ผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในระยะรับประทานฝักสด

Effect of Spacing and Number of Plant per Hill on Yield of Edible Purple Waxy Corn

ธนวัฒน์ เสนเผือก[1/] สกุลกานต์ สิมลา[1/] สุรศักดิ์ บุญแต่ง[1/]

Thanawat Seanphuak[1/] Sakunkan Simla[1/] Surasak Boontang[1/]

ABSTRACT

Aim of this study was to determine the effect of spacing and number of plants per hill on yield and yield component of edible purple waxy corn. The experiment was in the 3x3 split plot in randomized complete block design. The main plot was plant spacing (15, 25 and 35 cm) while three plant number per hill (1, alternate between 1 and 2, and 2 plants / hill) was described as subplot. A field experiment was conducted at Roi-et Agricultural Research and Development Centre, Roi-et Province in dry season 2014/2015. Weight per each and yield of unhusked ear, husked ear, husk, silk, shank, kernel, cob and stalk were recorded. The results showed that the plant spacing at 35 cm with one plant per hill (5,714 plants/rai) had the highest weight per all parts. Plant population at 26,667 plants/rai (plant spacing 15 cm and 2 plants per hill) produced the maximum yield. Therefore, the most suitable population for farmer was the plant spacing at 35 cm with one plant per hill which had the maximum yield.

Keywords: row spacing, plant population, population rate, yield component, *Zea mays* L.

[1/] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1/] Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakham 44150

บทคัดย่อ

การประเมินผลของระยะปลูก และจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในระยะรับประทานฝักสด วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ ระยะระหว่างต้น 3 ระยะ 15, 25 และ 35 ซม. และ sub plot คือ จำนวนต้นต่อหลุม 3 รูปแบบ คือ 1 ต้น/หลุม 1 ต้นสลับ 2 ต้น/หลุม และ 2 ต้น/หลุม ทำการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด ในฤดูแล้ง 2557/2558 บันทึกข้อมูลน้ำหนัก และผลผลิตของฝักก่อนปอกเปลือก ฝักหลังปอกเปลือก เปลือกหุ้มฝัก ไหม ก้านฝัก เมล็ด ซัง และลำต้น พบว่า การปลูกที่ระยะระหว่างต้น 35 ซม. ที่จำนวน 1 ต้น/หลุม (5,714 ต้น/ไร่) เป็นอัตราที่ทำให้มีน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วนมีค่ามากที่สุด ส่วนการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ที่ 2 ต้น/หลุม (26,667 ต้น/ไร่) เป็นอัตราที่ทำให้มีผลผลิตของทุกชิ้นส่วนมากที่สุด ดังนั้นอัตราที่แนะนำให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์คือที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ที่ 2 ต้น/หลุม ซึ่งเป็นอัตราที่ทำให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด

คำหลัก: ระยะปลูก จำนวนประชากร อัตราปลูก องค์ประกอบผลผลิต *Zea mays* L.

คำนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (*Zea mays* L. var. *ceratina*) เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพด ในปัจจุบันข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทุกปี เพราะมีรสชาติดีและเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์แตกต่างจากข้าวโพดพันธุ์อื่น ๆ ประเทศแถบเอเชีย เช่น จีน (ตอนใต้) เวียดนาม เกาหลี และไต้หวัน มีการปลูกและบริโภคกันมากเช่นเดียวกัน (Lertrat and Thongnarin, 2008) ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงนอกจากมีรสชาติที่ดีแล้ว ยังมีรายงานว่า มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์อีกด้วย สารแอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี มีศักยภาพในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคอ้วน โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคมะเร็งบางชนิด (กมลและคณะ, 2552; Tsuda *et al*., 2003; Castaneda *et al*., 2003)

ข้าวโพดที่มีสีม่วงจัดเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่สำคัญโดยมีปริมาณในเมล็ด และแกนฝัก เท่ากับ 55.8 และ 92.3 มก./100 ก. (Yang and Zhai, 2010) และยังมีรายงานการศึกษาของอรุณทิพย์ (2556) โดยพบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในระยะรับประทานฝักสด เมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มเมล็ดมีปริมาณแอนโทไซยานินตั้งแต่ 30.73-106.21, 138.93-266.51, 64.12-572.10 และ 2.38-97.94 มก./ตัวอย่าง 100 ก. ตามลำดับ ส่วนในระยะเก็บเมล็ดพันธุ์ พบว่าในเมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มเมล็ดมีปริมาณแอนโทไซยานินตั้งแต่ 48.47-134.76, 52.35-200.76, 163.32-328.88

และ 55.48-352.68 มก./ตัวอย่าง 100 ก. นอกจากความสามารถในการต้านอนุมูลต่าง ๆ แล้วแอนโทไซยานินยังช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันได้ดี อีกทั้งส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดงได้ดีอีกด้วย (ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) มีรายงานผลการประเมินปริมาณแอนโทไซยานิน ผลผลิตแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่านอกจากเมล็ดแล้ว ยังพบในซัง เปลือกหุ้มฝัก และไหมของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (สกุลกานต์, 2556; อรุณทิพย์, 2556; อรุณทิพย์และคณะ, 2556; Sarepoua *et al*., 2013) โดยพบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่ทำการเก็บเกี่ยวในระยะฝักสด ไหมเป็นส่วนที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (256.50 มก. ของcyanidine-3-glucoside (C3G) ต่อตัวอย่าง 100 ก.) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (69.01 มก.ของ gallic acidequivalents (GAE) ต่อตัวอย่าง 100 ก.) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)(41.03%) ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระแบบ trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) (61.15%) แต่กลับเป็นส่วนที่มีผลผลิตแอนโทไซยานินน้อยที่สุด ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันในการเก็บเกี่ยวในระยะเมล็ดพันธุ์ ที่ไหมเป็นส่วนที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (463.65 มก.ของ C3G ต่อตัวอย่าง 100 ก.) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (64.90 มก. ของ GAE ต่อตัวอย่าง 100 ก.) และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH (40.38%) และ TEAC (65.70%) แต่ก็เป็นส่วนที่มีผลผลิตแอนโทไซยานิน (51.18 กก./ไร่) (สกุลกานต์, 2556)

จะเห็นได้ว่าข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก และสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ทั้งเมล็ดเพื่อการบริโภคสด เปลือกหุ้มฝัก ซัง และไหมเพื่ออุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ ดังนั้นเพื่อให้การผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีศักยภาพสูงสุดในพื้นที่การผลิตที่เท่าเดิม ทำให้การจัดการเขตกรรมมีความสำคัญอย่างมาก ระยะปลูกจัดเป็นการเขตกรรมชนิดหนึ่งที่ส่งผลต่อผลผลิตของข้าวโพด โดยมีรายงานศึกษาพบว่า การปลูกในระยะชิดทำให้เกิดการแข่งขันกันเพื่อรับปัจจัยการผลิตมากกว่าการปลูกในระยะห่าง Abuzar *et al.* (2011) พบว่าอัตราปลูกที่น้อย ทำให้มีจำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่าที่อัตราปลูกมากอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้สุปราณีและคณะ (2553, 2554), Sangoi *et al.* (2002), Lashkari *et al.* (2011) และ Shafi *et al.* (2012) รายงานเช่นเดียวกันว่า เมื่อมีจำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความกว้างและความยาวฝัก และน้ำหนักต่อฝักลดลง ถึงแม้ว่าการปลูกในระยะชิดทำให้น้ำหนักต่อฝักของแต่ละชิ้นส่วนน้อยกว่าการปลูกในระยะห่าง แต่การปลูกในระยะชิดมีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่า ทำให้ได้

ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าด้วย เมื่อมีจำนวนประชากรข้าวโพดต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้จำนวนฝักต่อพื้นที่ ผลผลิตฝักต่อพื้นที่ และผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของจำนวนประชากร (ระยะปลูก และจำนวนต้น/หลุม) ที่มีต่อผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับแนะนำเกษตรกรผู้ปลูกเพื่อการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำมาสู่รายได้ และความเป็นอยู่ที่ดีของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

1.1 เตรียมพื้นที่โดยไถดะ ไถแปร และไถพรวน และปรับระดับพื้นที่ให้เสมอด้วยเครื่องพรวนขึ้นแปลงปลูกด้วยรถไถเดินตามระยะห่างระหว่างแถว 80 ซม. ความยาวแถว 6.5 ม.

1.2 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (*Zea mays* L. var. *ceratina*) พันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดรับประทานฝักสด ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด ตำบลเหนือเมือง อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด (ละติจูดที่ 16.07°9.69' ลิปดาเหนือ ลองติจูดที่ 103.60 30.29‘ องศาตะวันออกความสูงจากระดับน้ำทะเล 160.76 ม.) ในฤดูแล้ง 2557/2558 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2557 ถึงเดือนมกราคม 2558 โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ ระยะปลูก 3 ระยะ คือ 15, 25 และ 35 ซม. และ sub plot คือ จำนวนต้นต่อหลุม 3 รูปแบบ คือ 1 ต้น/หลุม 1 ต้นสลับ 2 ต้น/หลุม และ 2 ต้น/หลุม (Table 1)

Table 1 Treatments combination in the research

Treatment No.	Plant Spacing	Plant/Hill	Plant Population / Rai
1	80x15 cm	1 plant/ hill	13,333
2		1 alternate 2 plants/ hill	20,000
3		2 plants/hill	26,667
4	80x25 cm	1 plant /hill	8,000
5		1 alternate 2 plants/ hill	12,000
6		2 plants / hill	16,000
7	80x35 cm	1 plant / hill	5,714
8		1 alternate 2 plants / hill	8,571
9		2 plants /hill	11,429

ทำการปลูกที่ระยะห่างระหว่างต้น 15, 25 และ 35 ซม. ตามแผนการทดลองโดยหยอดเมล็ดหลุมละ 5 เมล็ด เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือจำนวนต้นต่อหลุม 3 รูปแบบตามแผนการทดลอง คือ 1 ต้น/หลุม 1 ต้นสลับ 2 ต้น/หลุม และ 2 ต้น/หลุม จำนวน 2 แถวต่อแปลงย่อย (พื้นที่ 10.4 ตร.ม.)

1.3 ดูแลรักษาด้วยวิธีการตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้น้ำทางร่อง และมีการใช้สารเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น

2. การเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.1 ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อออกไหมได้ 20 วัน หรือหลังจากการผสมเกสรแล้วประมาณ 20 วัน ทำการเก็บเกี่ยวระยะฝักสดได้ โดยเก็บจากแปลงย่อยขนาด 10.4 ตร.ม

2.2 บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตของแต่ละส่วน โดยสุ่มเก็บข้อมูล 10 ต้น/แปลงย่อย ได้แก่ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอก น้ำหนักของเปลือกหุ้มฝัก ไหม ก้านฝัก เมล็ด และซัง มีหน่วยเป็นก./ฝักและน้ำหนักลำต้น มีหน่วยเป็นก./ต้น

2.3 บันทึกข้อมูลผลผลิต โดยคำนวณเป็นผลผลิต/ไร่จากพื้นที่เก็บเกี่ยว (10.4 ตร.ม.) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ไร่

3. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะทั้งหมดที่ทำการศึกษาตามแผนการทดลอง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. การเปรียบเทียบระหว่างระยะปลูกที่ทำการศึกษากับระยะปลูกที่เกษตรกรใช้

4.1 ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของฝักก่อนและหลังปอกเปลือก ระหว่างระยะที่ทำการศึกษา 8 รูปแบบ กับระยะมาตรฐานที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ คือ ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ที่จำนวน 1 ต้น/หลุม โดยคำนวณเป็นร้อยละของระยะมาตรฐาน

4.2 ทำการเปรียบเทียบผลผลิตของฝักก่อนและหลังปอกเปลือก ระหว่างระยะที่ทำการศึกษา 8 รูปแบบ กับระยะมาตรฐานที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ คือ ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ที่จำนวน 1 ต้น/หลุม โดยคำนวณเป็นร้อยละของระยะมาตรฐาน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อน้ำหนักแต่ละส่วนของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

จากการประเมินความแปรปรวนทางสถิติของลักษณะน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วนทั้ง 8 ลักษณะ คือ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกหุ้มฝัก น้ำหนักไหม น้ำหนักก้านฝัก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักซัง และน้ำหนักลำต้น พบว่าที่ระยะปลูก 35 ซม. ร่วมกับการปลูกจำนวน 1 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่ทำให้มีน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกหุ้มฝัก และน้ำหนักก้านฝักสูงที่สุดอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ คือ 283.4, 91.7 และ 20.3 ก./ฝัก ตามลำดับ และมีน้ำหนักลำต้นสูงที่สุดด้วย (274.9 ก./ต้น) ในลักษณะน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนักซัง พบว่าที่ระยะปลูก 25 ซม. ร่วมกับการปลูกจำนวน 1 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่ทำให้มีน้ำหนักของทั้ง 3 ลักษณะสูงที่สุด คือ 173.5, 99.0 และ 74.5 ก./ฝัก ส่วนลักษณะน้ำหนักไหม พบว่าที่ระยะ 15 ซม. ร่วมกับการปลูกจำนวน 1 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่ทำให้มีน้ำหนักไหมสูงที่สุด คือ 5.7 ก./ฝัก (Table 2)

จะเห็นได้ว่าการปลูกในอัตราปลูกที่มีจำนวนประชากรน้อย คือ ที่ระยะ 35 ซม. ร่วมกับการปลูกจำนวน 1 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่มีขนาดฝักใหญ่ที่สุด มีผลทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ มีน้ำหนักมากกว่าการปลูกที่อัตราอื่นด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้การปลูกระยะห่าง ซึ่งเป็นระยะที่มีจำนวนประชากรต่อพื้นที่น้อยที่สุด (5,714 ต้น/ไร่) ต้นพืชอาจได้รับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ ธาตุอาหาร และปริมาณน้ำที่พืชได้รับอย่างเพียงพอ ทำให้การสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ มีการเปลี่ยนจากพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี ที่นำมาใช้ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไปเป็นน้ำตาลหรือแป้ง เพื่อนำไปสร้างเป็นสารประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นจำนวนมาก (สมบุญ, 2544) จึงทำให้การปลูกที่ระยะห่างเกิดการแข่งขันกันเพื่อรับปัจจัยต่าง ๆ น้อยกว่าการปลูกในระยะชิดที่มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มาก (26,667 ต้น/ไร่) ต้นพืชใช้ประโยชน์จากปัจจัยการผลิตได้อย่างเต็มที่ทำให้มีการเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้มีน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วนทั้ง 8 ลักษณะมากกว่าการปลูกในระยะชิดที่เกิดการแข่งขันกันเพื่อรับปัจจัยการผลิตมากกว่าการปลูกในระยะห่าง ซึ่งผลการทดสอบนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Abuzar *et al.* (2011) ที่พบว่าที่อัตราปลูก 40,000 ต้น/เฮกแตร์ ทำให้มีจำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่าที่อัตราปลูก 140,000 ต้น/เฮกแตร์ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีรายงานเช่นเดียวกันในงานของสุปราณี และคณะ (2553, 2554), Sangoi *et al.* (2002), Lashkari *et al.* (2011) และ Shafi *et al.* (2012) ที่พบเช่นเดียวกันว่า เมื่อมีจำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความกว้างและความยาวฝัก และน้ำหนักต่อฝักลดลง

2. ผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

ในส่วนของผลผลิตของทั้ง 8 ลักษณะ คือ ผลผลิตฝักสดไม่ปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตเปลือกหุ้มฝัก ผลผลิตไหม ผลผลิตก้านฝัก ผลผลิตเมล็ด ผลผลิตซัง และผลผลิตลำต้น เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติแล้วพบว่า ทุกลักษณะทั้งในส่วนของระยะปลูก จำนวนต้น/หลุม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูก และจำนวนต้น/หลุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ที่ระยะปลูก 15 ซม. ร่วมกับการปลูกที่จำนวน

Table 2 Unhusked and husked ear, five parts of ear and stalk weight in different purple waxy corn population during 2014-2015

Yield Component[1/]	Type of Seed Rate	Plant Spacing (cm)		
		15	25	35
Unhusked Ear Weight	1 plant/hill	243.1 aB	270 aAB	283.4 aA
(g / ear)	1 alternate 2 plants/hill	197.3 bB	182.5 bB	261.6 aA
	2 plants/hill	155.5 cB	159.6 bB	206 bA
CV (A) = 7.3, CV (B) = 8.7				
Husked Ear Weight	1 plant/hill	156.9 aA	173.5 aA	165.3 aA
(g /ear)	1 alternate 2 plants/hill	137.1 bAB	132.6 bB	151.2 aA
	2 plants/hill	110.7 cB	125.7 bAB	129.1 bA
CV (A) = 6.2, CV (B) = 6.1				
Husk Weight	1 plant/hill	66.4 aB	48.3 aC	91.7 aA
(g/ear)	1 alternate 2 plants/hill	49.8 bB	41.9 bC	59.7 cA
	2 plants/hill	35.6 cB	35.9 bB	81.9 bA
CV (A) = 7.0, CV (B) = 5.9				
Silk Weight	1 plant/hill	5.7 aA	3.7 aB	4.2 aB
(g/ear)	1 alternate 2 plants/hill	4.6 bA	3.6 aB	3.3 bB
	2 plants/hill	3.2 cA	2.6 bA	3.2 bA
CV (A) = 12.4, CV (B) = 13.1				
Shank Weight	1 plant/hill	14.1 aB	6.2 aC	20.3 aA
(g/ear)	1 alternate 2 plants/hill	7.3 bB	5.9 aB	11.4 bA
	2 plants/hill	5.5 bB	4.8 aB	9 bA
CV (A) = 19.8, CV (B) = 14.5				
Kernel Weight	1 plant/hill	84.7 aB	99 aA	91.7 aAB
(g/ ear)	1 alternate 2 plants/hill	76.8 aA	72 bA	77.3 bA
	2 plants/hill	59.4 bB	69.4 bAB	72.6 bA
CV (A) = 7.9, CV (B) = 8.1				
Cob Weight	1 plant/hill	72.3 aA	74.5 aA	73.9 aA
(g/ear)	1 alternate 2 plants/hill	60.4 bA	60.6 bA	64 bA
	2 plants/hill	59.5 bA	51.9 cB	62.4 bA
CV (A) = 4.1, CV (B) = 4.7				
Stalk Weight	1 plant/hill	220.7 aB	270.8 aA	274.9 aA
(gram per plant)	1 alternate 2 plants/hill	206.6 aB	249.2 aA	250 aA
	2 plants/hill	167.8 bB	203.4 bB	244.9 aA
CV (A) = 9.6, CV (B) = 7.4				

[1/]Average of three replications.

In a column of each traits, means followed by a common letter of lowercase are not significantly different at 5% level by LSD

In a row of each traits, means followed by a common letter of uppercase are not significantly different at 5% level by LSD

2 ต้น/หลุม เป็นอัตราปลูกที่ทำให้มีผลผลิตฝักสดไม่ปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตไหม ผลผลิตก้านฝัก ผลผลิตเมล็ด ผลผลิตซัง และผลผลิตลำต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 4,241.5, 3,019.3, 125.5, 150.1, 1,619.7, 1,399.6 และ 4,577.8 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ลักษณะผลผลิตเปลือกหุ้มฝักพบว่าระยะปลูก 15 ซม. ร่วมกับการปลูกที่จำนวน 1 ต้นสลับ 2 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่มีผลผลิตสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกที่ระยะปลูก 15 ซม. ร่วมกับการปลูกที่จำนวน 2 ต้น/หลุม (Table 3)

สำหรับผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่ปลูกในอัตราปลูกที่ต่างกันนั้น พบว่า เมื่ออัตราปลูกสูงขึ้น หรือการปลูกในระยะชิด ทำให้มีผลผลิตต่อพื้นที่ในอัตราที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าการปลูกในระยะชิดจะมีน้ำหนักต่อฝักของแต่ละชิ้นส่วนน้อยกว่าการปลูกในระยะห่าง แต่การปลูกในระยะชิดนั้นมีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่า จึงส่งผลทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าไปด้วย แนวโน้มเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันในการศึกษาของ สุปราณี และคณะ (2553, 2554), Sangoi *et al.* (2002), Amanullah *et al.* (2009), Carpici *et al.* (2010), Lashkari *et al.* (2011) และ Shafi *et al.* (2012) ที่พบเช่นเดียวกันว่าเมื่อมีจำนวนประชากรข้าวโพดต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้จำนวนฝักต่อพื้นที่ ผลผลิตฝักต่อพื้นที่ และผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเพิ่มขึ้นนั้นจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งเท่านั้น จากนั้นก็จะลดลง เนื่องจากต้นพืชมีการแข่งขันกันมากเกินไป จนไม่สามารถให้ผลผลิตได้

3. การเปรียบเทียบระหว่างระยะปลูกที่ทำการศึกษากับระยะปลูกที่เกษตรกรใช้

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำ จึงได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างระยะที่ทำการศึกษา 8 รูปแบบ กับวิธีการที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติกัน คือการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ที่อัตรา 1 ต้น/หลุม พบว่า ในลักษณะน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกของการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 35 ซม. ร่วมกับการปลูกอัตรา 1 ต้น/หลุม มีน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกมากกว่าวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยคิดเป็นร้อยละ 105 ของวิธีเกษตรกร ส่วนการปลูกรูปแบบอื่นๆ มีน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกน้อยกว่าวิธีเกษตรกร (Table 4, Figure 1) แสดงให้เห็นว่า การปลูกที่ระยะระหว่างต้น 35 ซม. ร่วมกับการปลูกอัตรา 1 ต้น/หลุม มีฝักขนาดใหญ่มากที่สุด ส่วนการปลูกวิธีการอื่นๆ ให้ฝักที่มีขนาดเล็กกว่าวิธีเกษตรกร

สำหรับลักษณะน้ำหนักฝักหลังปอก พบว่า การปลูกทุกรูปแบบมีน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกน้อยกว่าวิธีเกษตรกรปฏิบัติ (Table 4, Figure 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการปลูกที่ระยะ 35 ซม. ร่วมกับอัตรา 1 ต้น/หลุม จะให้ขนาดฝักก่อนปอกเปลือกมากกว่าการปลูกตามวิธีเกษตรกร แต่ก็ยังมีขนาดฝักหลังปอกเปลือกน้อยกว่า

Table 3 Unhusked and husked ear five parts of ear and stalk yield in difference purple waxy corn population during 2014-2015

Yield[1/]	Type of Seed Rate	Plant Spacing (cm)		
		15	25	35
Unhusked Ear Yield	1 plant/hill	3,030.10 bA	2,009.10 bB	1,542.20 bB
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	4,036.00 aA	2,274.20 abB	1,860.50 bB
	2 plants/hill	4,241.50 aA	2,651.00 aB	3,150.90 aB
CV (A) = 8.7, CV (B) = 9.9				
Husked Ear Yield	1 plant/hill	2,140.30 cA	1,441.00 cB	977 bC
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	2,356.10 bA	1,652.80 bB	1,166.20 bC
	2 plants/hill	3,019.30 aA	1,934.90 aB	1,990.30 aB
CV (A) = 3.6, CV (B) = 5.9				
Husk Yield	1 plant/hill	731.2 bA	400.8 bC	552.2 bB
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	1,019.00 aA	521.5 aB	539.3 bB
	2 plants/hill	969.9 aA	596.5 aB	986.4 aA
CV (A) = 6.7, CV (B) = 6.3				
Silk Yield	1 plant/hill	57.3 cA	27.4 bB	22.5 bB
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	67.5 bA	46.5 aB	27.1 bC
	2 plants/hill	125.5 aA	43.8 aB	37.9 aB
CV (A) = 6.4, CV (B) = 7.6				
Shank Yield	1 plant/hill	109.1 bA	54.8 aB	121.9 aA
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	148.3 aA	77.3 aB	81 bB
	2 plants/hill	150.1 aA	79.8 aB	136.9 aA
CV (A) = 21.0, CV (B) = 15.5				
Kernel Yield	1 plant/hill	1,080.80 cA	740.2 bB	504.4 bC
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	1,277.80 bA	897.2 bB	655.3 bC
	2 plants/hill	1,619.70 aA	1,240.30 aB	1,104.40 aB
CV (A) = 5.1, CV (B) = 9.9				
Cob Yield	1 plant/hill	985.6 cA	618.5 cB	472.5 bC
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	1,234.90 bA	755.6 bB	541.4 bC
	2 plants/hill	1,399.60 aA	862.3 aB	751.5 aC
CV (A) = 6.3, CV (B) = 5.4				
Stalk Yield	1 plant/hill	3,010.50 bA	2,275.10 bB	1,505.30 cC
(kilogram per rai)	1 alternate 2 plants/hill	4,226.90 aA	3,375.10 aB	2,212.50 bC
	2 plants/hill	4,577.80 aA	3,379.40 aB	3,310.70 aB
CV (A) = 5.2, CV (B) = 9.1				

[1/] Average of three replications.

In a column of each traits, means followed by a common letter of lowercase are not significantly different at 5% level by LSD

In a row of each traits, means followed by a common letter of uppercase are not significantly different at 5% level by LSD

ในส่วนของผลผลิต พบว่าการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ทั้งที่อัตรา 1, 1 สลับ 2 และ 2 ต้น/หลุม มีผลผลิตก่อนปอกเปลือกสูงกว่าวิธีเกษตรกรทั้งหมด โดยการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ร่วมกับอัตรา 2 ต้น/หลุม มีผลผลิตก่อนปอกเปลือกสูงกว่าวิธีเกษตรกร 211.1% นอกจากนี้การปลูกที่ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ร่วมกับอัตรา 1 สลับ 2 และ 2 ต้น/หลุม ให้ผลผลิตมากกว่าวิธีเกษตรกร 113.2 และ 131.9% ตามลำดับ ส่วนในลักษณะผลผลิตฝักหลังปอกเปลือกก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับลักษณะผลผลิตฝักก่อนปอกเปลือก โดยการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ร่วมกับจำนวน 2 ต้น/หลุม เป็นอัตราที่มีผลผลิตฝักหลังปอกเปลือกสูงที่สุด มากกว่าวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติถึง 209.5% (Table 4)

ผลจากการเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นของจำนวนต้นข้าวโพดที่ทำการศึกษากับวิธีการของเกษตรกร ทำให้ทราบว่า เมื่อต้นพืชมีการเจริญภายใต้การแข่งขันเพื่อรับปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งแสงแดด อากาศ น้ำ และธาตุอาหาร ต้นพืชจะมีการเจริญเติบโตได้น้อยกว่าต้นที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพปกติที่ไม่มีการแข่งขัน จึงเป็นสาเหตุทำให้น้ำหนักต่อชิ้นส่วนจึงมีแนวโน้มลดลง แต่ทางตรงกันข้ามปริมาณผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น ในการศึกษานี้พบว่าเมื่อมีจำนวนประชากรต้นข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุม ที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว

Table 4 Comparison percentage of ear weight and ear yield of various planting patterns tofarmer method (25 cm with 1 plant/ hill) during 2014-2015

Pattern	Unhusked Ear Weight	Husked Ear Weight	Unhusked Ear Yield	Husked Ear Yield
15 cm + 1 plant/hill	90.0	90.4	150.8	148.5
15 cm + 1 alternate 2 plants/hill	73.1	79.0	200.9	163.5
15 cm + 2 plants/hill	57.6	63.8	211.1	209.5
25 cm + 1 plant/hill[1/]	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**
25 cm + 1 alternate 2 plants/hill	67.6	76.5	113.2	114.7
25 cm + 2 plants/hill	59.1	72.5	131.9	134.3
35 cm + 1 plant/hill	105.0	95.3	76.8	67.8
35 cm + 1 alternate 2 plants/hill	96.9	87.1	92.6	80.9
35 cm + 2 plants/hill	76.3	74.4	156.8	138.1

[1/] Farmer method (25 cm with 1 plant/ hill)

สีม่วงพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำ สามารถสรุปได้ว่า การปลูกที่ระยะระหว่างต้น 35 ซม. ที่ 1 ต้น/หลุม (5,714 ต้น/ไร่) เป็นอัตราที่ทำให้มีน้ำหนักของแต่ละส่วนมีค่ามากที่สุด ส่วนการปลูกที่ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ที่ 2 ต้น/หลุม (26,667 ต้น/ไร่) เป็นอัตราที่ทำให้มีผลผลิตของทุกชิ้นส่วนมากที่สุด ดังนั้นการแนะนำเกษตรกรให้นำไปใช้ประโยชน์สามารถแนะนำได้ 2 รูปแบบ คือ ถ้าต้องการน้ำหนักต่อชิ้นส่วนมาก ควรเลือกการปลูกที่อัตราต่ำ (ระยะระหว่างต้น 35 ซม. ที่ 1 ต้น/หลุม หรือ 5,714 ต้น/ไร่)แต่ถ้าต้องการผลผลิตสูง ควรเลือกการปลูกที่อัตราสูง (ระยะระหว่างต้น 15 ซม. ที่ 2 ต้น/หลุม หรือ 26,667 ต้น/ไร่) สำหรับการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่ทุกชิ้นส่วนมีสีม่วง ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและผลผลิตแอนโทไซยานินเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น จึงควรมีการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มเติม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนานิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปี 2558 ประเภทนิสิตระดับปริญญาโท คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ ขอขอบคุณโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดรับประทานฝักสด ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ภายใต้ความดูแลของรองศาสตราจารย์ ดร. กมล เลิศรัตน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ใช้การวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์, พลัง สุริหาร, จิรวัฒน์ สนิทชน, เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. 2552. *รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดการเชื้อพันธุกรรมและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวานพิเศษ*. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติกรุงเทพฯ. 252 หน้า.

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin). http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR21.pdf. ค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2556

สกุลกานต์ สิมลา. 2556. *การตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานิน ผลผลิตแอนโทไซยานินและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม. 57 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. *สรีรวิทยาของพืช*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 237 หน้า

สุปราณี งามประสิทธิ์ โชคชัย เอกทัศนาวรรณ ชไมพร เอกทัศนาวรรณ สุรพล เช้าฉ้อง และกิ่งกานต์ พานิชนอก. 2553. ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อนลูกผสมเดี่ยวที่ไม่ต้องถอดยอดพันธุ์ KBSC 605.หน้า 376-384. *ใน: การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง ครั้งที่ 4: เรื่องการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและข้าวฟ่างเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ.

สุปราณี งามประสิทธิ์ โชคชัย เอกทัศนาวรรณ และกิ่งกานท์ พานิชนอก. 2554. ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน. หน้า 359-365. *ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35: สาขาพืช.* กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ.

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน. 2556. *การประเมินปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม. 114 หน้า.

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2556. ปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.* 32(6): 801-806.

Abuzar, M.R., G.U. Sadozai, M.S. Baloch, A.A. Baloch, I. H. Shah, T. Javaid and N. Hussain. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences,* 21(4): 692-695

Amanullah, R., A. Khattak, and S. K. Khalil. 2009. Plant density and nitrogen effects on maize phenology and grain yield. *Journal of Plant Nutrition,* 32: 246–260.

Carpici, E.B., N. Celik and G. Bayram. 2010. Yield and Quality of forage Maize as Influenced by Plant Density and Nitrogen Rate. Turkish *Journal of Field Crops.* 15(2): 128-132.

Castaneda-Ovando, A.,C.A. Galan-Vidal, L. Pacheco, J.A. Rodriguez and M.E. Paez-Hernandez. 2003. Characterization of main anthocyanin extracted from pericarp blue corn by MALDI-ToF MS. *Food Analysis Methods.* 3:12-16.

Lashkari, M., L. Madani, M.R. Ardakani, F. Golzardi and K. Zargari. 2011.

Effect of Plant Density on Yield and Yield Components of Different Corn (*Zea mays* L.) Hybrids. American-Eurasian *Journal of Agriculturaland Environment.* 10 (3): 450-457.

Lertrat, K., and N. Thongnarin. 2008. Novel approach to eating quality improvement in local waxy corn: improvement of sweet taste in local waxy corn variety with mixed kernels from super sweet corn. *Acta Horticulturae.* 769: 145-150.

Shafi, M., J.Bakht, S. Ali, H. Khan, M.A. Khan and M. Sharif. 2012. Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Botany.* 44(2): 691-696.

Sangoi, L., M.A. Gracietti, C. Rampazzo and P. Bianchetti. 2002. Response of Brazilian maize hybrids from different ear changes in plant density. *Field Crop Research.* 79:39-51.

Sarepoua, E, R. Tangwongchai, B. Suriharn and K. Lertrat. 2013. Relationships between phytochemicals and antioxidant activity in corn silk. *International Food Research Journal.* 20(5): 2073-2079

Tsuda, T., F. Horio, K. Uchida, H. Aoki and T. Osawa. 2003. Dietary cyanidin 3-O-β-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *The Journal of Nutrition.* 133: 2125-2130.

Yang, Z. andW. Zhai. 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from seed and cob of purple corn con (Zea mays L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 11:1466-8564.