# ปัญหาพิเศษ

**การประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์**

**Evaluation of Haploid Induction Rate in Field Corn, Sweet Corn and Waxy Corn Using Haploid Inducer Population**

**นางสาวชลนภัส ทิพวอ**

**ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

**DEPARTMENT OF AGRONOMY**

**FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY**

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

**ปริญญา**

วิทยาศาสตร์เกษตร — **สาขา**

พืชไร่นา — **ภาควิชา**

**เรื่อง** **การประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์**

**Evaluation of Haploid Induction Rate in Field Corn, Sweet Corn and Waxy Corn Using Haploid Inducer Population**

**นามผู้วิจัย** นางสาวชลนภัส ทิพวอ

**ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์, วท.ด. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม** .....

Digitally signed by ภารดี ธรรมาภิชัย
Date: 2026.04.01 22:29:29 +07'00'

( อาจารย์ภารดี ธรรมาภิชัย, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรมโชติ, Ph.D. )

วันที่ 3 เดือน **เมษายน** พ.ศ. 2569

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

# การประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์

# Evaluation of Haploid Induction Rate in Field Corn, Sweet Corn and Waxy Corn Using Haploid Inducer Population


โดย

นางสาวชลนภัส ทิพวอ


เสนอ


ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

# บทคัดย่อ

นางสาวชลนภัส ทิพวอ 2568: การประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์ ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์, วท.ด. 29 หน้า

ข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ช่วยให้สามารถพัฒนาสายพันธุ์แท้ได้รวดเร็วขึ้น โดยอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์และการจำแนกแฮพลอยด์ที่แม่นยำเป็นปัจจัยเริ่มต้นที่สำคัญในการพัฒนาสายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮพลอยด์ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดต่างชนิด (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว) และต่างพันธุ์ โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์ และ 2) ศึกษาวิธีการจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ด้วย *R1-nj* anthocyanin marker และการจำแนกต้นแฮพลอยด์ด้วยขนาดเซลล์ปากใบ ดำเนินการผสมระหว่างข้าวโพด 3 ชนิด รวมจำนวน 6 พันธุ์ กับข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ แต่ละพันธุ์ดำเนินการใน 3 แปลงย่อย ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ด้วย *R1-nj* anthocyanin marker นำเมล็ด putative haploid ของทั้ง 6 พันธุ์ ไปเพาะจำนวน 50 เมล็ด/ถาด จำนวน 4 ซ้ำ และจำแนกหรือยืนยันต้นแฮพลอยด์ด้วยการส่องดูขนาดปากใบและวัดขนาด จากผลการทดลองพบว่า เมล็ด putative haploid ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว มีค่าค่อนข้างสูง อยู่ในช่วง 7.98-19.92% ยกเว้นพันธุ์ S7328 (3.80%) และ Hibrix 72 (5.96%) แต่เมื่อยืนยันต้น putative haploid ด้วยขนาดปากใบพบว่า สามารถจำแนกได้เป็นต้นที่เป็นแฮพลอยด์จริงที่ค่อนข้างต่ำ และมีจำนวนต้น false positive ที่ค่อนข้างสูง สรุปได้ว่า ข้าวโพดต่างชนิดและต่างพันธุ์มีอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์แตกต่างกัน โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียวที่ศึกษา มีอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์อยู่ในช่วง 0.40-0.72%, 0.62-1.39% และ 0.90-0.96% ตามลำดับ

ชลนภัส ทิพวอ — ลายมือชื่อนิสิต

สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ — ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

31 / มี.ค. / 69

# ABSTRACT

Chonnapas Thipwor 2025: Evaluation of Haploid Induction Rate in Field Corn, Sweet Corn and Waxy Corn Using Haploid Inducer Population. Bachelor's Special Problem in Agricultural Science, Department of Agronomy. Special Problem Advisor: Assistant Professor Sujin Jenweerawat, Ph.D. 29 pages.

Haploid inducer maize facilitates rapid development of inbred lines. Haploid induction rate and accurate haploid identification are critical initial factors in doubled haploid line development. This study aimed to 1) evaluate haploid induction rates among different corn types (field corn, sweet corn, and waxy corn) and varieties using haploid inducer population, and 2) study haploid identification methods using the *R1-nj* anthocyanin marker and stomatal cell size. The three types of corn, comprising a total of six varieties, were crossed with haploid inducer population at the National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Each variety was planted in three plots. Haploid seeds were initially identified using the *R1-nj* anthocyanin marker. Putative haploid seeds of the six varieties were germinated at 50 seeds per tray with four replications. Haploid plants were then confirmed by microscopic observation and measurement of stomatal size. The results showed that the proportion of putative haploid seeds in field corn, sweet corn and waxy corn were relatively high, ranging from 7.98% to 19.92%, except S7328 (3.80%) and Hibrix 72 (5.96%). However, confirmation based on stomatal size revealed a low proportion of true haploid plants and a relatively high number of false positives. Haploid induction rates (HIR) varied among corn types and varieties, ranging from 0.40% to 0.72% in field corn, 0.62% to 1.39% in sweet corn, and 0.90% to 0.96% in waxy corn.

chonnapas Thipwor — Student's signature

Sujin Jenweerawat — Special Problem Advisor's signature

31 / 3 / 2026

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และ อาจารย์ ดร.ภารดี ธรรมาภิชัย อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม เป็นอย่างสูงที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขในการเรียบเรียงปัญหาพิเศษ ทำให้งานนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ชวนชัย ผ่องใสย์ (Dr.Chuanchai Pongsai) บริษัท Yunnan Chia Tai หรือ CP ประเทศจีน ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ด haploid inducer ดร.ทวีศักดิ์ ภู่หลำ บริษัท สวีทซีดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ Q18420 และข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ Sweet Wax 254 รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์กล้อง Light Microscope และให้คำแนะนำในการจำแนกต้นแฮพลอยด์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ภัศจี คงศีล ที่ให้คำแนะนำในการสืบค้นข้อมูลและการจำแนกต้นแฮพลอยด์

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการปลูกและผสมพันธุ์ข้าวโพด และภาควิชาพืชไร่นา ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำปัญหาพิเศษ และพื้นที่ทำการทดลอง

สุดท้ายนี้ ดิฉันขอขอบคุณ นายวีรภัทร ไทยฉาย นิสิตปริญญาโท นางสาวฐิติรัตน์ รัตนวงษ์ และเพื่อน ๆ ที่คอยดูแล ช่วยเหลือในงานปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และ ครอบครัวที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษามาตลอด ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวชลนภัส ทิพวอ

มีนาคม 2569

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 8 |
| อุปกรณ์ | 8 |
| วิธีการ | 9 |
| สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย | 11 |
| ผลและวิจารณ์ | 12 |
| สรุป | 25 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 26 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 29 |

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


**1** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI) 15

**2** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดหวาน จำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI) 16

**3** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI) 17

**4** จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของข้าวโพด haploid plants และ false positive plants ที่ยืนยันจากการจำแนก haploid plants และ diploid plants ด้วยขนาดของเซลล์ปากใบ 19

**5** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test 21

**6** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดหวาน จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test 22

**7** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test 23

**8** สรุปเปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds ของข้าวโพดแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ที่ผสมกับ haploid inducer ซึ่ง putative haploid seeds (%) จำแนกเป็น haploid induction rate (HIR; %) และ false positive plants (%) 24

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| **1** | ลักษณะฝัก $F_1$ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว รวมจำนวน 6 พันธุ์ ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer (HI) | 13 |
| **2** | ลักษณะเมล็ด $F_1$ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว รวมจำนวน 6 พันธุ์ ที่จำแนกเป็น (a) haploid seeds (b) diploid seeds และ (c) outcross seeds ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer (HI) | 14 |
| **3** | ลักษณะเซลล์ปากใบของต้นข้าวโพด (a) haploid และ (b) diploid ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ | 19 |
| **4** | ภาพการวัดความกว้างและความยาวของเซลล์ปากใบของต้นข้าวโพด (a) haploid และ (b) diploid ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ | 20 |

# การประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์

# Evaluation of Haploid Induction Rate in Field Corn, Sweet Corn and Waxy Corn Using Haploid Inducer Population

## คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย โดยข้าวโพดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง 2 อันดับแรกของประเทศไทย ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดหวาน สำหรับข้าวโพดข้าวเหนียวถึงแม้ไม่มีรายงานสถิติอย่างเป็นทางการ แต่เป็นข้าวโพดฝักสดที่มีมูลค่าสูงเช่นกัน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2568ข) รายงานมูลค่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานในช่วงปี 2558-2567 โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์คิดผลผลิตเป็นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สีออกจากฝักแล้วโดยน้ำหนัก ณ ความชื้น 14.5 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่า 31,144 ล้านบาทในปี 2558 และ 37,879 ล้านบาทในปี 2567 สำหรับข้าวโพดหวานมีมูลค่าผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 3,623 ล้านบาทในปี 2558 และ 3,213 ล้านบาทในปี 2567 พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทยเป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single-cross hybrid) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีความสม่ำเสมอในลักษณะผลผลิต คุณภาพผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร การพัฒนาสายพันธุ์แท้ (inbred line development) เป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม ซึ่งวิธีการพัฒนาสายพันธุ์ที่เป็นที่นิยมโดยเฉพาะในภาคเอกชนคือ การพัฒนาสายพันธุ์แท้โดยใช้เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอย์ (double haploid (DH) technology) ซึ่งสามารถพัฒนาสายพันธุ์แท้ได้รวดเร็วกว่าวิธีมาตรฐาน

การพัฒนาสายพันธุ์แท้ในข้าวโพดโดยใช้เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอย์ จะใช้ข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer) ไปผสมกับพันธุกรรมที่ต้องการพัฒนาสายพันธุ์ ได้ลูกชั่วที่ 1 ($F_1$) ซึ่งจะนำมาจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ (haploid) แล้วจึงนำไปเพิ่มชุดโครโมโซมเพื่อพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ (Prasanna *et al*., 2012; ศฎาวุฒิ และคณะ, 2560) ในกรณีที่ haploid inducer มียีน *R1-nj* เมื่อผสมกับพันธุกรรมที่ต้องการพัฒนาสายพันธุ์และเกิดการปฏิสนธิซ้อนอย่างสมบูรณ์ (double fertilization) จะปรากฏสีม่วงจากสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) บริเวณเอ็นโดสเปิร์ม

(endosperm) และเอ็มบริโอ (embryo) เรียกว่า *R1-nj* anthocyanin marker ในการจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์จะจำแนกเมล็ดที่ติดสีม่วงเฉพาะบริเวณเอนโดสเปิร์ม ซึ่งอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid induction rate, HIR) ของ haploid inducer และการจำแนกแฮพลอยด์ที่แม่นยำ (accurate haploid identification) เป็นปัจจัยเริ่มต้นที่สำคัญในการพัฒนาสายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮพลอยด์

# วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดต่างชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว และในข้าวโพดต่างพันธุ์ โดยใช้ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์
2. เพื่อศึกษาวิธีการจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ในข้าวโพดด้วย *R1-nj* anthocyanin marker และการจำแนกต้นแฮพลอยด์ในข้าวโพดด้วยขนาดของเซลล์ปากใบ

# การตรวจเอกสาร

## ความสำคัญของข้าวโพด

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อการเกษตรของโลกและประเทศไทย เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทั้งด้านการบริโภค การผลิตอาหารสัตว์ และการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมแป้ง อุตสาหกรรมน้ำตาล และอุตสาหกรรมพลังงานชีวภาพ (สุทัศน์, 2552) ข้าวโพดยังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในหลายสภาพพื้นที่ มีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตต่อพื้นที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพืชไร่หลายชนิด (กรมวิชาการเกษตร, 2557) ในประเทศไทย ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจการเกษตรโดยเฉพาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์ของอุตสาหกรรมปศุสัตว์ เช่น อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกร ซึ่งมีความต้องการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในปริมาณสูง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568ก) การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ของประเทศ (กิตติ และคณะ, 2558) ข้าวโพดสามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะการใช้ประโยชน์และลักษณะทางพันธุกรรมของเมล็ด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะทางพันธุกรรมและการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน (สุทัศน์, 2552)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นชนิดที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้งสูง จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอาหารสัตว์ปีกและสุกร (กรมวิชาการเกษตร, 2557) นอกจากนี้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น การผลิตแป้งข้าวโพด น้ำมันข้าวโพด และเอทานอล ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและพลังงานชีวภาพ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568ก)

ข้าวโพดหวาน เป็นข้าวโพดที่นิยมบริโภคในลักษณะฝักสด เนื่องจากมีลักษณะเด่นคือมีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูง ทำให้มีรสหวานและเนื้อสัมผัสที่นุ่ม จึงเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในรูปของข้าวโพดต้ม ข้าวโพดแปรรูป และผลิตภัณฑ์ข้าวโพดกระป๋องหรือข้าวโพดแช่แข็ง (ศศิภา และคณะ, 2560) นอกจากนี้ ข้าวโพดหวานยังเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เนื่องจากสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่มีมูลค่าเพิ่มสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

ข้าวโพดข้าวเหนียวเป็นข้าวโพดฝักสดอีกหนึ่งชนิดที่ได้รับความนิยมบริโภคในประเทศไทย โดยมีลักษณะเด่นคือเมล็ดมีปริมาณแป้งอะไมโลเพคตินสูง ทำให้เมื่อผ่านการปรุงสุกแล้วมีลักษณะเหนียวนุ่ม จึงเป็นที่นิยมบริโภคในรูปของข้าวโพดต้มและผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ (Ketthaisong *et al*., 2015) ข้าวโพดข้าวเหนียวยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาพันธุ์พืช เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรมเฉพาะที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มคุณภาพทางโภชนาการและลักษณะทางการค้า (สุทัศน์, 2552)

**ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว**

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) หมายถึง ลูกผสมชั่วที่ 1 ($F_1$) ที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน หรืออาจเป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่าง 2 สายพันธุ์ พันธุ์โคลน หรือประชากรชนิดอื่น ๆ ลูกผสมชั่วที่ 1 จะแสดงลักษณะดีเด่น (hybrid vigor) สูงสุด ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมในทางการค้าที่นิยมกันมากที่สุด คือ ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single-cross hybrid corn) คือลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์ เช่น AxB หรือ CxD (กฤษฎา, 2544) ลูกผสมที่มาจากสายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์จัดว่าเป็นลูกผสมที่แท้จริง โดยเป็นพันธุ์ที่สามารถใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาของยีนทุกประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความสำเสมอสูง และเป็นการใช้ประโยชน์จากการพัฒนาสายพันธุ์แท้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (กฤษฎา, 2551; สุทัศน์, 2552)

วิธีการที่ใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์แท้ที่ใช้เป็นพ่อแม่ของพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ปัจจุบันมี 2 วิธี ดังนี้

1. การผสมตัวเองข้าวโพดจากแหล่งพันธุกรรมดี คือการพัฒนาสายพันธุ์แท้ด้วยวิธีการผสมตัวเองเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด โดยเริ่มจากการหาแหล่งพันธุกรรมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ เช่น ประชากร พันธุ์ลูกผสม คัดเลือกพืชที่มีลักษณะดีตรงตามความต้องการ ผสมตัวเอง (self-pollination) พืชที่คัดเลือก ประมาณ 6-8 ชั่ว เพื่อเพิ่มความเป็นพันธุ์แท้ (homozygosity) ของยีนภายในสายพันธุ์ วิธีนี้ต้องใช้ระยะเวลานานและต้องใช้พื้นที่ทดลองจำนวนมาก รวมถึงต้องใช้ทักษะในการคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ (Fehr, 1987; Prasanna *et al*., 2012)

2. การใช้เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ เป็นเป็นวิธีการที่ช่วยเร่งกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์แท้ให้รวดเร็วขึ้น โดยหลักการคือการสร้างพืชที่มีชุดโครโมโซมเพียงชุดเดียว (haploid) จากนั้นทำให้โครโมโซมเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเพื่อให้ได้พืชที่มีโครโมโซมครบชุด (doubled

haploid) ซึ่งพืชที่ได้จะมีลักษณะโฮโมไซกัสสมบูรณ์ในทุกตำแหน่งของยีน ส่งผลให้สามารถพัฒนาสายพันธุ์แท้ได้ภายในระยะเวลาเพียงประมาณ 2 ชั่วรุ่น วิธีนี้ช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกสายพันธุ์ และทำให้สามารถพัฒนาพันธุ์ลูกผสมใหม่ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ถูกนำมาใช้ในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ (Prasanna *et al*., 2012; ศฎาวุฒิ และคณะ, 2560)

**เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์**

กระบวนการพัฒนาสายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮพลอยด์ในข้าวโพด โดยทั่วไปเริ่มจากการผสมระหว่างประชากรหรือแหล่งพันธุกรรมที่ต้องการพัฒนาสายพันธุ์กับข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer) เมล็ดที่ได้จากการผสมจะถูกนำไปคัดเลือกเมล็ดที่เป็นแฮพลอยด์ โดยอาจใช้เครื่องหมายทางสัณฐานวิทยาในการคัดเลือก เช่น *R1-nj* anthocyanin marker ที่มาจาก haploid inducer จากนั้นนำเมล็ดแฮพลอยด์ที่ได้ไปเพาะและเพิ่มชุดโครโมโซมโดยใช้สารเคมี เช่น โคลชิซีน (colchicine) เพื่อให้ได้ต้นข้าวโพดที่มีโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และมีลักษณะทางพันธุกรรมเป็นโฮโมไซกัสสมบูรณ์ (Prasanna *et al*., 2012)

การนำเทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาสายพันธุ์แท้จากประมาณ 6-8 ชั่วรุ่นเหลือเพียงประมาณ 1-2 ชั่วรุ่น ทำให้สามารถพัฒนาพ่อแม่พันธุ์สำหรับการผลิตพันธุ์ลูกผสมได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกสายพันธุ์ เนื่องจากสายพันธุ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมสูงและสามารถประเมินลักษณะทางการเกษตรได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ส่งผลให้โปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์สามารถพัฒนาพันธุ์ลูกผสมใหม่ได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Dwivedi *et al*., 2015)

ความสำเร็จของการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างพืชแฮพลอยด์ (Chen *et al*., 2024) โดยสัดส่วนระหว่างเมล็ดแฮพลอยด์ที่จำแนกได้ต่อจำนวนเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดจากพันธุกรรมที่ต้องการพัฒนาสายพันธุ์แท้ หมายถึงอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid induction rate, HIR) (Prigge *et al*., 2012) เป็นการวัดประสิทธิภาพของ haploid inducer ในการชักนำให้เกิดพืชแฮพลอยด์ ในช่วง 15-20 ปีที่ผ่านมามีรายงานการพัฒนา haploid inducer ที่ก้าวหน้า โดยพบว่า haploid inducer ที่พัฒนาในช่วงหลังมีอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์สูง อยู่ในช่วง 8-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพัฒนามาจากพันธุกรรมของ Stock 6 ทำให้สามารถพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดชนิด DH (DH line) ในปริมาณมากได้ (Geiger and Gordillo, 2009) การจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ด้วยเครื่องหมายทางสัณฐานวิทยาส่วนใหญ่ใช้การจำแนกจากลักษณะการปรากฏสีม่วงบริเวณส่วนยอดของเอนโดสเปิร์ม (purple

crown coloration) และการปรากฏสีม่วงบนโคลีออพไทล์ (coleoptile) ของเอ็มบริโอ ซึ่งเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยอัลลีลกลายพันธุ์แบบเด่น *R1-nj* ของยีน *R1* ที่ให้สีแดง (Nanda and Chase, 1966) ซึ่งระดับความเข้มและขอบเขตการกระจายของสีม่วงที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมที่ต้องการนำมาพัฒนาสายพันธุ์แท้ และพันธุกรรมของข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (Chen *et al*., 2024) Lopez *et al*. (2023) และ Dermail *et al*. (2024) รายงานว่า ข้าวโพดต่างชนิดและพันธุ์ตอบสนองต่อการชักนำการเกิดแฮพลอยด์ต่างกัน และจำเป็นต้องใช้วิธีการประเมินเมล็ดและต้นแฮพลอยด์ที่มีประสิทธิภาพ การจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ด้วยเครื่องหมายทางสัณฐานวิทยาดังกล่าวใช้การจำแนกด้วยสายตา ซึ่งอาจมีส่วนที่จำแนกผิดพลาดได้ ทำให้เกิดเป็นต้นที่เพาะจากเมล็ดที่คาดว่าเป็นแฮพลอยด์ (putative haploid seed) แต่จำแนกแล้วไม่ใช่แฮพลอยด์ เรียกว่า false positive plant ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกต้นแฮพลอยด์ในระยะแรกของระยะกล้า ซึ่งการจำแนกด้วยความยาวของเซลล์ปากใบเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกต้นแฮพลอยด์ออกจากต้นดิพลอยด์ในระยะ V2 หรือ V3 (Choe *et al*., 2012; Molenaar *et al*., 2019; Silva *et al*. 2020) โดย Souza *et al*. (2024) รายงานว่า $F_1$ haploids ของข้าวโพดหวานมีความยาวเซลล์ปากใบลดลง 32.7%-38.2% เมื่อเปรียบเทียบกับ $F_1$ diploids

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. เชื้อพันธุกรรมข้าวโพด
    1.1 พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการพัฒนาสายพันธุ์ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่
        - ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ DK9979C (บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด) และ S7328 (บริษัท ซินเจนทา ซีดส์ (ประเทศไทย) จำกัด)
        - ข้าวโพดหวาน จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ Q18420 (บริษัท สวีทซีดส์ จำกัด) และ Hibrix 72 (บริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด)
        - ข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ Sweet Wax 254 (บริษัท สวีทซีดส์ จำกัด) และ Sweet White 25 (บริษัท อีสท์ เวสท์ ซีด จำกัด)
    1.2 ประชากรชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร.ชวนชัย ผ่องใสย์ (Dr.Chuanchai Pongsai) บริษัท Yunnan Chia Tai หรือ CP ประเทศจีน
2. อุปกรณ์และวัสดุสำหรับปลูกและเก็บข้อมูล
    2.1 ตลับเมตร
    2.2 ไม้ปักแปลง
    2.3 ลวดสลิง
    2.4 อุปกรณ์สำหรับปลูกข้าวโพดด้วยมือ (Jab corn planter)
    2.5 ป้ายกระดาษ (tag)
    2.6 ถุงคลุมช่อดอกเพศเมีย (glassine bag) และถุงคลุมช่อดอกเพศผู้ (tassel bag)
    2.7 เครื่องเย็บกระดาษ (stapler) และลวดเย็บกระดาษ (staple)
    2.8 ถุงตาข่ายสีฟ้า สำหรับเก็บฝักผสม
    2.9 แผ่นพลาสติกลูกฟูก (polypropylene board, PP Board) สำหรับถ่ายภาพ
    2.10 ไม้บรรทัดสำหรับเทียบขนาดในภาพถ่าย
    2.11 ถาดเพาะเมล็ดข้าวโพด ขนาด 104 หลุม เส้นผ่านศูนย์กลางหลุม 3.8 เซนติเมตร ความลึกหลุม 4 เซนติเมตร
    2.12 เครื่องชั่งน้ำหนักเมล็ด ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
    2.13 กล้องจุลทรรศน์ Light Microscope รุ่น ZEISS Primostar 3 Fix-K Bi

## วิธีการ

งานทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การผสมระหว่างข้าวโพด 6 พันธุ์ กับข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer) และ 2) การปลูกเมล็ดที่จำแนกว่าเป็นแฮพลอยด์ (putative haploid seed) และจำแนกต้นที่เป็นแฮพลอยด์จริง (true haploid identification)

1. การผสมระหว่างข้าวโพด 6 พันธุ์ กับข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer)

1.1 ปลูกข้าวโพดวันที่ 29 กรกฎาคม 2568 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ให้น้ำครั้งแรกวันที่ 31 กรกฎาคม 2568 โดยปลูกข้าวโพด 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว ชนิดละ 2 พันธุ์ รวมทั้งหมด 6 พันธุ์ พันธุ์ละ 4 แถว แต่ละพันธุ์ปลูก 3 แปลงย่อย และผสมกับ haploid inducer โดยใช้ haploid inducer เป็นพ่อ ซึ่งปลูกไว้จำนวน 8 แถว ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 0.75 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.25 เมตร ความยาวแถว 5 เมตร

บันทึกวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม 50% (50% anthesis and silking, จำนวนวัน)

1.2 เก็บเกี่ยวฝักผสมจากต้นแม่ของข้าวโพดทั้ง 6 พันธุ์ ในระยะ R6 หรือหลังจากนั้น ได้เป็นฝัก $F_1$ จำนวน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ นำฝักมากะเทาะเมล็ดและจำแนกเมล็ด $F_1$ ด้วยสายตา โดยใช้การปรากฏของ *R1-nj* anthocyanin marker จาก haploid inducer ซึ่งสามารถจำแนกเมล็ดได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ putative haploid, diploid และ outcross (เมล็ดที่ไม่ได้รับการผสมจาก haploid inducer หรือได้รับการผสมจากข้าวโพดพันธุ์อื่น)

- เมล็ด putative haploid: พบสีม่วงปรากฏที่ endosperm แต่ embryo ไม่มีสีม่วง
- เมล็ด diploid: พบสีม่วงปรากฏที่ endosperm และ embryo
- เมล็ด outcross ไม่พบสีม่วงบนเมล็ด

2. การปลูกเมล็ดที่จำแนกว่าเป็นแฮพลอยด์ (putative haploid seed) และจำแนกต้นที่เป็นแฮพลอยด์จริง (true haploid identification)

2.1 นำเมล็ดที่คาดว่าเป็น haploid (putative haploid) ของแต่ละกลุ่มไปเพาะในถาดเพาะ จำนวน 50 เมล็ด/ถาด จำนวน 4 ซ้ำ โดยปลูกเมล็ด diploid ที่เป็นพันธุ์ข้าวโพดเดิมของแต่ละกลุ่ม และเมล็ด diploid ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดแต่ละพันธุ์กับ haploid inducer ไว้เปรียบเทียบ

ในแต่ละถาด เพาะเมล็ดเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2568 ที่แปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 เมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะ V2 ถึง V3 (ข้าวโพดมีอายุ 15 วัน เนื่องจากในช่วงปลูกมีอากาศเย็นทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตช้า) ตัดแผ่นใบของต้น putative haploids แต่ละต้น ขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เพื่อนำมาส่องดูขนาดของเซลล์ปากใบ (stomatal guard cell) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อจำแนกระหว่างต้น haploid และ diploid โดยใช้เซลล์ปากใบของต้น diploid ของแต่ละพันธุ์เป็นตัวเปรียบเทียบ และคำนวณอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (%) และ false positive plant

อัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (%) = (จำนวนต้น haploid / จำนวนต้นทั้งหมด) x 100

2.3 สุ่มตัวอย่างต้น haploid จำนวน 3 ต้นต่อกลุ่ม และต้น diploid จำนวน 2 ต้นต่อกลุ่ม เพื่อนำมาวัดความกว้างและความยาวของเซลล์ปากใบ จำนวน 20 เซลล์/ต้น โดยวัดเซลล์ปากใบที่ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และนำข้อมูลมาคำนวณพื้นที่ของเซลล์ปาก โดยใช้สูตรคำนวณพื้นที่วงรี และวิเคราะห์ความแตกต่างของความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบระหว่างต้น haploid และ diploid ด้วย T-Test

# สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

## 1. สถานที่การทำวิจัย

- ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
- ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
- ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

## 2. ระยะเวลาการทำวิจัย

เดือนกรกฎาคม 2568 ถึง เดือนมกราคม 2569

# ผลและวิจารณ์

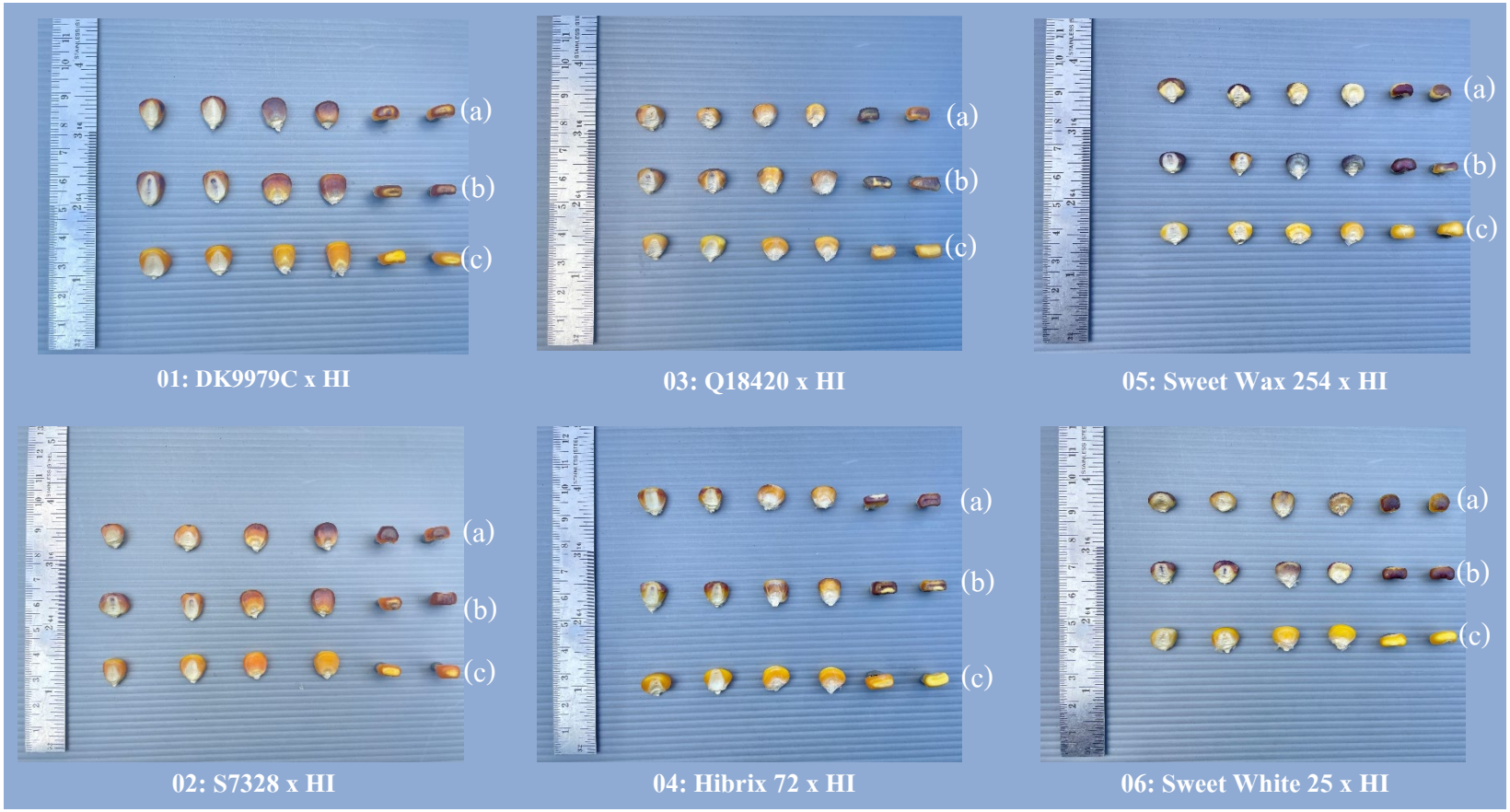
## การผสมระหว่างข้าวโพด 6 พันธุ์ กับข้าวโพดชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid inducer)

ในการผสมระหว่างข้าวโพด 3 ชนิด รวมจำนวน 6 พันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 พันธุ์ ได้แก่ DK9979C และ S7328 มีค่าเฉลี่ยวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม 50% เท่ากับ 57/57 วัน และ 59/59 วัน ตามลำดับ ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Q18420 และ Hibrix 72 มีค่าเฉลี่ยวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม 50% เท่ากับ 52/53 วัน และ 55/56 วัน ตามลำดับ และข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ Sweet Wax 254 และ Sweet White 25 มีค่าเฉลี่ยวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม 50% เท่ากับ 48/49 วัน และ 50/51 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ haploid inducer (จากจำนวน 34 ต้น) มีวันสลัดละอองเกสร 50% อยู่ในช่วง 51-65 วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 59 วัน และมีค่าเฉลี่ยวันออกไหม 50% เท่ากับ 52 วัน

## การจำแนกเมล็ดข้าวโพด $F_1$ โดยใช้ *R1-nj* anthocyanin marker

ฝัก $F_1$ จำนวน 6 กลุ่ม แสดงดังภาพที่ 1 จากการจำแนกเมล็ดข้าวโพด $F_1$ ด้วยสายตาโดยใช้การปรากฏของ *R1-nj* anthocyanin marker สามารถจำแนกเมล็ดได้ 3 ประเภท ได้แก่ putative haploid, diploid และ outcross ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแต่ละประเภทในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว แสดงดังตารางที่ 1-3 ตามลำดับ ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 1) พบว่า เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ DK9979C x haploid inducer (HI) มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 7.98% ในขณะที่เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ S7328 x HI มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 3.80% ในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 2) พบว่า เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ Q18420 x HI มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 16.47% ในขณะที่เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ Hibrix 72 x HI มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 5.96% และในข้าวโพดข้าวเหนียว (ตารางที่ 3) เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ Sweet Wax 254 x HI มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 19.92% ในขณะที่เมล็ด $F_1$ ที่ได้จากพันธุ์ Sweet White 25 x HI มีเมล็ด putative haploid เฉลี่ย 12.74%

**ภาพที่ 1** ลักษณะฝัก $F_1$ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว รวมจำนวน 6 พันธุ์ ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer (HI)




**ภาพที่ 2** ลักษณะเมล็ด $F_1$ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว รวมจำนวน 6 พันธุ์ ที่จำแนกเป็น (a) haploid seeds (b) diploid seeds และ(c) outcross seeds ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer (HI)

**ตารางที่ 1** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI)

| Corn type and variety | Rep. | No. of ears/plot | Total $F_1$ seeds | Putative haploid | | | Diploid | | | Outcross | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) |
| **Field Corn** | | | | | | | | | | | | |
| 01: DK9979C x HI | 1 | 65 | 14,973 | 1,362 | 9.10 | 7.98 | 4,105 | 27.42 | 34.12 | 9,506 | 63.49 | 57.91 |
| | 2 | 40 | 6,462 | 602 | 9.32 | | 2,392 | 37.02 | | 3,468 | 53.67 | |
| | 3 | 13 | 3,426 | 189 | 5.52 | | 1,299 | 37.92 | | 1,938 | 56.57 | |
| | **Total** | **118** | | 2,153 | | | | | | | | |
| 02: S7328 x HI | 1 | 56 | 10,515 | 380 | 3.61 | 3.80 | 9,948 | 94.61 | 92.92 | 187 | 1.78 | 3.27 |
| | 2 | 23 | 5,417 | 122 | 2.25 | | 4,974 | 91.82 | | 321 | 5.93 | |
| | 3 | 13 | 3,065 | 170 | 5.55 | | 2,830 | 92.33 | | 65 | 2.12 | |
| | **Total** | **92** | | 672 | | | | | | | | |

**ตารางที่ 2** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดหวานจำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI)

| Corn type and variety | Rep. | No. of ears/plot | Total $F_1$ seeds | Putative haploid | | | Diploid | | | Outcross | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) |
| **Sweet Corn** | | | | | | | | | | | | |
| 03: Q18420 x HI | 1 | 30 | 4,823 | 818 | 16.96 | 16.47 | 3,527 | 73.13 | 63.02 | 478 | 9.91 | 20.51 |
| | 2 | 13 | 2,098 | 290 | 13.82 | | 1,356 | 64.63 | | 452 | 21.54 | |
| | 3 | 4 | 542 | 101 | 18.63 | | 278 | 51.29 | | 163 | 30.07 | |
| | **Total** | **47** | | 1,209 | | | | | | | | |
| 04: Hibrix 72 x HI | 1 | 61 | 10,343 | 1,050 | 10.15 | 5.96 | 8,742 | 84.52 | 84.38 | 551 | 5.33 | 9.66 |
| | 2 | 8 | 1,630 | 68 | 4.17 | | 1,357 | 83.25 | | 205 | 12.58 | |
| | 3 | 9 | 2,868 | 102 | 3.56 | | 2,448 | 85.36 | | 318 | 11.09 | |
| | **Total** | **78** | | 1,220 | | | | | | | | |

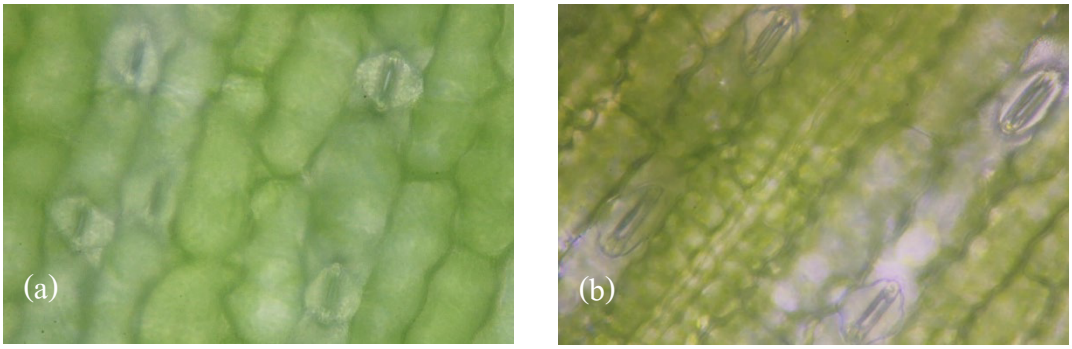
**ตารางที่ 3** เปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds จากการจำแนกเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 2 พันธุ์กับ haploid inducer (HI)

| Corn type and variety | Rep. | No. of ears/plot | Total $F_1$ seeds | Putative haploid | | | Diploid | | | Outcross | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) | No. of seeds | (%) | Average (%) |
| **Waxy Corn** | | | | | | | | | | | | |
| 05: Sweet Wax 254 x HI | 1 | 36 | 4,175 | 1,240 | 29.70 | 19.92 | 2,570 | 61.56 | 61.23 | 365 | 8.74 | 18.84 |
| | 2 | 7 | 745 | 161 | 21.61 | | 463 | 62.15 | | 121 | 16.24 | |
| | 3 | 6 | 260 | 22 | 8.46 | | 156 | 60.00 | | 82 | 31.45 | |
| | **Total** | **49** | | 1,423 | | | | | | | | |
| 06: Sweet White 25 x HI | 1 | 25 | 3,174 | 600 | 18.90 | 12.74 | 2,152 | 67.80 | 66.67 | 422 | 13.30 | 20.59 |
| | 2 | 12 | 717 | 73 | 10.18 | | 429 | 59.83 | | 215 | 29.99 | |
| | 3 | 5 | 514 | 47 | 9.14 | | 372 | 72.37 | | 95 | 18.48 | |
| | **Total** | **42** | | 720 | | | | | | | | |

**การจำแนกต้น haploid กับต้น diploid จากขนาดเซลล์ปากใบ**

เมื่อนำเมล็ด putative haploid ที่คัดเลือกได้จากการใช้ *R1-nj* anthocyanin marker มาเพาะจำนวน 50 เมล็ด/ถาด จำนวน 4 ซ้ำ รวมจำนวน 200 เมล็ด และตรวจสอบต้น haploid เปรียบเทียบกับต้น diploid เมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะ V2 ถึง V3 โดยส่องดูขนาดเซลล์ปากใบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 3) พบว่า ต้น haploid ที่ยืนยันได้ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ DK9979C และ S7328 คิดเป็น 4.98% และ 18.81% ตามลำดับ ต้น haploid ที่ยืนยันได้ในข้าวโพดหวานพันธุ์ Q18420 และ Hibrix 72 คิดเป็น 8.42% และ 10.45% ตามลำดับ และต้น haploid ที่ยืนยันได้ในข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ Sweet Wax 254 และ Sweet White 25 คิดเป็น 4.50% และ 7.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากการเพาะเมล็ด putative haploid จำนวน 200 เมล็ด/พันธุ์ มีข้อสังเกตว่าจำนวนต้นกล้าที่งอกอยู่ในช่วง 200-202 ต้น เนื่องจากมีบางเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าได้ 2 ต้น และจากการยืนยันต้น haploid ดังกล่าว พบว่าในชนิดและพันธุ์ข้าวโพดที่นำมาทดลองมีจำนวนต้นที่เป็น false positive plants สูงมาก อยู่ในช่วง 81.19%-95.50% ซึ่งอาจเป็นผลจากความเข้มและพื้นที่ที่ติดสีม่วงในข้าวโพดแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ที่นำมาผสมกับ haploid inducer (Chen *et al*., 2024) โดยการติดสีของ *R1-nj* anthocyanin marker ในข้าวโพดต่างชนิดและต่างพันธุ์มีความแตกต่างกัน มีการติดสีจาง-เข้ม เป็นแต้มสีหรือเป็นจุดแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะเมล็ดที่สามารถจำแนก *R1-nj* anthocyanin marker ได้ง่ายคือ เมล็ดที่มีลักษณะแบน-ยาว และลักษณะเมล็ดที่จำแนกได้ยากคือ เมล็ดที่มีลักษณะสั้น-กลม สำหรับข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ Sweet Wax 254 สีเมล็ดของพันธุ์นี้มีทั้งสีขาวและสีม่วงปนกัน เมื่อนำเมล็ด $F_1$ ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer มาจำแนก พบเมล็ด $F_1$ ที่เป็นสีม่วงเช่นกัน ดังนั้นในเมล็ดที่เป็นสีม่วงจะทำให้เกิดการบดบังการแสดงออกของ *R1-nj* anthocyanin marker ทำให้จำแนกเมล็ด haploid ได้ยาก

การจำแนกต้น haploid ในระยะ V2 ถึง V3 ในการทดลองนี้ไม่สามารถจำแนกได้ด้วยความสูงต้นและขนาดของต้น แต่ต้น haploid ส่วนใหญ่ที่ยืนยันได้จากการส่องดูขนาดของเซลล์ปากใบมักจะมีขนาดต้นเล็ก ใบแคบและเรียวแหลม โดยการจำแนกต้น haploid ด้วยขนาดเซลล์ปากใบต้องส่องดูทุกต้นจึงใช้เวลานานในการยืนยันต้น haploid ทั้งหมด และเนื่องจากไม่มีข้อมูลพันธุกรรมของ haploid inducer ที่ใช้ในการทดลอง จากการสังเกตพบว่า haploid inducer ที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่มียีนที่แสดงออกสีม่วงหรือสีแดงบริเวณราก โดยเมล็ด $F_1$ diploid ที่ได้จากการผสมกับ haploid inducer ไม่มีลักษณะรากสีม่วงหรือสีแดง จึงไม่สามารถจำแนกต้น haploid ด้วยสีของรากได้



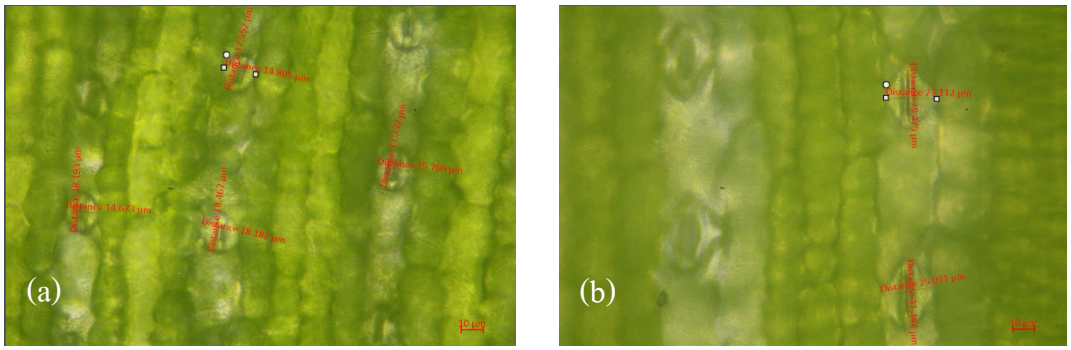

**ภาพที่ 3** ลักษณะเซลล์ปากใบของต้นข้าวโพด (a) haploid และ (b) diploid ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

**ตารางที่ 4** จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของข้าวโพด haploid plants และ false positive plants ที่ยืนยันจากการจำแนก haploid plants และ diploid plants ด้วยขนาดของเซลล์ปากใบ

| Corn type and variety | No. of sown haploid seeds | No. of germinated seedlings | Confirmed haploid plants | | False positive plants | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Number | (%) | Number | (%) |
| **Field Corn** | | | | | | |
| 01: DK9979C x HI | 200 | 201 | 10 | 4.98 | 191 | 95.02 |
| 02: S7328 x HI | 200 | 202 | 38 | 18.81 | 164 | 81.19 |
| **Sweet Corn** | | | | | | |
| 03: Q18420 x HI | 200 | 202 | 17 | 8.42 | 185 | 91.58 |
| 04: Hibrix 72 x HI | 200 | 201 | 21 | 10.45 | 180 | 89.55 |
| **Waxy Corn** | | | | | | |
| 05: Sweet Wax 254 x HI | 200 | 200 | 9 | 4.50 | 191 | 95.50 |
| 06: Sweet White 25 x HI | 200 | 200 | 15 | 7.50 | 185 | 92.50 |

**การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบ**

การวัดขนาดความกว้างและความยาวของเซลล์ปากใบมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm) ใช้โปรแกรม ZEISS ZEN 3.13 ในการวัดขนาด (ภาพที่ 4) ผลการเปรียบเทียบ ความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบระหว่างต้น haploid และ diploid โดยใช้ T-Test แสดงดังตารางที่ 5-7 พบว่า ความกว้าง ความยาว และขนาดพื้นที่เซลล์ปากใบของต้น haploid และ diploid แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้าวโพดทุกชนิดและทุกพันธุ์ ยกเว้นความกว้างเซลล์ปากใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ DK9979C และข้าวโพดหวานพันธุ์ Q18420 โดยต้น haploid มีขนาดความกว้าง ความยาว และพื้นที่เซลล์ปากใบน้อยกว่าต้น diploid อย่างชัดเจน




**ภาพที่ 4** ภาพการวัดความกว้างและความยาวของเซลล์ปากใบของต้นข้าวโพด (a) haploid และ (b) diploid ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

**ตารางที่ 5** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test

| | 01 Field Corn: DK9979C | | | | | | 02 Field Corn: S7328 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | |
| | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid |
| Mean | 12.92 | 13.15 | 13.56 | 16.52 | 144.43 | 170.47 | 18.86 | 21.91 | 17.51 | 29.42 | 257.80 | 507.83 |
| Variance | 10.18 | 2.90 | 10.87 | 2.43 | 4292.94 | 704.74 | 12.69 | 7.10 | 4.49 | 8.46 | 2583.22 | 7531.35 |
| Observations | 59 | 39 | 59 | 39 | 59 | 39 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Pooled Variance | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Hypothesized Mean Difference | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| df | 93 | | 88 | | 83 | | 97 | | 66 | | 57 | |
| t Stat | -0.46 | | -5.97 | | -2.73 | | -4.89 | | -22.26 | | -16.44 | |
| P(T<=t) two-tail | 0.65 | | 0.00 | | 0.01 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | |
| t Critical two-tail | 1.99 | | 1.99 | | 1.99 | | 1.98 | | 2.00 | | 2.00 | |

**ตารางที่ 6** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดหวาน จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test

| | 03 Sweet Corn: Q18420 | | | | | | 04 Sweet Corn: Hibrix 72 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | |
| | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid |
| Mean | 19.50 | 20.41 | 19.40 | 25.51 | 297.94 | 410.74 | 18.71 | 21.24 | 20.04 | 26.61 | 295.07 | 443.71 |
| Variance | 7.66 | 6.50 | 5.69 | 11.71 | 3574.25 | 7369.27 | 7.31 | 7.67 | 4.43 | 2.87 | 2680.59 | 4111.14 |
| Observations | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Pooled Variance | 7.20 | | - | | - | | 7.45 | | 3.81 | | 3249.89 | |
| Hypothesized Mean Difference | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| df | 88 | | 64 | | 64 | | 82 | | 94 | | 71 | |
| t Stat | -1.69 | | -9.81 | | -7.22 | | -4.51 | | -17.21 | | -12.24 | |
| P(T<=t) two-tail | 0.10 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | |
| t Critical two-tail | 1.99 | | 2.00 | | 2.00 | | 1.99 | | 1.99 | | 1.99 | |

**ตารางที่ 7** การเปรียบเทียบความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของเซลล์ปากใบของ haploid plants และ diploid plants ในข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 2 พันธุ์ โดยวิธี T-Test

| | 05 Waxy Corn: Sweet Wax 254 | | | | | | 06 Waxy Corn: Sweet White 25 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | | Stomatal width (µm) | | Stomatal length (µm) | | Stomatal Area (µm²) | |
| | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid | Haploid | Diploid |
| Mean | 17.37 | 22.93 | 18.44 | 27.03 | 252.82 | 488.82 | 16.48 | 20.19 | 19.14 | 28.21 | 248.11 | 447.80 |
| Variance | 7.62 | 14.84 | 2.79 | 6.29 | 2920.40 | 11057.18 | 4.99 | 3.65 | 4.95 | 6.36 | 2182.85 | 3749.52 |
| Observations | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Pooled Variance | - | - | - | - | - | - | 4.46 | | 5.51 | | - | |
| Hypothesized Mean Difference | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| df | 65 | | 62 | | 53 | | 92 | | 76 | | 68 | |
| t Stat | -7.88 | | -19.03 | | -13.09 | | -8.88 | | -18.46 | | -17.51 | |
| P(T<=t) two-tail | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | |
| t Critical two-tail | 2.00 | | 2.00 | | 2.01 | | 1.99 | | 1.99 | | 2.00 | |

**สรุปเปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds**

ผลการสรุปเปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds ของข้าวโพด 3 ชนิด จำนวน 6 พันธุ์ ที่ผสมกับ haploid inducer แสดงดังตารางที่ 8 โดยเปอร์เซ็นต์ของเมล็ด putative haploid สามารถจำแนกได้เป็น haploid induction rate (HIR, %) และเปอร์เซ็นต์ของ false positive plants พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ DK9979C และ S7328 มีค่า HIR เท่ากับ 0.40% และ 0.72% ตามลำดับ ข้าวโพดหวานพันธุ์ Q18420 และ Hibrix 72 มีค่า HIR เท่ากับ 1.39% และ 0.62% ตามลำดับ และข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ Sweet Wax 254 และ Sweet White 25 มีค่า HIR เท่ากับ 0.90% และ 0.96% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า HIR ระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ Q18420 ให้ค่า HIR สูงที่สุดในการทดลอง ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ DK9979C ให้ค่า HIR ต่ำที่สุด

**ตารางที่ 8** สรุปเปอร์เซ็นต์ของ putative haploid seeds, diploid seeds และ outcross seeds ของข้าวโพดแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ที่ผสมกับ haploid inducer ซึ่ง putative haploid seeds (%) จำแนกเป็น haploid induction rate (HIR; %) และ false positive plants (%)

| | Putative | Putative haploid seeds | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | haploid seeds | Haploid induction | False positive | Diploid | Outcross seeds |
| Corn type and Variety | (%) | rate (HIR; %) | plants (%) | seeds (%) | (%) |
| **Field Corn** | | | | | |
| 01: DK9979C x HI | 7.98 | 0.40 | 7.58 | 34.12 | 57.91 |
| 02: S7328 x HI | 3.80 | 0.72 | 3.09 | 92.92 | 3.27 |
| **Sweet Corn** | | | | | |
| 03: Q18420 x HI | 16.47 | 1.39 | 15.09 | 63.02 | 20.51 |
| 04: Hibrix 72 x HI | 5.96 | 0.62 | 5.34 | 84.38 | 9.66 |
| **Waxy Corn** | | | | | |
| 05: Sweet Wax 254 x HI | 19.92 | 0.90 | 19.03 | 61.23 | 18.84 |
| 06: Sweet White 25 x HI | 12.74 | 0.96 | 11.79 | 66.67 | 20.59 |

# สรุป

จากการศึกษาอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว ชนิดละ 2 พันธุ์ รวมจำนวน 6 พันธุ์ พบว่า อัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (haploid induction rate) หรือ HIR (%) ในข้าวโพดต่างชนิดและต่างพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่า HIR (%) อยู่ในช่วง 0.40-0.72% ข้าวโพดหวาน 0.62-1.39% และข้าวโพดข้าวเหนียว 0.90-0.96% การจำแนกเมล็ดแฮพลอยด์ในข้าวโพดด้วย *R1-nj* anthocyanin marker ด้วยสายตา จะมีส่วนที่จำแนกผิดพลาดจากการปรากฏสีม่วงบนเมล็ดข้าวโพดที่แตกต่างกัน เช่น สีจาง-เข้ม หรือปรากฏแต้มสีน้อย-มาก ทำให้เกิดเป็น false positive plants และการจำแนกต้นแฮพลอยด์ในข้าวโพดระยะ V2 ถึง V3 ด้วยขนาดของเซลล์ปากใบ สามารถจำแนกต้นแฮพลอยด์ออกจากดิพลอยด์ได้อย่างชัดเจน โดยต้นแฮพลอยด์มีขนาดปากใบเล็กกว่าต้นดิพลอยด์อย่างชัดเจน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กรมวิชาการเกษตร. 2557. **ข้าวโพดและเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดในประเทศไทย**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของแนวคิด.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2551. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิตติ สมบัติ, สมชาย ใจดี และ ประเสริฐ บุญเกิด. 2558. การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยและแนวทางการเพิ่มผลผลิต. **วารสารพืชไร่**. 10(2): 45–52.

ศฎาวุฒิ กุลมณี, ประภา ศรีพิจิตต์, สุจินต์ เจนวีรวัฒน์, รัตติกาน เกิดผล และ ธานี ศรีวงศ์ชัย. 2560. การพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดโดยวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์จากประชากร $S_0$ และ $S_1$. **ว. วิทย์ กษ.** 48(2): 260–269.

ศศิภา เหลือทรัพย์, จุฑามาศ ร่มแก้ว, กนกวรรณ เที่ยงธรรม และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2560. ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมในการลดความชื้นที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. **ว. วิทย์ กษ.** 48(พิเศษ 2): 89–92.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2552. **การปรับปรุงพันธุ์พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2568ก. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2569**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2568ข. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2567**. แหล่งที่มา: https://oae.go.th/uploads/files/2025/04/30/fd747711b82231d4.pdf, 24 มีนาคม 2569.

Chen Y.-R., T. Lübberstedt and U.K. Frei. 2024. Development of doubled haploid inducer lines facilitates selection of superior haploid inducers in maize. **Front. Plant Sci.** 14:1320660. Doi: 10.3389/fpls.2023.1320660

Choe, E., C.H. Carbonero, K. Mulvaney, A.L. Rayburn and R.H. Mumm. 2012. Improving in vivo maize doubled haploid production efficiency through early detection of false positives. **Plant Breed.** 131: 399–401.

Dermail, A., M. Mitchell, T. Foster, M. Fakude, Y.-R. Chen, K. Suriharn, U.K. Frei and T. Lübberstedt. 2024. Haploid identification in maize. **Front. Plant Sci.** 15: 1378421. Doi: 10.3389/fpls.2024.1378421.

Dwivedi, S.L., A.B. Britt, L. Tripathi, S. Sharma, H.D. Upadhyaya and R. Ortiz. 2015. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding. **Biotechnol. Adv.** 33: 812–829.

Fehr, W.R. 1987. **Principles of Cultivar Development: Theory and Technique**. Macmillan Publishing Company, New York.

Geiger, H.H. and G.A. Gordillo. 2009. Doubled haploids in hybrid maize breeding. **Maydica** 54: 485–499.

Ketthaisong, D., B. Suriharn, R. Tangwongchai, J.-l. Jane and K. Lertrat. 2015. Physicochemical and morphological properties of starch from fresh waxy corn kernels. **J. Food Sci. Technol.** 52(10): 6529–6537.

Lopez, L.A., J. Ochieng, M. Pacheco, L. Martinez, H.A. Omar, M. Gowda, B.M. Prasanna, K.S. Dhugga and V. Chaikam. 2023. Effectiveness of *R1-nj* anthocyanin marker in the identification of in vivo induced maize haploid embryos. **Plants** 12: 2314. Doi: 10.3390/plants12122314.

Molenaar, W.S., E.G.O. Couto, H.P. Piepho and A.E. Melchinger. 2019 Early diagnosis of ploidy status in doubled haploid production of maize by stomata length and flow cytometry measurements. **Plant Breed**. 138: 266–276.

Nanda, D.K. and S.S. Chase. 1966. An embryo marker for detecting monoploids of maize (*Zea mays* L.) 1. **Crop Sci**. 6: 213–215. Doi: 10.2135/CROPSCI1966.0011183X000600020036X

Prasanna, B.M., V. Chaikam and G. Mahuku. 2012. **Doubled Haploid (DH) Technology in Maize Breeding: Theory and Practice.** CIMMYT, Mexico, D.F.

Prigge, V., W. Schipprack, G. Mahuku, G.N. Atlin and A.E. Melchinger. 2012. Development of in vivo haploid inducers for tropical maize breeding programs. **Euphytica** 185: 481–490. Doi: 10.1007/s10681-012-0657-5

Silva, H.A., C.A. Scapim, J.M.S. Vivas, A.T. Amaral, R.J.B. Pinto, K.S.M. Mourão, R.M. Rossi and A.G. Baleroni. 2020. Effect of ploidy level on guard cell length and use of stomata to discard diploids among putative haploids in maize. **Crop Sci.** 60: 1199–1209.

Souza, L.F., B.F. Fregonezi, J. M.M. Oliveira, V.J. Lucena, O.G.L. Hoda, I.A. Duarte and J.M. Ferreira. 2024. Early haploid identification by stomatal guard cell length in tropical supersweet corn using different inducers. **CBAB**. 24(1): e46052414. Doi:10.1590/1984-70332024v24n1a04

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | นางสาวชลนภัส ทิพวอ |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 27 ตุลาคม พ.ศ. 2546 |
| **สถานที่เกิด** | ตำบลโนนห้อม อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี |
| **ประวัติการศึกษา** | 2565-2569 ศึกษาระดับปริญญาตรี<br>หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต<br>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตร<br>แขนงวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพืชไร่<br>คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน** | - |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | - |
| **ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ** | - |
| **ทุนการศึกษาที่ได้รับ** | - |