคณะ (2558)

ศูนย์ข้อมูลเกษตรแห่งชาติ. 2563. ผลกระทบภาวะฝนแล้ง/ฝนทิ้งช่วง และมาตรการช่วยเหลือเกษตรกร. แหล่งที่มา:

https://www.nabc.go.th/disaster/download/40?file=97d7137ecfa9f577a0c196f2e03f28cc.pdf&file_name=%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%9A%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%8A%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%A3.pdf, 9 กรกฎาคม 2563.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2562. สสค. เผย ต้นทุนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 62 ลดลง 1.49%. แหล่งที่มา <https://www.moac.go.th/news-preview-411191791918>. 9 กุมภาพันธ์ 2564.

สำนักข่าวอิสรา. 2663. “สททช.” เอ็กซเรย์แผนจัดการน้ำฤดูฝน ตัดตอนน้ำท่วม-แล้งหน้าต้องรอด. แหล่งที่มา: <https://www.isranews.org/article/isranews-short-news/89456-rainnews.html>, 7 กรกฎาคม 2563

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมรุ่น รุ่นที่ 1, รุ่นที่ 2: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2560. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize60.pdf>, 9 พฤษภาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561ข. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รายจังหวัด ปีเพาะปลูก 2561/62. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%20dit%2061.pdf>, 9 พฤษภาคม 2563

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รายจังหวัด ปีเพาะปลูก 2562/63. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%2062.pdf>,

10 กุมภาพันธ์ 2564

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ลุยแหล่งผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภาคเหนือ หวังภัยแล้งยืดเยื้อ
แนะเกษตรกรวางแผนการผลิตให้เหมาะสม. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B8%A8%E0%B8%81./33595/TH-TH,>
9 กรกฎาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พิกัด 1005.90.90.002. แหล่งที่มา:

https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwimx7fDxJb9AhVjVmwGHWJgBRwQFnoECCQQAQ&url=https%3A%2F%2Fxn--42ca1c5gh2k.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F02%2FProduct-Profile%25E0%25B8%2582%25E0%25B9%2589%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A7%25E0%25B9%2582%25E0%25B8%259E%25E0%25B8%2594%25E0%25B9%2580%25E0%25B8%25A5%25E0%25B8%25B5%25E0%25B9%2589%25E0%25B8%25A2%25E0%25B8%2587%25E0%25B8%25AA%25E0%25B8%25B1%25E0%25B8%2595%25E0%25B8%25A7%25E0%25B9%258C_Feb2022%25E0%25B9%2580%25E0%25B8%2595%25E0%25B9%2587%25E0%25B8%25A1%25E0%25B8%259B%25E0%25B8%25B5-2-1.pdf&usg=AOvVaw00zuiuuw5uEiP55i4ZeXLJ.pdf

Baltic Deal Bridge. 2017. Split application of nitrogen. สืบค้นเมื่อ 16.01.2566

<http://www.balticdeal.eu/measure/split-application-of-nitrogen-n/>

Fuehring, H.D. 1972. Response of crops grown on calcareous soil to fertilization. FAO Series of Works Papers on Agriculture and Calcareous Soil. Available Source:

<http://www.fao.org/decrep>, December 12, 2006.

Johnson, J. 2018a. First zinc-enriched maize in Guatemala to combat malnutrition. Available source:

<https://www.cimmyt.org/news/first-zinc-enriched-maize-in-guatemala-to-combat-malnutrition/>, January 17, 2021.

- Johnson, J. 2018b. First zinc maize variety launched to reduce malnutrition in Colombia. Available source: <https://www.cimmyt.org/news/first-zinc-maize-variety-launched-to-reduce-malnutrition-in-colombia/>, January 17, 2021.
- Olivoto, T, Lúcio, AD. metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods Ecol Evol.* 2020; 11: 783– 789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>
- Mortvedt, J.J., D.G. Westfall and R.L. Croissant. 2008. Fertilizing Corn. Available source: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/fertilizing-corn-0-538/>, January 17, 2021.
- Ponnamperuma, F.N., Cayton, M.T. & Lantin, R.S. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. *Plant Soil* 61, 297–310 (1981). <https://doi.org/10.1007/BF02182011>
- Robinson, E. 2000. Zinc-Treated Rice Big Hit in Arkansas. Available source: <https://www.farmprogress.com/zinc-treated-rice-big-hit-arkansas>, January 15, 2021.
- The Fertilizer Institute. 2017. What are the 4Rs. Available: <https://nutrientstewardship.org/4rs/>, January 17, 2021.
- Trierweiler, J.F. and Lindsay, W.L. (1969), EDTA-Ammonium Carbonate Soil Test for Zinc. *Soil Science Society of America Journal*, 33: 49-54. <https://doi.org/10.2136/sssaj1969.03615995003300010017x>

รายงานความก้าวหน้าจากการประชุมทางวิชาการ (Proceeding)

- ธีระพงษ์ พรหมสวัสดิ์ ชัยสิทธิ์ ทองจุ และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 43-53. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.
- ศิริสุตา บุตรเพชร ชัยสิทธิ์ ทองจุ กุมุท สังขศิลา จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62. ในการประชุม ทางวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม

สุวพันธุ์ รัตนะรัต, พิชิต พงษ์สกุล, สนั่น รัตนานุกุล, วิทยา มาสร้างสรรค์ และเชิรชัย อารยางค์กุล.

2527. การใช้ปุ๋ยสังกะสี โมลิบดีนัม และหินปูนบดให้กับพืชไร่โดยวิธีเคลือบเมล็ด. ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 21 (สาขาพืชศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.M. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th ed. Pearson Prentice Hall Incorporated, Upper Saddle River, New York.

Takkar, P.N., I.M. Chhibba and S.K. Mehta. 1989. Twenty years of coordinated research on micronutrients in soils and plants. Bull. No. 1. Indian Institute of Soil Science, Bhopal. 114 p.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed. Macmillan, New York.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การแปรผลค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

ระดับ	ค่าที่วัดได้ (ช่วง pH_{water} 1:1)
กรดรุนแรงมากที่สุด	<3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5-4.5
กรดจัดมาก	4.6-5.0
กรดจัด	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
กลาง	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างจัด	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

ตารางผนวกที่ 2 การแปลผลค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) ของสารละลายดินที่ได้จากการวัดด้วยอัตราส่วน 1:5 ตามประเภทของเนื้อดิน ณ อุณหภูมิอ้างอิง 25 °C

กลุ่มพืชทนเค็ม	ค่า EC 1:5 ที่เนื้อดินต่างๆ (ds/m)				
	ทราย/ร่วนปนทราย	ร่วน	ร่วนปนเหนียว	ค่อนข้างเหนียว	เหนียวจัด
ไม่เค็ม	<0.15	<0.17	<0.25	<0.30	<0.40
เค็มน้อยมาก	0.16-0.30	0.18-0.35	0.26-0.45	0.31-0.60	0.41-0.80
เค็มปานกลาง	0.31-0.60	0.36-0.75	0.46-0.90	0.61-1.15	0.81-1.60
เค็มจัด	0.61-1.20	0.76-1.50	0.91-1.75	1.16-2.30	1.61-3.20
เค็มจัดมาก	>1.20	>1.50	>1.75	>2.30	>3.20

ตารางผนวกที่ 3 ระดับจุลธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน

จุลธาตุอาหาร	ระดับความต้องการจุลธาตุอาหารของพืช (mg/kg) สกัดด้วย DTPA		
	ขาด	พอเหมาะ	เกินพอ
เหล็ก (Fe)	<2.5	2.4-4.5	>4.5
แมงกานีส (Mn)	<1.0	-	>1.0
ทองแดง (Cu)	<0.2	-	>0.2
สังกะสี (Zn)	<0.5	0.5-1.0	>1.0

ตารางผนวกที่ 4 การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2564)

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ดิน	ปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ	
Organic matter (%)	< 1	15	kg N/rai
	1.0 - 2.0	10	kg N/rai
	> 2	5	kg N/rai
Available P (mg/kg)	< 10	10	kg P ₂ O ₅ /rai
	10.0 - 15.0	5	kg P ₂ O ₅ /rai
	> 15	2.5	kg P ₂ O ₅ /rai
Exchangable K (mg/kg)	< 60	15	kg K ₂ O/rai
	60.0 - 100.0	10	kg K ₂ O/rai
	> 100	5	kg K ₂ O/rai

ตารางผนวกที่ 5 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน

ระดับ	ระดับธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน							
	อินทรีย์วัตถุ (OM, %)	ไนโตรเจน (N, %)	ฟอสฟอรัส (P, mg/kg)	โพแทสเซียม (K, mg/kg)	แคลเซียม (Ca, mg/kg)	แมกนีเซียม (Mg, mg/kg)	โซเดียม (Na, mg/kg)	ซัลเฟอร์ (S, mg/kg)
	Walkley and Black	วิธี Kjeldahl	สกัดด้วย Bray II	สกัดด้วย NH ₄ OAc pH 7.0			สกัดด้วย NH ₄ OAc pH 5	
ต่ำมาก	<0.5	<0.10	<3	<30	<400	<36	<25	<5
ต่ำ	0.5-1.5	0.10 - 0.30	3-10	30-60	401-1000	36-120	25-70	5-10
ปานกลาง	1.5-2.5	0.31 - 0.60	11-15	61-90	1001-2000	121-365	70-160	11-20
สูง	2.5-4.5	0.61 - 1.0	16-45	91-120	2001-4000	366-975	160-450	21-30
สูงมาก	>4.5	>1.0	>45	>120	>4000	>975	>450	>30

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจันจิรา เพชรศิลา
วัน เดือน ปี เกิด	22 มกราคม 2544
สถานที่เกิด	อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-