วิทยานิพนธ์

ประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

EVALUATION OF CASSAVA GERMPLASM FOR LOW CYANIDE CONTENT IN THE ROOT

นางสาวพิกุล ม้าวิเศษ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชไร่นา	พืชไร่นา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

Evaluation of Cassava Germplasm for Low Cyanide Content in the Root

นามผู้วิจัย นางสาวพิกุล ม้าวิเศษ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ศาสตราจารย์เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์วิจารณ์ วิชชุกิจ, Dr.sc.agr.)

กรรมการ .....

(อาจารย์โสภาษ บุญเสิ่ง, วท.ด.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์กล้าณรงค์ ศรีรอต, Dr.Ing.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 21 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

Evaluation of Cassava Germplasm for Low Cyanide Content in the Root

โดย

นางสาวพิกุล ม้าวิเศษ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2550

พิกุล ม้าวิเศษ 2550: ประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, Ph.D. 88 หน้า

พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาจากต่างประเทศ จำนวน 60 พันธุ์ มาคัดเลือกสองลักษณะคือ คัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ปริมาณแป้งในหัวสดและผลผลิตระดับปานกลางไว้ได้ จำนวน 10 พันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำไว้ จำนวน 6 พันธุ์ โดยปลูกคัดเลือกที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปี 2547-2548 นำพันธุ์ที่คัดเลือกได้ไปปลูกเปรียบเทียบเพื่อประเมินความก้าวหน้าของการคัดเลือกที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2548 - 2549 พบว่า พันธุ์ No. 12 นอกจากจะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำแล้ว ปริมาณแป้งในหัวสดและผลผลิตยังสูงใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์อีก 8 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำกว่าพันธุ์ห้านาทีและผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ห้านาที ส่วนพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ เมื่อนำมาประเมินความก้าวหน้าของการคัดเลือกกลับไม่พบความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกพันธุ์ให้มีปริมาณอะมิโลสต่ำไม่ประสบความสำเร็จ เพราะความแปรปรวนของปริมาณอะมิโลสอาจจะเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม พันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำเหล่านี้มีศักยภาพที่จะสามารถนำไปปลูกเพื่ออุตสาหกรรมเฉพาะอย่างหรือใช้รับประทานสด ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องนำพันธุ์เหล่านี้ไปทดสอบให้กว้างขวางต่อไป

พิกุล ม้าวิเศษ
ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

3 /พ.ค./ 2550

Pikul Mavisaid 2007: Evaluation of Cassava Germplasm for Low Cyanide Content in the Root. Master of Sicence (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Chareinsak Rojanaridpiched, Ph.D. 88 pages.

Selected two characteristics of sixty exotic cassava (*Manihot esculenta*) from the germplasm at Kaohinson Research Station, Chachoengsao province from 2004-2005 and selected only varieties containing low cyanide content in the root or low amylose content in starch extraction. In this experiment it was found that ten varieties contained low cyanide content, with moderate root starch content and root yield and six varieties contained low amylose content. The evaluated confirm experiment was studied by planted again at the Thai Tapioca Development Institute (TTDI), Nakhonrachasima province from 2005-2006. The results showed that one variety (No.12) produced low cyanide content with high root starch content and high root yield the same as the Hauybong 60 variety. Eight varieties produced lower cyanide content and root yield similar to the Hanatee variety. Moreover, six selected varieties produced low amylose content when planted in evaluated confirm experiment, and exhibited nonsignificant difference in amylose content when compare with Kasetsart 50 and Hauybong 60 varieties. The variation of amylose content is affected by the environment more than genetics. Furthermore, selected varieties have potential for utilization in specific industries or for fresh consumption. The results suggest further testing in several locations and in different seasons.

Pikul Mavisaid — Student's signature

C. Rojanaridpiched 3 / 05 / 2007 — Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจารณ์ วิชชุกิจ กรรมการวิชาเอก ดร.โอภาษ บุญเส็ง กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.กล้า ณรงค์ ศรีรอต กรรมการสาขาวิชารอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ เงินสิริ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นของวิทยานิพนธ์

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ร่วมกันประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้เขียน ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง และหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยงานอื่น ๆ ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษานี้ ผู้เขียนขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่รับฟัง ให้ข้อคิดเห็น เป็นกำลังใจ และให้การช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ผู้เขียนขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิชาพืชไร่นา ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ผู้เขียนได้รับทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท จากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

ในระหว่างศึกษาผู้เขียนได้รับคำปรึกษา ความห่วงใย กำลังใจและกำลังทรัพย์ซึ่งมีส่วนสนับสนุนผู้เขียนมาตลอดจากบิดามารดา และญาติพี่น้องทุกคน ตลอดจนมิตรสหายที่มิได้เอ่ยนามถึงในที่นี้เป็นจำนวนมาก ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

คุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบความดีนั้นให้แก่บุพการีผู้ให้กำเนิดอาจารย์ทุกท่านและบูรพาจารย์แห่งเกษตรศาสตร์ทุกท่าน

พิกุล ม้าวิเศษ

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบแบ่งออกเป็น 6 ชุด	21
2	ความอุดมสมบูรณ์ของดินแปลงทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา	28
3	ปริมาณน้ำฝน ในช่วงการทดลอง ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา	30
4	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 1 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	33
5	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 2 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	36
6	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 3 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	39
7	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 4 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	42
8	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 5 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	45
9	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 6 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	48
10	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต และปริมาณแป้งในหัว ของมันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ จำนวน 10 พันธุ์ ใน 6 ชุดการทดลอง ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2547-2548	51
11	ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548-2549	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 1 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	59
13	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 2 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	62
14	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 3 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	65
15	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 4 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	68
16	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 5 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	71
17	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 6 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548	75
18	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต และปริมาณแป้งในหัว ของมันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ จำนวน 6 พันธุ์ ใน 6 ชุดการทดลอง ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2547-2548	87
19	ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548-2549	80

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของอะมิโลส	5
2	โครงสร้างของอะมิโลเพกติน	6
3	การย่อยสลายของลินามาริน	15
4	ปริมาณน้ำฝน ในช่วงการทดลอง ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา	31
5	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 1	34
6	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 1	34
7	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 2	37
8	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 2	37
9	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 3	40
10	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 3	40
11	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 4	43
12	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 4	43
13	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 5	46
14	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 5	46
15	ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 6	49
16	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 6	49
17	ปริมาณไซยาไนด์ในหัวที่อายุ 8 และ 12 เดือน ของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้	56
18	การกระจายของปริมาณไซยาไนด์ในหัวที่อายุ 8 และ 12 เดือน ของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้	56
19	ค่าเฉลี่ยของปริมาณไซยาไนด์ที่อายุ 8 และ 12 เดือน และปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลอง ที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง	57
20	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 1	60
21	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 1	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 2	63
23	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 2	63
24	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 3	65
25	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 3	65
26	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 4	69
27	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 4	69
28	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 5	72
29	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 5	72
30	ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 6	76
31	ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 6	76
32	ค่าเฉลี่ยของปริมาณอะมิโลสที่อายุ 8 เดือน และปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อนและสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง	81

ประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

Evaluation of Cassava Germplasm for Low Cyanide Content in the Root

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ แต่คนทั่วไปมักเห็นว่าเป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำ เพราะมีกรดไฮโดรไซยานิค หากได้รับกรดไฮโดรไซยานิค ในปริมาณมากจะเกิดอันตายถึงแก่ชีวิตได้ เนื่องจากจะมีผลทำให้ระบบหายใจขัดข้อง (White *et al.*, 1996) ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคในหัวมันสำปะหลังจะแปรปรวนไปตามพันธุ์ และสิ่งแวดล้อม โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง และการขาดน้ำจะทำให้ปริมาณไซยาไนด์เพิ่มขึ้น พันธุ์มันสำปะหลังของไทยที่นิยมปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์สำหรับการแปรรูปในอุตสาหกรรม เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูง เช่น ห้วยบง 60 ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และ ระยอง 90 เป็นต้น ส่วนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ นิยมนำมาบริโภคโดยตรง เช่น ห้านาที เป็นต้น (เจริญศักดิ์, 2546)

ไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง จะอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิค (HCN) กรดนี้เกิดจากสารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside)โดย สารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ ที่พบในมันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ linamarin กับ lotaustralin โดย สาร linamarin จะพบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสาร lotaustralin พบประมาณ 2-8 เปอร์เซ็น ของสารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ (Nartey, 1968) เมื่อเซลล์พืชถูกทำลายจะปลดปล่อยเอ็นไซม์ linamarase มาย่อย linamarin และ lotaustralin ปลดปล่อยกรดไฮโดรไซยานิคออกมา เอ็นไซม์นี้จะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส

ปริมาณไซยาไนด์ในแต่ละส่วนของต้นมันสำปะหลังจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไป เช่นในหัวนั้นโดยส่วนของเนื้อจะมีน้อยกว่าส่วนของเปลือก แต่ก็สามารถกำจัดออกได้ในขั้นตอนการปรุงอาหารหรือแปรรูป ซึ่งตามหลักการแล้วมักจะให้ความร้อนเพื่อให้กรดไฮโดรไซยานิคระเหยออกไป แต่ก็ยังไม่สามารถกำจัดออกได้หมด เพียงแต่อยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายเท่านั้น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก(Codex Alimentariuse) ได้กำหนดระดับมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มีปริมาณไซยาไนด์อยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (FAO/WHO, 1991) และยังไม่พบว่ามีมันสำปะหลังพันธุ์ใดที่ปราศจากกรดไฮโดรไซยานิค (เจริญศักดิ์, 2519)

ที่ผ่านมาการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังของประเทศไทยมักมุ่งเน้นในเรื่องของการเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสด เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมแป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด เป็นหลัก ในขณะที่การพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการบริโภคโดยตรง และอุตสาหกรรมอาหารยังมีกันน้อยมาก (โอภาษ และคณะ, 2542) ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าและวิจัยคุณสมบัติทางชีวเคมีของหัวมันสำปะหลังสด โดยเฉพาะปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวของมันสำปะหลัง เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย และใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความแปรปรวนของปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวและองค์ประกอบแป้งในมันสำปะหลังสายพันธุ์ต่างๆ

2. คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวต่ำ

3. คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของมันสำปะหลัง

สถานการณ์ด้านการส่งออกมันสำปะหลังของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2548 ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากถึง 4,998,177 ตัน คิดเป็นมูลค่า 34,277 ล้านบาท ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ คือ จีน สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น ไต้หวัน และมาเลเซีย โดยผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ส่งออกมากที่สุดได้แก่ มันสำปะหลังเส้น มีปริมาณการส่งออก 2,772,944 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,938 ล้านบาท รองลงมาคือ โมดิไฟด์สตาร์ชและเดกซ์ทริน แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังอัดเม็ด กากมันสำปะหลัง กาว สาคูและหัวมันสด มีปริมาณการส่งออก 595,162 1,012,678 258,294 319,521 14,792 24,716 และ 70 ตัน คิดเป็นมูลค่า 10,718 9,396 838 755 319 311 และ 1 ล้านบาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆแล้ว แป้งมันสำปะหลังจะมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกมากที่สุด (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2549)

สำหรับพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2548 มี6.52 ล้านไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 6.16 ล้านไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 16.94 ล้านตัน โดยมีผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 2.75 ตันต่อไร่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็น 53.53 เปอร์เซ็นต์ ภาคกลาง 32.09 เปอร์เซ็นต์ และภาคเหนือ 14.38 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2549) ในช่วง 4-5 ปีที่ผ่านมาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยลดลงเล็กน้อย แต่ผลผลิตต่อไร่กลับเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูง และมีการใช้ปุ๋ยมากขึ้น

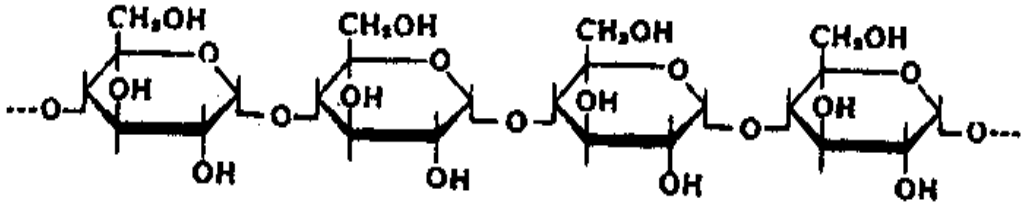
2. แป้งมันสำปะหลัง

แป้ง หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนอื่นๆอยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวร์ (flour) แต่เมื่อสิ่งเจือปนอื่นอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่เรียกว่า สตาร์ช (starch) แป้งสตร์ชที่ยังไม่ได้ถูกแปรรูปหรือดัดแปร นิยมเรียกว่า แป้งดิบ (raw starch หรือ native starch) ซึ่งจะตรงกันข้ามกับแป้งถูกดัดแปรหรือแป้งแปรรูปแล้ว เรียกว่า โมดิไฟด์สตาร์ช (modified starch) หรือแป้งดัดแปร (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

แป้งจะประกอบด้วยโพลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะมิโลส (amylase) และอะมิโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งโพลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้เป็นโฮโมโพลิเมอร์ คือ มีน้ำตาลกลูโคสเป็นโพลิเมอร์เหมือนกัน แต่ละโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคซิดิก พันธะนี้จะคงตัวในสภาวะที่ค่อนข้างเป็นด่าง แต่จะถูกทำลายในสภาวะที่เป็นกรด (Swinkels, 1989)

2.1 อะมิโลส (amylose)

อะมิโลสเป็นโพลีเมอร์ที่เป็นสายตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่ตำแหน่ง –1, 4 (α-1, 4) ของแต่ละหน่วยกลูโคส ขนาดโมเลกุลของอะมิโลส (degree of polymerization, DP) จะแปรสภาพไปขึ้นกับชนิดของแป้ง น้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลส อยู่ในช่วง 10^5 ถึง 10^6 ดาลตัน ในแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่งจะมี DP โดยเฉลี่ยจาก 1,000 ถึง 6,000 หน่วยกลูโคส (Swinkels, 1989) สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวสาลีซึ่งมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีโมเลกุลของอะมิโลสยาวขึ้นมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ลดลง ในธรรมชาติอะมิโลสมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มาก (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) โครงสร้างของอะมิโลสแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอะมิโลส
ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2546)

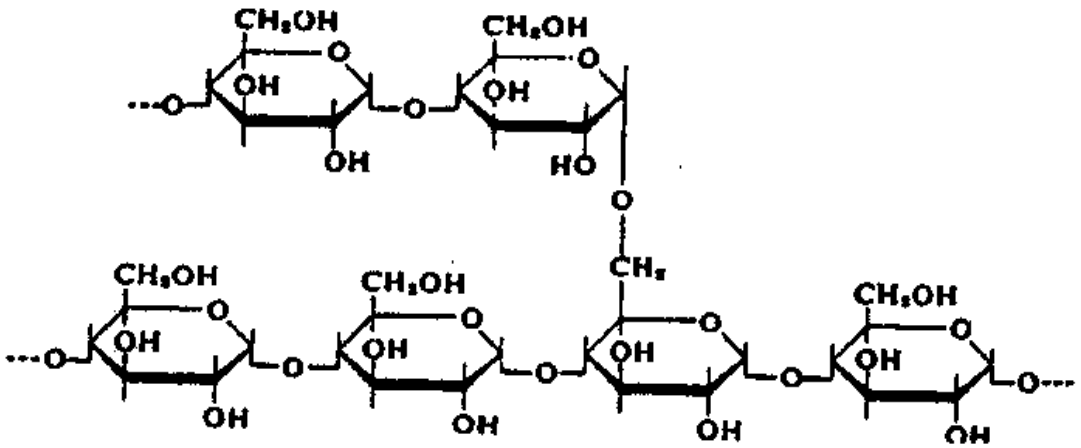
ในสารละลายที่เป็นกลาง โมเลกุลของอะมิโลสจะอยู่ในโครงสร้างรูปเกลียว (herical structure) โดยปรากฏกลูโคส 6 หน่วย ใน 1รอบ (Zoble, 1988) เมื่อเกิดการคืนตัว โมเลกุลของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันสามารถเกิดเกลียวคู่ (double helix structure) โดยมีความยาว 21 A^0 ต่อกลูโคส 6 หน่วยในแต่ละเกลียว (Jane, 1995) แต่เมื่อเกิดการซ้อนกันของเกลียวคู่จะให้ความยาวเพียง $8A^0$ (กาญจนา, 2541) อะมิโลสสามารถจับกับสารไอโอดีนเกิดเป็นโครงสร้างเชิงซ้อนสีน้ำน้ำเงินนอกจากนี้ยังสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เช่น บิวทานอล กรดไขมัน สารลดแรงตึงผิว ฟีนอล และไฮโดรคาร์บอน ได้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งไม่ละลายน้ำโดยอะมิโลสจะอยู่ในเกลียวคู่ล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ (Elicksman, 1969)

ตำแหน่งของอะมิโลสภานในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแป้ง อะมิโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มของอะมิโลเพกติน บางส่วนกระจายอยู่ในทั้งในส่วนอสัณฐาน (amorphous) และส่วนผลึก (crystalline) ในแป้งสาลีพบอะมิโลสในส่วนอสัณฐาน ในแป้งมันฝรั่งพบอะมิโลสอยู่ร่วมกับอะมิโลเพกตินในส่วนผลึก การศึกษาการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งมันฝรั่ง (Jane and Shen, 1993) พบอะมิโลสในส่วนรอบนอกของเม็ดแป้งมากกว่าที่จะอยู่ในส่วนใจกลางเม็ดแป้ง อะมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะพบเป็นเกลียวคู่กับอะมิโลเพกทินอยู่ใจกลางเม็ดแป้ง สำหรับอะมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะพบอยู่ตามขอบเม็ดแป้ง (Oates, 1997)

แป้งจากธัญญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณ 28 % แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคู มีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20 % แป้งข้าวเหนียว (waxy strach) ไม่มีอะมิโลสเลย และแป้งข้าวโพดอะมิโลส (amylomaize) มีอะมีโลสสูงมากถึง 80 % (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

2.2 อะมิโลเพกทิน (Amylopectin)

อะมิโลเพกทินเป็นโพลีเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วนพันธะกลูโคสิดิกชนิด α-1, 4 ทำให้อะมิเพกทินมีโครงสร้างของโมเลกุลที่แยกออกเป็นกิ่งโดยทั่วไป และจะมีน้ำตาลกลูโคสประมาณ 20 ถึง 25 หน่วยอยู่ระหว่างจุดแยกแต่ละจุดของอะมิโลเพกทิน (Jane, 1995) โครงสร้างของอะมิโลเพกทิน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของอะมิโลเพกติน
ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2546)

อะมิโลเพกทินเป็นหนึ่งในโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่พบในธรรมชาติจะมี DP เฉลี่ยประมาณ 2 ล้านหน่วย (มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยมากกว่า 4 x 10^8 ดาลตัน) (John, 1992) น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของอะมิโลเพกทินไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งและมีค่ามากกว่าประมาณ 1,000 เท่าเมื่อเทียบกับของอะมิโลส (Banks and Greenwood, 1966)

ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพกทินที่มีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เหล่านี้จะอยู่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (cluster) Robin *et al*. (1974) ได้ศึกษาโครงสร้างอย่างละเอียดของอะมิโลเพกทินโดยใช้เอ็นไซม์ที่ย่อยพันธะกิ่ง (debranching enzyme) และเบต้าอะไมเลส (ß-amylase) ย่อยอะมิโลเพกทินจากมันฝรั่ง ส่วนที่หนึ่งแสดงถึงส่วนผลึก (crystallite region) ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งเชื่อม แสดงถึงส่วนอสัณฐาน (amorphous region)

สำหรับอะมิโลเพกทินของแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง สายว่วนใหญ่ประมาณ 80-90 % ประกอบด้วยกลุ่มแดี่ยวๆ และสายที่เหลืออีกประมาณ 10-20% จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสายประมาณ 22-25 สาย ทำให้เกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้ง ในการจับกันเป็นกลุ่มของอะมิโลเพกทินทำให้เกิดเกลียวคู่ (double helix) ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาด้วยกรดและเอ็นไซม์ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) การเกิดเกลียวคู่ของอะมิโลเพกทินต้องใช้พันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลส์ในการเชื่อมต่อกัน กิ่งอะมิโลเพกทินภายในเม็ดแป้ง สามารถเกิดเป็นผลึกได้ ทั้งกิ่งที่อยู่ใกล้กันในกลุ่ม (cluster) เดียวกันหรือเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน (Oater, 1997)

อะมิโลเพกทินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะมิโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่ และการนำไปใช้ ดังนั้นเมื่อมีอะมิโลเพกทินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อเม็ดแป้งได้ ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแป้งแตกต่าง (Oates, 1997) ดังแสดงในตารางที่ ๆ แป้งจากข้าวโพดสายพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสถึง 70 % คือ ข้าวโพด อะมิโลเมส (amylomaize) และสายพันธุ์ที่ไม่มีอะมิโลส คือ ข้าวโพดเหนียว (waxy maize)

3. การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชผสมข้ามโดยธรรมชาติ ทำให้เมล็ดที่ได้แต่ละเมล็ดมี genotype และ phenotype ที่แตกต่างกัน แต่ลูกที่เกิดจากผสมตัวเองนั้นจะมีอิทธิพลของการผสมเลือดชิด (inbreeding depression) ทำให้ลูกที่ได้อ่อนแอ ผลผลิตต่ำ ความสูงและความแข็งแรงลดลงอย่างมาก (เจริญศักดิ์, 2519)

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยส่วนของลำต้น จึงมีวิธีการที่แตกต่างไปจากพืชผสมตัวเอง เช่น ข้าว หรือพืชผสมข้าม เช่น ข้าวโพด ในข้าวหลังจากผสมชั่วที่ 1 แล้วต้องคัดเลือกไปอีกหลายชั่ว เพราะพันธุกรรมยังมีการกระจายตัว จนกระทั่งชั่วที่ 5 หรือ 6 พันธุกรรมจึงจะอยู่ในสภาพของโฮโมไซกัส (homozygous) ในข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดก็เริ่มจากการสร้างประชากร แล้วทำการปรับปรุงประชากรต่อไป โดย คัดเลือกต้นที่ดีจำนวนหนึ่งเป็นพ่อแม่ไว้ผสมพันธุ์กันต่อไปในแต่ละชั่วหรือสร้างพันธุ์ลูกผสม แต่สำหรับมันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายพันธุ์โดยส่วนของลำต้นที่ไม่ใช้เพศ ไม่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรม การพัฒนาพันธุ์ใหม่หลังจากผสมพันธุ์ได้เมล็ด นำไปปลูกเป็นต้น ก็สามารถคัดพันธุ์เปรียบเทียบว่าต้นไหนมีลักษณะดี โดยทำการคัดเลือกและทดสอบพันธุ์หลายๆปี ในท้องที่ต่างๆ โดยเริ่มปีแรกปลูกจากเมล็ด ปีต่อไปก็คัดต้นที่ดีตัดต้นไปขยายพันธุ์ปลูกเปรียบเทียบ ซึ่งถ้าพบพันธุ์ที่ดีมาจากต้นที่ขยายพันธุ์เริ่มแรกมาจากเมล็ดเพียงต้นเดียว ก็จะมีพันธุกรรมที่เหมือนกับต้นเดิมทุกประการ (เจริญศักดิ์ และ พีระศักดิ์, 2529)

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังนั้นสิ่งแรกที่ต้องทำ คือ การรวบรวมเชื้อพันธุกรรมจากแหล่งต่างๆ เพื่อให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม สำหรับนำมาใช้คัดเลือกหรือเป็นพ่อแม่ในการผสมพันธุ์ ซึ่งพบว่าผลผลิตของมันสำปะหลังสัมพันธ์กับดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index) และน้ำหนักทั้งต้น (total biomass production) พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงจะมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวและน้ำหนักทั้งต้นสูง ดังนั้นการคัดเลือกต้นที่ให้หัวดก ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงและน้ำหนักทั้งต้นประกอบกับ พิจารณาถึงปริมาณแป้งในหัวสด ซึ่งปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์กับผลผลิตมันแห้ง (Kawano, 2003)

การคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ผลผลิตสูงในลูกผสมที่ปลูกจากเมล็ดโดยใช้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวและผลผลิตเป็นเกณฑ์ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ผลผลิตอย่างเดียวเป็นเกณฑ์โดยตรง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในลูกผสมที่ปลูกจากเมล็ดและในสายพันธุ์ที่ปลูกแบบต้นต่อแถว (Kawano *et al*., 1976)

การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธี double chromosom ที่ผ่านมานั้นนับว่ายังไม่ประสบความสำเร็จเพราะมีจำนวนโครโมโซมมากเกินไป และการผสมพันธุ์ธรรมดาก็สะดวกกว่าและประสบความสำเร็จได้ดีกว่า การ double chromosom โดยใช้ colchicine ในกระบวนการทำ diploid 2n=36 จนกลายมาเป็น tatraploid 4n=72 และ triploid 3n=54 อาจได้พันธุ์ที่ที่มีลักษณะพิเศษต่างๆขึ้นมาดีกว่า diploid ธรรมดา เพราะเนื่องจากขยายพันธุ์โดยส่วนของลำต้นจึงไม่มีปัญหาในส่วนของการขยายพันธุ์ แต่ก็ยังไม่มีพันธุ์ดังกล่าวใช้ปลูกเป็นการค้า (เจริญศักดิ์, 2519)

3.1 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อปริมาณไซยาไนด์ต่ำ

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังโดยวิธีการผสมพันธุ์จาก 6 คู่ผสมของ Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ซึ่งผสมแบบสลับ (reciprocal cross) พ่อและแม่พันธุ์มีทั้งปริมาณไซยาไนด์สูงและต่ำ ซึ่งเมื่อผสมพ่อและแม่พันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง ลูกผสมที่ได้ก็จะมีปริมาณไซยาไนด์สูงด้วย แต่ถ้าผสมพ่อและแม่พันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ลูกผสมที่ได้ก็จะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ พันธุ์ที่ให้ปริมาณไซยาไนด์สูงอยู่ระหว่าง 1,514 - 1,879 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนพันธุ์ที่ให้ปริมาณไซยาไนด์ต่ำอยู่ระหว่าง 84 - 287 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อผสมพันธุ์มันสำปะหลังแล้วจะได้ 113 สายพันธุ์ เก็บเกี่ยวที่อายุ 9 เดือน จะมีปริมาณไซยาไนด์อยู่ระหว่าง 120-1,941 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Carlos *et al*., 2002)

3.2 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อปริมาณอะมิโลสต่ำ

Coe and Neuffer (1977) รายงานว่า ข้าวโพดข้าวเหนียวเกิดจากการกลายพันธุ์ของยีน waxy ที่อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 9 ตำแหน่งที่ 56 โดยการเปลี่ยนแปลงจากยีนข่ม WX ไปเป็นยีนแฝง wx มีผลทำให้ปริมาณอะมิโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่และมีกิ่งก้านของโมเลกุลสูง แทนที่อะมิโลส (amylose) ในเอนโดสเปอร์มและเกสร

ส่วนในมันสำปะหลังมีรายงานเกี่ยวกับการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ใน somatic embryo โดยใช้รังสีแกรมมาเพื่อเพิ่มผลผลิต ปริมาณแป้ง และลดปริมาณอะมิโลส ซึ่งนำพันธุ์ป่ามาฉายรังสี พบว่า พันธุ์ป่ามีปริมาณอะมิโลส 24.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ที่ได้รับการฉายรังสีจะมีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 17.5-28.9 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตพันธุ์ป่า 1,189 กรัมต่อต้น พันธุ์ที่ได้รับการฉายรังสีจะมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 23-1,234 กรัมต่อต้น ปริมาณแป้งพันธุ์ป่า 22.4 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ที่ได้รับการฉายรังสีจะมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 11-26 เปอร์เซ็นต์ (Joseph *et al*., 2004)

4. การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนทวีปอเมริกา ตั้งแต่บริเวณตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกในทวีปอเมริกากลางไปจนถึงประเทศบราซิลในอเมริกาใต้ โดยมีหลักฐานจากการศึกษาในประเทศโคลัมเบียและเวเนซูเอลา แสดงให้เห็นว่ามีการปลูกมันสำปะหลังมานานกว่า 3,000 ถึง 7,000 ปีมาแล้ว (Rouse and Cruxent,1963) แต่สำหรับประเทศไทยนั้นใครเป็นผู้นำมันสำปะหลังเข้ามาเมื่อใดนั้น และนำมาจากไหนไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัด (เจริญศักดิ์, 2532)

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย นักวิชาการเกษตรได้ให้ความสนใจที่จะหาพันธุ์ใหม่มานานกว่า 60 ปีแล้ว เริ่มตั้งแต่ ทวน คมกฤส รายงานเรื่องการปลูกมันสำปะหลังเพื่อใช้ทำแป้งในจังหวังสงขลา ในวารสารกสิกร เมื่อ พ.ศ. 2480 มีการนำพันธุ์มันสำปะหลังมาจากประเทศฟิลิปปินส์ และประเทศมาเลเซีย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับพันธุ์พื้นเมือง (เจริญศักดิ์, 2519)

เจริญศักดิ์ และ พีระศักดิ์ (2529) รายงานว่า การปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การนำพันธุ์มาจากต่างประเทศ สามารถทำได้ 3 แบบ คือ นำเข้ามาในรูปของท่อนพันธุ์ เมล็ด และเนื้อเยื่อ

1.1 การนำเข้าในรูปของท่อนพันธุ์ เป็นวิธีที่ง่าย เมื่อนำพันธุ์เข้ามาก็สามารถนำมาปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์พื้นเมือง ถ้ามีผลผลิตและคุณภาพ ตลอดจนปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศได้ดี ก็สามารถนำไปใช้ได้ และพันธุ์ที่นำเข้ามาก็มีลักษณะพันธุ์ตรงตามเดิมทุกประการเพราะเป็นการขยายพันธุ์โดยส่วนของท่อนพันธุ์ ซึ่งไม่ใช่การสืบพันธุ์แบบมีเพศ แต่การนำเข้าในรูปของท่อนพันธุ์โอกาสที่จะมีโรคและแมลงติดมาก็มาก

1.2 การนำเข้าในรูปของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดมีน้อยและบางพันธุ์เท่านั้นที่จะมีดอกและเมล็ด การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดไม่เหมาะสำหรับในการปลูกเป็นการค้า จะใช้เฉพาะในการปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น การนำเข้าในรูปของเมล็ดสามารถคลุกสารป้องกันกำจัดโรคและแมลง บางโรคก็ไม่สามารถถ่ายทอดทางเมล็ดได้ ดังนั้นการนำเข้าในรูปของเมล็ดจึงค่อนข้างปลอดภัยกว่านำเข้าในรูปของท่อนพันธุ์ แต่เมล็ดมีข้อจำกัด คือ แต่ละเมล็ดจะมีการกระจายตัว (segregate)ลักษณะที่ได้จะไม่เหมือนพันธุ์พ่อแม่ทั้งหมด จะต้องมีการนำเมล็ดมาปลูกเพื่อคัดเลือกต่อไป

1.3 การนำเข้าในรูปเนื้อเยื่อ เป็นการนำส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ เช่น ยอดนำมาเลี้ยงในอาหารที่เหมาะสม ภายในหลอดแก้ว เจริญเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อและพัฒนาไปเป็นต้นมันสำปะหลังเล็กๆได้ จากนั้นก็ย้ายลงไปปลูกในดิน วิธีนี้จะได้พันธุ์ที่ตรงตามพันธุ์เดิมทุกประการ และเป็นวิธีที่ปลอดภัยที่สุดจากการที่จะนำเอาโรคและแมลงใหม่ๆ เข้ามา

2. การผสมพันธุ์มันสำปะหลัง

2.1 การผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ เกิดจากแมลงและลม ในช่อเดียวกันดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ประมาณ 1 อาทิตย์ แต่ในต้นเดียวกันมีหลายช่อดอก อาจเกิดการผสมเกสรที่มาจากต้นเดียวกันได้ตามธรรมชาติ เมื่อปลูกหลายๆ พันธุ์ปนกัน อัตราการผสมข้ามจะมีอยู่ประมาณ 30-40 % ซึ่งอัตราการผสมตัวเองค่อนข้างสูง มันสำปะหลังพันธุ์เดียวกันขยายพันธุ์โดยส่วนของลำต้น ทุกๆต้นจึงมีพันธุกรรมเหมือนกันหมด เมล็ดที่ได้จากพันธุ์ปลูกเพียงพันธุ์เดียว ย่อมถือว่าเป็นเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเอง แม้ละอองเกสรจะมาจากคนละต้นก็ตาม

2.2 การผสมพันธุ์โดยการเลือกพ่อแม่ ดอกมันสำปะหลังจะประมาณเที่ยงวัน ดังนั้นในเวลาเช้าจึงต้องคลุมดอกตัวเมียด้วยถุงผ้าดิบไว้ ดอกตัวเมียที่จะบานในวันนั้นจะสังเกตเห็นว่ามีหยดน้ำหวานอยู่ในดอก ดอกตัวเมียที่จะใช้เป็นแม่ในช่อดอกนั้นควรจะเด็ดดอกตัวผู้ทิ้งเสีย และเวลาบ่ายก็ไปเก็บดอกตัวผู้ของพันธุ์ที่จะใช้เป็นพ่อมาผสม โดยนำไปแตะที่ยอดเกสรตัวเมีย ดอกตัวผู้หนึ่งดอกจะผสมดอกตัวเมียได้ 1-3 ดอก หลังจากผสมเสร็จทิ้งไว้ประมาณ 1 อาทิตย์จึงคลุมด้วยถุงผ้า หลังจากผสมแล้ว 3 เดือน ผลจะแก่และแตกดีดเมล็ดออกมา ในผลหนึ่งจะมีอยู่สามเมล็ด เมล็ดมันสำปะหลังจะมีระยะพักตัว 2 เดือน จึงควรเก็บเมล็ดไว้ก่อนนำไปเพาะ พอต้นเจริญครบ 10-12 เดือนก็สามารถเก็บเกี่ยวและทำการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีไว้ได้เลยในปีแรก

2.3 การคัดเลือกพันธุ์ ในปีแรกจะนำเมล็ดไปปลูกและคัดเลือกตามวัตถุประสงค์ของการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง โดยทั่วไปต้องการพันธุ์ที่ให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูง ไม่อ่อนแอต่อโรคและแมลง ต้นที่ปลูกจากเมล็ดจะใช้ระยะปลูกห่างกว่าปกติ คือ ระยะระหว่างต้น 1 เมตร ระยะระหว่างแถว 2 เมตร เพื่อลดการแข่งขันระหว่างต้น เวลาเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปจะเลือกลักษณะทรงต้น ผลผลิตหัวสด ปริมาณแป้งในหัว ดัชนีเก็บเกี่ยว เลือกไว้ประมาณ 10 % ปีที่สอง นำต้นที่คัดเลือกไว้จากปีที่หนึ่งมาปลูกเป็นแถวโดยจะปลูกต้นละ 1 แถว ระยะปลูก 1x2 เมตร คัดเลือกไว้ให้เหลือประมาณ 10 % ปีที่สามจะได้จำนวนต้นมากพอที่จะปลูกเปรียบเทียบพันธุ์เป็นแปลงย่อย ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร คัดเลือกไว้อีกประมาณ 10 % และในปีที่สี่จะนำสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้นี้ไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ และเพิ่มจำนวนท้องที่ในการทดสอบมากขึ้น และทำการทดลองหลายๆปีในหลายๆท้องที่ ถ้าสายพันธุ์ใดที่มีลักษณะดีเป็นที่แน่ใจก็แนะนำพันธุ์สู่เกษตรกรต่อไป

กรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม มาตั้งแต่ปี 2480 ได้รับรองพันธุ์ทั้งหมด 11 พันธุ์ เป็นของกรมวิชาการเกษตร 9 พันธุ์ และเป็นของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3 พันธุ์ มีดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ระยอง 1 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2518 ได้จากการคัดเลือกแบบ clonal selection ให้ผลผลิตหัวสด 3.22 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 18.3 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 2 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2527 ได้จากการนำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจาก CIAT มาคัดเลือก ผลผลิตหัวสด 3 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1

ระยอง 3 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2526 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ M Mex 55 กับพันธุ์ M Ven 307 ให้ผลผลิตหัวสด 2.73 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 23.1 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 60 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2530ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ M Col 1684 กับพันธุ์ ระยอง 1 ให้ผลผลิตหัวสด 3.52 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 18.5 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 90 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2534 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ CMC 76 กับพันธุ์ V 43 ให้ผลผลิตหัวสด 3.65 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 23.7 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 5 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2537ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ 27-77-10 กับพันธุ์ ระยอง 3ให้ผลผลิตหัวสด 4.02 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.3 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 72 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2543 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ ระยอง 1 กับพันธุ์ ระยอง 5ให้ผลผลิตหัวสด 4.80 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 21.6 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 7 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2548 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ CMR 30-71-25 กับพันธุ์ OMR 29-20-118 ให้ผลผลิตหัวสด 6.o3 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 27.7 เปอร์เซ็นต์

ระยอง 9 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2548ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ CMR 31-19-23 กับพันธุ์ OMR 29-20-118 ให้ผลผลิตหัวสด 4.09 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 24.4 เปอร์เซ็นต์

ศรีราชา 1 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2533 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ (M Col 113 x M Col 22) กับพันธุ์ ระยอง 1 ให้ผลผลิตหัวสด 3.45 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 21.6 เปอร์เซ็นต์

เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2536 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ ระยอง 1 กับพันธุ์ ระยอง 90 ให้ผลผลิตหัวสด 3.67 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 23.3 เปอร์เซ็นต์

ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์เมื่อปี 2546 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสด 5.75 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 25.4 เปอร์เซ็นต์

พันธุ์มันสำปะหลังที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ส่วนใหญ่พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งสูง แต่ยังไม่ได้มีการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมเฉพาะอย่าง เช่น อุตสาหกรรมเพื่อผลิตแป้งฟลาวในการทดแทนการนำเข้าแป้งสาลี ซึ่งความปลอดภัยในการบริโภคแป้งฟลาวคือจะต้องมีปริมาณไซยาไนด์อยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลกได้กำหนดระดับมาตรฐานไว้ (FAO/WHO, 1991)

5. องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังเป็นแหล่งให้คาร์โบไฮเดรท ใช้เป็นพลังงานในอาหารของคนและสัตว์ตลอดจนเป็นแหล่งวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่างๆ มันสำปะหลังต้นหนึ่งเมื่อแบ่งเป็นส่วนโดยน้ำหนักทั่วไป จะเป็นใบร้อยละ 6 ส่วนของลำต้นร้อยละ 44 และส่วนของรากร้อยละ 50 ของน้ำหนักทั้งหมด และหัวมันสำปะหลังสดมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 60-65 ของน้ำหนักทั้งหมด และส่วนประกอบส่วนใหญ่คือแป้งประมาณร้อยละ 20-35 แต่จะมีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537)

เยาวมาลย์ และคณะ (2543) รายงานว่า หัวมันสำปะหลังสด ประกอบด้วย น้ำ 62-70 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 28-30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วย อะมิโลส (amylose) 20 เปอร์เซ็นต์ และอะมิโลเพกติน (amylopectin) 80 เปอร์เซ็นต์

อุทัย และคณะ (2540) รายงานว่าองค์ประกอบทางโภชนะของมันสำปะหลังแห้งประกอบด้วย โปรตีน 2 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.75 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.12 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.05 เปอร์เซ็นต์

โอภาษ และคณะ (2545) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 5 มีปริมาณแป้งในหัวสด 24.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.14 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.23 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.63 เปอร์เซ็นต์ และไซยาไนด์ 167 พีพีเอ็ม

6. ปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง

สารไซยาไนด์ในมันสำปะหลังนั้นอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิค (hydrocyanic acid) ที่มีสูตรทางเคมี คือ HCN สารนี้เป็นสารที่เป็นพิษที่พบได้ในส่วนต่างๆของต้นมันสำปะหลังรวมทั้งส่วนหัวที่ใช้สกัดแป้งหรือบริโภค ทั้งนี้ปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเขตกรรม รวมทั้งการเก็บเกี่ยว ถึงแม้ไซยาไนด์นั้นจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแต่ก็สามารถกำจัดออกได้ในระหว่างขั้นตอนการปรุงอาหารหรือแปรรูป แต่ก็ยังไม่สามารถกำจัดออกได้หมด เพียงแต่อยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายเท่านั้น (เจริญศักดิ์, 2546)

ไซยาไนด์ในมันสำปะหลังถูกสร้างขึ้นจากกรดอะมิโน 2 ตัว คือ แวลีน (valine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) การสังเคราะห์จากแวลีนจะเป็นไกลโคไซด์ (glycoside) ของอะซีโตนไซยาโนไฮดริน (acetone cyanohydrin) เรียกว่า ลินามาริน (linamarin) ถ้าสังเคราะห์จากไอโซลิวซีนจะได้ โลทอสตราลิน (lotaustralin) ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ของเมทิลคีโตนไซยาโนไฮดริน (methylethylketone cyanohydrin) ในมันสำปะหลังจะมีลินามารินอยู่ 93 ส่วนและโลทอสตราลิน อยู่ 7 ส่วน สารประกอบนี้จะอยู่ในเนื้อเยื่อของพืช (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

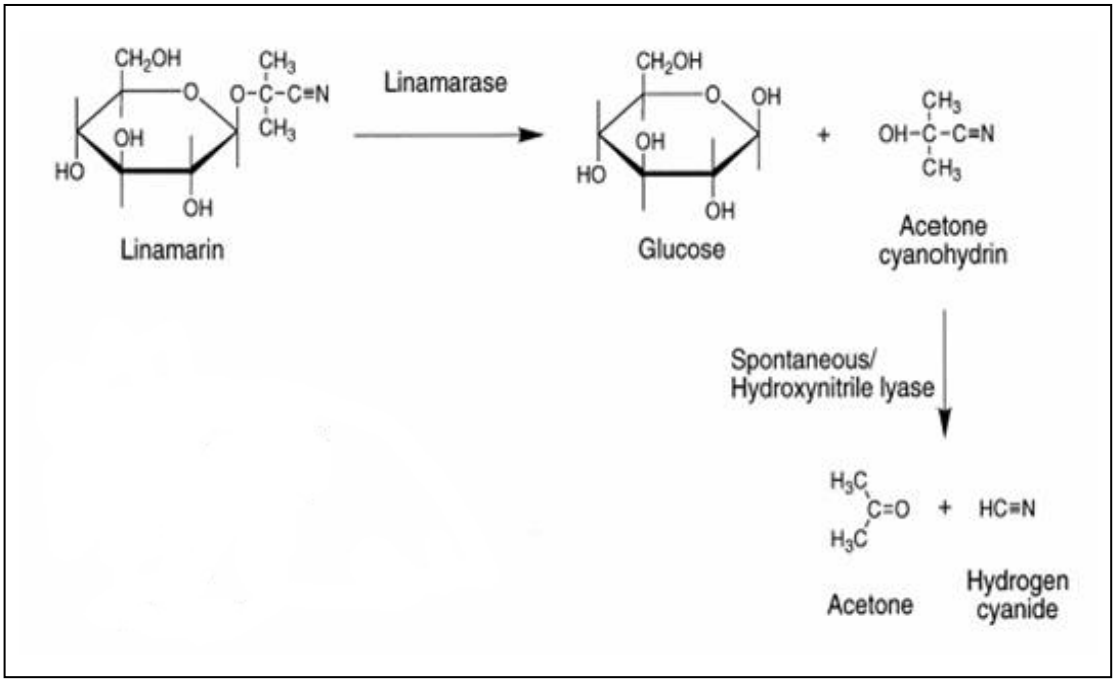
ในสภาพการเจริญเติบโตปกติจะไม่พบกรดไฮโดรไซยานิค (HCN)ปล่อยออกมา แต่จะพบเมื่อหัวมันสำปะหลังถูกทำลาย จะเป็นการเร่งให้เอ็นไซม์ลินามาเรส (linamarase) เข้าทำปฏิกิริยา hydrolyze กับสารไซยาโนจินิค ไกลโคไซด์ ซึ่งจะเปลี่ยนลินามาริน ให้แตกตัวเป็นอะซีโตน ไซยาโนไฮดรินและกลูโคส (glucose) ส่วนโลทอสตราลินจะแตกตัวไปเป็นบิวทาโนน ไซยาโนไฮ ดริน(2-butanone cyanohydrin) และกลูโคส (ภาพที่ 1) แต่เนื่องจากสารประกอบไซยาโนไฮดริน เหล่านี้ไม่เสถียร ดังนั้น ถ้าพีเอช (pH) มากกว่า 5 จะแตกตัวให้ HCN และคีโตน (ketone) ซึ่ง HCN ถ้าถูกความร้อนก็ระเหยออกไปได้ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ปรากฏการที่พืชปล่อยกรดไฮโดรไซยานิคออกมานี้เรียกว่า ไซยาโนเจเนซิส (cyanogenesis) ซึ่งเป็นที่เข้าใจว่าเป็นการป้องกันตนเองของพืชจากการทำลายของโรคและแมลง

สารประกอบไซยาไนด์ที่อยู่ในมันสำปะหลังมี 3 รูป คือ

1. Bound cyanide คือ ไซยาไนด์ที่เชื่อมต่อกับโมเลกุลแป้งหรือที่เรียกว่า cyanogenic glycoside

2. Cyanohydrin คือ ไซยาไนด์ที่เชื่อมต่อกับโมเลกุลอื่นที่ไม่ใช่โมเลกุลแป้ง

3. Free cyanide คือ กรดไฮโดรไซยานิค (Yoeh, 1998)



ภาพที่ 3 แสดงการย่อยสลายของลินามาริน
ที่มา: Yoeh (1998)

7. ปริมาณสารไซยาไนด์ในส่วนต่างๆของมันสำปะหลัง

ปริมาณสารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ในส่วนต่างๆของต้นมันสำปะหลัง พบว่า ในหัวส่วนของเปลือกจะมากกว่าในเนื้อ 5-10 เท่า ในส่วนของใบอ่อนจะพบมากกว่าในส่วนของใบแก่และมากกว่าในเนื้อของหัว ปริมาณสารนี้จะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม พันธุ์ วิธีการวิเคราะห์ มักพบว่าใบมีกรดไฮโดรไซยานิค 83-878 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ในเปลือกมี 150-1,110 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด และเนื้อมี 5-490 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด (เจริญศักดิ์, 2519)

หากจำแนกมันสำปะหลังตามปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคในเนื้อหัวสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไม่เป็นพิษ (innocuous) คือมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด เป็นพิษปานกลาง (moderately poisonous) คือ มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคตั้งแต่ 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และเป็นพิษมาก (อันตราย) (dangerous poisonous) คือมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Bruijin, 1971)

สภาวะที่เหมาะสมในการสลายตัวของไซยาโนเจนิค ไกลโคไซม์ คือ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส pH 5.0 และควรมีเวลาให้กับการสลายตัวเองที่สภาวะดังกล่าวอย่างน้อย 30 นาที (สุรินทร์ และคณะ, 2546)

8. ความแปรปรวนของไซยาไนด์

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังจะแปรปรวนไปตามพันธุ์ และสิ่งแวดล้อม โดย สภาวะการขาดน้ำจะทำให้ปริมาณไซยาไนด์เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่ในอัตราสูงจะทำให้เป็นเพิ่มสารที่จะเปลี่ยนไปเป็นสารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ (เจริญศักดิ์, 2519) และแร่ธาตุในดินโดยเฉพาะปริมาณโพแทสเซียมจะส่งผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในหัวด้วยเช่นกัน (Howeler, 1985)

การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ในหัวของมันสำปะหลังจำนวน 179 สายพันธุ์ โดย Hidayat *et al.* (2000) พบว่า มันสำปะหลังมีความแปรปรวนของไซยาไนด์ตั้งแต่ 9-234 พีพีเอ็ม แบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงมาก 138-234 พีพีเอ็ม มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จาก 179 สายพันธุ์ กลุ่มที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง 84-134 พีพีเอ็ม มีประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีปริมาณไซยาไนด์ปากลาง 55-81 พีพีเอ็ม มีประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ 30-54 พีพีเอ็ม มีประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำมาก 9-35 พีพีเอ็ม มีประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

วันเพ็ญ (2545) รายงานว่า ปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 มีปริมาณไซยาไนด์ 93 พีพีเอ็ม พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณไซยาไนด์ 215 พีพีเอ็ม พันธุ์ระยอง 2 มีปริมาณไซยาไนด์ 70 พีพีเอ็ม พันธุ์ห้านาที มีปริมาณไซยาไนด์ 55 พีพีเอ็ม และพันธุ์ MKUL 36-Y002 มีปริมาณไซยาไนด์ 38 พีพีเอ็ม

นอกจากนั้นปัจจัยอื่นๆ เช่น การบังแสงจะทำให้เพิ่มสารไฮโดรไซยานิคในใบ แต่ในหัวจะ ลดลง ซึ่งปริมาณสารไฮโดรไซยานิคนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหัว และในเปลือกของหัวก็ไม่มีความสัมพันธ์กับเนื้อเช่นกัน (Bruijin, 1971)

9. การยับยั้งการสังเคราะห์สารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์

แนวทางการลดความเป็นพิษเนื่องจากสารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ที่สะสมอยู่ในมันสำปะหลัง ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของลินามารินและโลทอสตราลิน ดังนั้นการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์สารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ นี้จะต้องยับยั้งการสังเคราะห์ลินามารินและโลทอสตราลิน จากการศึกษาในหลอดทดลองพบว่า สารยับยั้งที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับสับเตรทของเอ็นไซม์กลูโคซิลทรานซเฟอเรส ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์ 3 ตัว ได้แก่ ไอโซบิวไทรัลดีไฮด์ (isobutyraldehyde) ทูเมททิลบิวไทรัลดีไฮด์(2-methybutyraldehyde) และทูเมททิลทูบิวทานอลไทรัลดีไฮด์(2-methyl-2-butanoltyaldehyde) มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการสังเคราะห์ลินามาริน (สายพิณ และคณะ, 2536)

10. วิธีลดปริมาณไซยาไนด์

ปริมาณไซยาไนด์ในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในระดับปลอดภัยนั้นมีกำหนดไว้ใน Codex Alimentarius โดยมาตรฐานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลกให้อยู่ในระดับไม่เกิน10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (FAO/WHO, 1991) ดังนั้นการแปรรูปมันสำปะหลังจะเป็นการลดปริมาณไซยาไนด์ลง ซึ่งมีวิธีดังนี้

10.1 การปอกเปลือก มันสำปะหลังจะมีกรดไฮโดรไซยานิคประมาณ 20-400 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) ในขณะที่หัวมันไม่ปอกเปลือกมีมากกว่า 600 ส่วนต่อล้านส่วน (Hutagalung, 1972) ซึ่ง Oke (1966) รายงานว่า เมื่อนำมันสำปะหลังมาปอกเปลือกจะทำให้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค ลดลงจาก 38 มิลลิกรัมเหลือเพียง 1.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

10.2 การแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด ในขบวนการผลิตมันเส้น (cassava chip) ต้องหั่นหัวมันสำปะหลังเป็นชิ้นเล็กๆหรือเป็นแว่นๆหลังจากนั้นก็นำไปทำให้แห้ง โดยใช้ความร้อนจากแสงแดด 2-3 วัน ส่วนมันอัดเม็ดเป็นการแปรรูปมันเส้น ก่อนอัดมันเส้นจะต้องผ่านไอน้ำร้อนทำให้นิ่มก่อนเมื่อเข้าเครื่องอัดก็จะได้มันอัดเม็ด

Khajarern *et al*. (1978) พบว่า ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคจะลดลงอย่างมากเมื่อมันสำปะหลังถูกแปรรูปจากหัวมันสดเป็นมันอัดเม็ด ซึ่งปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคที่เหลือหลังจากผ่านขบวนการแปรรูปเป็นมันเส้นแล้วมีปริมาณ 24.75 ส่วนต่อล้านส่วน ขณะที่ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคที่เหลือหลังจากขบวนการอัดเม็ดมันสำปะหลังเหลือเพียง 11.82 ส่วนต่อล้านส่วน สำหรับในมันสำปะหลังหลังจากตากแดดเป็นเวลา 3 วัน จะมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคตกค้างน้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (สาโรชน์ และ เยาวมาลย์, 2531) ส่วนมันเส้นมีปริมาณไซยาไนด์ 2-88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Yeoh and Sun, 2001)

10.3 การผ่านความร้อนโดยการต้ม เชื่อม ย่าง เผา และทอด Hahn *et al*. (1988) พบว่า การให้ความร้อนแก่มันสำปะหลังที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส ทำให้เอ็นไซม์ลินามาเรสถูกทำลายให้เสียสภาพไปและไม่สามารถทำงานได้ จึงไม่สามารถย่อย ลินามารินและโลทอสตราลิน ให้ออกมาอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิค ก็จะทำให้ไม่เกิดสารพิษจากกรดไฮโดรไซยานิค แต่ก็ควรระวังเพราะอาจจะมีเอ็นไซม์จากผักหรืออาหารอื่นที่กินเข้าไป สามารถย่อยลินามารินและ โลทอสตราลิน ให้ออกมาอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิคทำให้เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

Charles *et al*. (2001) รายงานว่า ขบวนการแปรรูปต่างๆในมันสำปะหลังจะทำให้ปริมาณไซยาไนด์ลดลงได้แตกต่างกันออกไป เช่นในหัวสดจะมีปริมาณไซยาไนด์ 58.2-140.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อนำไปต้มจะมีปริมาณไซยาไนด์ 30.7-77.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เผาจะมีปริมาณไซยาไนด์ 49.6-122.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทอดจะมีปริมาณไซยาไนด์ 49.8-125.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นึ่งจะมีปริมาณไซยาไนด์ 47.5-121.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตากแดดจะมีปริมาณไซยาไนด์ 43.5-99.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

10.4 การหมัก ทำโดยปอกเปลือกแล้วล้างให้สะอาด บดให้ละเอียด นำไปใส่ในกระสอบแช่ในน้ำทิ้งไว้ประมาณ 4 วัน ระหว่างทิ้งไว้จะเกิดการหมักขึ้น หลังจากนั้นก็นำไปทอดเป็นอาหาร การหมักจะมีเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งระหว่างการหมักนั้นจะมีแบคทีเรีย ทำให้ pH ต่ำลงเป็นกรด จึงทำให้สภาพเหมาะสมที่จะเกิด hydrolyse สารไซยาโนเจนิค ไกลโคไซด์ ให้เป็น HCN ออกไปกับน้ำที่ไหลออกจากกระสอบ และที่เหลือจะลดลงไปโดยการทอดภายหลัง อย่างไรก็ตาม gari ที่ขายอยู่ตามท้องตลาดของไนจีเรียก็ยังตรวจพบ HCN เป็นปริมาณ 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Oke, 1966)

Edijala *et al*. (1999) รายงานว่า ในเนื้อมันสำปะหลังชนิดหวานมีปริมาณไซยาไนด์ 29.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ชนิดขม 29.7-54.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อนำไปหมักจะลดลงเหลือเพียง 5.4-24.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Nwokoro *et al*. (2005) พบว่า ที่ไนจีเรียในมันสำปะหลังที่เก็บมาจาก 5 ท้องที่แล้วนำไปหมัก จะมีปริมาณไซยาไนด์ 0.97-1.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

10.5 การทำเป็นแป้ง มี 2 ชนิด คือ ฟลาว(flour) และแป้ง (starch) ฟลาวได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดมาปอกเปลือก นำไปหั่นเป็นแว่นๆ หลังจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด ส่วนขบวนการทำแป้งมันสำปะหลัง คือ นำหัวมันสำปะหลังสดเข้าเครื่องโม่แยกน้ำแป้งออกมา หลังจากนั้นนำน้ำแป้งไปตกตะกอนแยกแป้งออกมา และก็นำไปอบให้แห้ง ขั้นตอนต่างๆเหล่านี้จะทำให้กรดไฮโดรไซยานิกระเหยออกไปจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย (Jones, 1998)

Muhamad and Bradbury (1999) พบว่า ในแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณไซยาไนด์ 1-16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และฟลาวมีปริมาณไซยาไนด์ 17-149 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง Albert *et al*. (2005) รายงาน สำหรับในฟลาวของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 มีปริมาณไซยาไนด์ 26.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณไซยาไนด์ 28.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ระยอง 2 มีปริมาณไซยาไนด์ 12.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และห้านาทีมีปริมาณไซยาไนด์ 8.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ทั้งนี้ ระดับมาตรฐานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลกซึ่งได้กำหนดไว้ให้อยู่ในระดับไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (FAO/WHO, 1991) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเมื่อนำปรุงอาหารหรือแปรรูปแล้ว จะได้ไม่เป็นอันตรายจากสารไซยาไนด์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันสำประหลังจากประเทศต่างๆจำนวน 60 พันธุ์ และมันสำปะหลังพันธุ์การค้าของประเทศไทย จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ห้านาที

2. วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูก การเก็บเกี่ยว และเครื่องมือในการบันทึก

3. สารเคมีและเครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาความแปรปรวนของปริมาณไซยาไนด์และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง และพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

1.1 การทดลองที่ 1 ปลูกเพื่อคัดเลือก (พฤษภาคม 2547-มีนาคม 2548)

ทำการทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งอยู่ที่ ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาปลูกเพื่อคัดเลือกจำนวน 60 พันธุ์ ใช้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยจะแบ่งกลุ่มพันธุ์ที่ทดสอบออกเป็น 6 ชุด (set) ชุดละ 10 พันธุ์ และมีพันธุ์เปรียบเทียบร่วมด้วย 2 พันธุ์ แต่ละชุดจึงมี 12 พันธุ์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ปลูกโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 2 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 5x7 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x5 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่เก็บเกี่ยวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ 2 x 3 ตารางเมตร เมื่ออายุ 8 เดือน และ อีก 3 x 3 ตารางเมตร เก็บเมื่ออายุ 12 เดือน เพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัวสด ความสูง และดัชนีเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 1 พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบแบ่งออกเป็น 6 ชุด

ลำดับ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6
1	M Cub 74	CG 917-5	CM 3306-9	CM 3553-6	M Mal 9	M Mal 54
2	M Ind 56	No. 7	CM 955-2	M Col 2215	M Mal 8	Secundina
3	M Ind 41	CG 1741-1	CM 3306-4	CM 3997-1	M Mal 23	M Mal 46
4	M Ind 43	No. 11	CM 2772-3	CM 3435-5	M Mal 12	M Mal 44
5	M Ind 27	No. 1	CM 3281-4	CM 4231-32	M Mal 34	SG 250-3
6	M Ind 24	No. 13	CM 1014-2	CM 4157-34	M Mal 10	AMR 1816
7	M Ind 45	No. 3	CM 3401-2	AMM 22	M Mal 11	M Mal 43
8	M Ind 32	No. 12	CM 1533-19	CM 6125-117	M Mal 42	M Mal 48
9	M Ind 10	No. 2	CM 1223-11	CM 4049-2NJ	M Mal 15	G 50-3
10	M Ind 20	No. 10	CM 1442-204	M Col 1505	M Mal 17	OMR 26-07-15
11	KU 50	KU 50	KU 50	KU 50	KU 50	KU 50
12	HB 60	HB 60	HB 60	HB 60	HB 60	HB 60

หมายเหตุ: KU 50 คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

HB 60 คือ พันธุ์ห้วยบง 60

เมื่อเก็บเกี่ยวทำการคัดเลือกในแต่ละชุดโดย

1.1.1 คัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง จำนวน 10 พันธุ์

1.1.2 คัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง จำนวน 6 พันธุ์

1.2 การทดลองที่ 2 ปลูกเพื่อประเมินผลพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก (พฤษภาคม 2548-มีนาคม 2549)

การทดลองที่ 2.1 นำพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก มาทำการทดลองที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัด นครราชสีมา ปลูกเพื่อประเมินพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาปลูกเพื่อประเมินมีจำนวน 10 พันธุ์ (ซึ่งได้คัดเลือกมาจากการทดลองที่ 1 คือ นำมาประเมินผลความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวต่ำ ปริมาณแป้งในหัวสดและผลผลิตสูง) ใช้พันธุ์

ห้านาที และห้วยบง 60 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 5x7 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x5 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่เก็บเกี่ยวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ 2 x 3 ตารางเมตร เมื่ออายุ 8 เดือน และอีก 3 x 3 ตารางเมตร เก็บเมื่ออายุ 12 เดือน โดยแบ่งมาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ และเพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัวสด ความสูง และดัชนีเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 2.2 นำพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก มาทำการทดลองที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ปลูกเพื่อประเมินพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำและผลผลิตสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาปลูกเพื่อประเมินมีจำนวน 6 พันธุ์ (ซึ่งได้คัดเลือกมาจากการทดลองที่ 1 คือ นำมาประเมินผลความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ปริมาณแป้งในหัวสดและผลผลิตสูง) ใช้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 5x7 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x5 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่เก็บเกี่ยวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส 2 x 3 ตารางเมตร เมื่ออายุ 8 เดือน และอีก 3 x 3 ตารางเมตร เก็บเมื่ออายุ 12 เดือน เพื่อเก็บข้อมูลได้แก่ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัวสด ความสูง และดัชนีเก็บเกี่ยว

2. การปลูกและดูแลรักษา

เตรียมดินในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ ปลูกมันสำปะหลังด้วยท่อนพันธุ์ที่มีอายุประมาณ 12 เดือน ขนาดความยาว 20 เซนติเมตร ปลูกแบบปักตรง ระยะปลูก 1 x 1 เมตร กำจัดวัชพืชด้วยจอบ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุประมาณ 1 เดือนหลังปลูก โดยขุดสองข้างของลำต้นในแนวรัศมีพุ่มใบและฝังกลบปุ๋ย

3. การเก็บข้อมูลผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ

การประเมินผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลัง มีข้อมูลที่ทำการศึกษา ดังนี้

3.1 ความงอก ตรวจนับต้นงอกที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก คิดเป็นต้นงอกร้อยละของต้นที่ปลูก

3.2 ผลผลิตหัวสด (root fresh root yield)

3.3 ปริมาณแป้งในหัวสด (starch content) วัดโดยการสุ่มหัวสดของมันสำปะหลัง จำนวน 5 กิโลกรัม นำตัวอย่างมาวัดปริมาณแป้งในหัวสดโดย Reiman scale balance

3.4 ผลผลิตหัวแห้ง (dry root yield) นำหัวมันสำปะหลังมาหั่นเป็นแผ่นบางๆแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

3.5 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index ; HI) คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างผลผลิตกับผลผลิตพืชทั้งหมด (คำนวณโดยรวมน้ำหนักของใบ ต้น และผลผลิต)

3.6 ปริมาณไซยาไนด์ การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัว ตามวิธีของ O'Brien *et al*. (1991)

3.6.1 การสกัดไซยาไนด์

นำหัวมันสำปะหลังสดที่ปอกเปลือกแล้ว จำนวน 100 กรัม มาสกัดไซยาไนด์ด้วยสารสกัด (กรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดย ดูดกรดฟอสฟอริก 1.7 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร นำไปผสมกับแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ให้มีแอลกอฮอล์ร้อยละ 25 (ปริมาตร/ปริมาตร) จำนวน 10 มิลลิลิตร) นำสารสกัด 200 มิลลิลิตร มาปั่นให้เข้ากันกับตัวอย่างแล้วกรองเอาส่วนใสด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1

3.6.2 การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์

3.6.2.1 ปิเปตตัวอย่างที่สกัดได้ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมฟอสเฟสบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ที่เตรียมโดยกรดฟอสฟอริก 0.1 โมลาร์ และไตรโซเดียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์ (ชั่งไตรโซเดียมฟอสเฟต 9.5031 กรัม ละลายในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร) แล้วปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้ได้ 7

3.6.2.2 เติมเอ็นไซม์ลินามาเลส 0.1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.6.2.3 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร (เตรียมโดยชั่งโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ละลายน้ำและปรับปริมาตรให้ได้เป็น 250 มิลลิลิตร) เขย่าเพื่อหยุดปฏิกิริยา

3.6.2.4 เติมฟอสเฟสบัฟเฟอร์ pH 6 ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร เตรียมโดยกรดฟอสฟอริก 0.1 โมลาร์ และไตรโซเดียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์ (ชั่งไตรโซเดียมฟอสเฟต 9.5031 กรัม ละลายในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร) แล้วปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้ได้ 6

3.6.2.5 เติมคลอรามีนที 0.2 มิลลิลิตร เตรียมโดยชั่งคอลามีนที 0.025 กรัม ละลายในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เขย่าแล้วบ่มในน้ำเย็นนาน 5 นาที

3.6.2.6 เติมสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลน เตรียมโดยบีสไพราโซโลน (bispyrazolone) ปริมาณ 0.5 กรัม และเมทธิลฟีนิลไพราโซโลน (3-methyl-1- phenyl-5-pyrazolone) ปริมาณ 0.25 กรัม แล้วนำมาปรับปริมาตรด้วยไพริดีน (pyridine) เป็น 50 มิลลิลิตร (เตรียมสารละลายนี้ใหม่ทุกครั้งที่ทดลอง) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร เขย่า บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที

3.6.2.7 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของโพแทสเซียมไซยาไนด์ (เตรียมโปแตสเซียมไซยาไนด์ความเข้มข้น 0 ถึง 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นนำมา 0.1 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง หลังจากนั้นก็เติมสารต่างๆเหมือนกับการวิเคราะห์หาไซยาไนด์ในตัวอย่าง หลังจากนั้นก็นำมาสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของโปแตสเซียมไซยาไนด์และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และสร้างสมการเส้นตรงที่ผ่านจุดกำเนิดของกราฟ อ่านค่าความชัน)

3.6.2.8 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไซยาไนด์}_{\text{(มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)}} = \frac{B \times C \times \text{อัตราการเจือจางของตัวอย่าง} \times 100}{\text{ความความชันของกราฟมาตรฐาน} \times A \times (100-M) \times 10}$$

A = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

B = ปริมาณสารที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

C = ค่าดูดกลืนแสง

M = ร้อยละความชื้นของตัวอย่าง

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลส ตามวิธีของ Knutson (1986) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.7.1 การสกัดแป้ง

นำหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกและล้างสะอาดแล้ว มาปั่นโม่กับน้ำ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางก่อนแล้วกรองอีกครั้งด้วยตะแกรงขนาด 90 ไมโครเมตร รอแป้งตกตะกอนประมาณ 2 ชั่วโมงเทน้ำออกแล้วนำแป้งที่ได้จากการตกตะกอนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำแป้งที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลส

3.7.2 การวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลส

3.7.2.1 ชั่งแป้ง จำนวน 0.02 กรัม ใส่สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร (เตรียมสารละลายโดยชั่งโพแทสเซียม ไอโอไดด์ (KI) 0.03807 กรัม ละลายในไดเมทธิลซัลฟอกไซด์ $(CH_3)_2SO$ หรือ DMSO 90.45 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เทลงในขวดปรับปริมาตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร และเก็บไว้ในขวดสีชา) เขย่าแล้วบ่มทิ้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง

3.7.2.2 หลังจากนั้นก็เขย่าแล้วดูดตัวอย่างมา 0.2 มิลลิลิตร ใส่สารละลาย 0.3 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร เขย่าแล้วบ่มที่ไว้อุณหภูมิห้อง 30 นาที

3.7.2.3 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยชั่งอะมิโลส 0.005 กรัม (เตรียมโดยอบอะมิโลสบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง)ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยสารละลาย เขย่าแล้วบ่มทิ้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นก็ทำกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0 100 200 300 400 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.5 0.4 0.3 0.2 และ 0.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร เขย่าแล้วบ่มทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และสร้างสมการเส้นตรงที่ผ่านจุดกำเนิดของกราฟ อ่านค่าความชัน

3.7.2.4 การคำนวณ

$$\text{อะมิโลส (\%)} = \frac{\text{B x C x อัตราการเจือจางของตัวอย่าง x 100}}{\text{ความความชันของกราฟมาตรฐาน x A x (100-M)}}$$

A = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)
B = ปริมาณสารที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)
C = ค่าดูดกลืนแสง
M = ร้อยละความชื้นของตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม IRRI STAT

5. สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย

5.1 สถานที่ปลูกทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ใช้สถานที่ปลูกทดลอง 2 แห่ง ได้แก่

5.1.1 สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา

5.1.2 สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

5.2 สถานที่วิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์และปริมาณอะมิโลส

หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2547 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนพฤษภาคม 2549

ผลและวิจารณ์

การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวและ ปริมาณอะมิโลสต่ำ มีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

คุณสมบัติทางดินและภูมิอากาศ

1. คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดิน

คุณสมบัติทางกายภาพของดินของสองสถานที่ทำการทดลอง แสดงในตารางที่ 2 ปลูกที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า มีสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรด(pH) 4.5 มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 1 ปริมาณฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ 16 และ 90 พีพีเอ็ม ตามลำดับ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 320 และ 30 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

แปลงทดลองที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า มีสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรด (pH) 6.1 มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 0.6 ปริมาณฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ 33 และ 90 พีพีเอ็ม ตามลำดับ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 472 และ 42 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความอุดมสมบูรณ์ของดินแปลงทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทราและสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

ค่าวิเคราะห์	สถานีวิจัยเขาหินซ้อน	สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง
ความเป็นกรด-ด่าง	4.5	6.1
อนุภาคทราย (%)	80	79
อนุภาคทรายแป้ง (%)	14	14
อนุภาคดินเหนียว (%)	6	7
เนื้อดิน	ร่วนปนทราย	ร่วนปนทราย
อินทรียวัตถุ (%)	1	0.6
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	16	33
ปริมาณโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm)	90	90
ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	320	472
ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	30	42

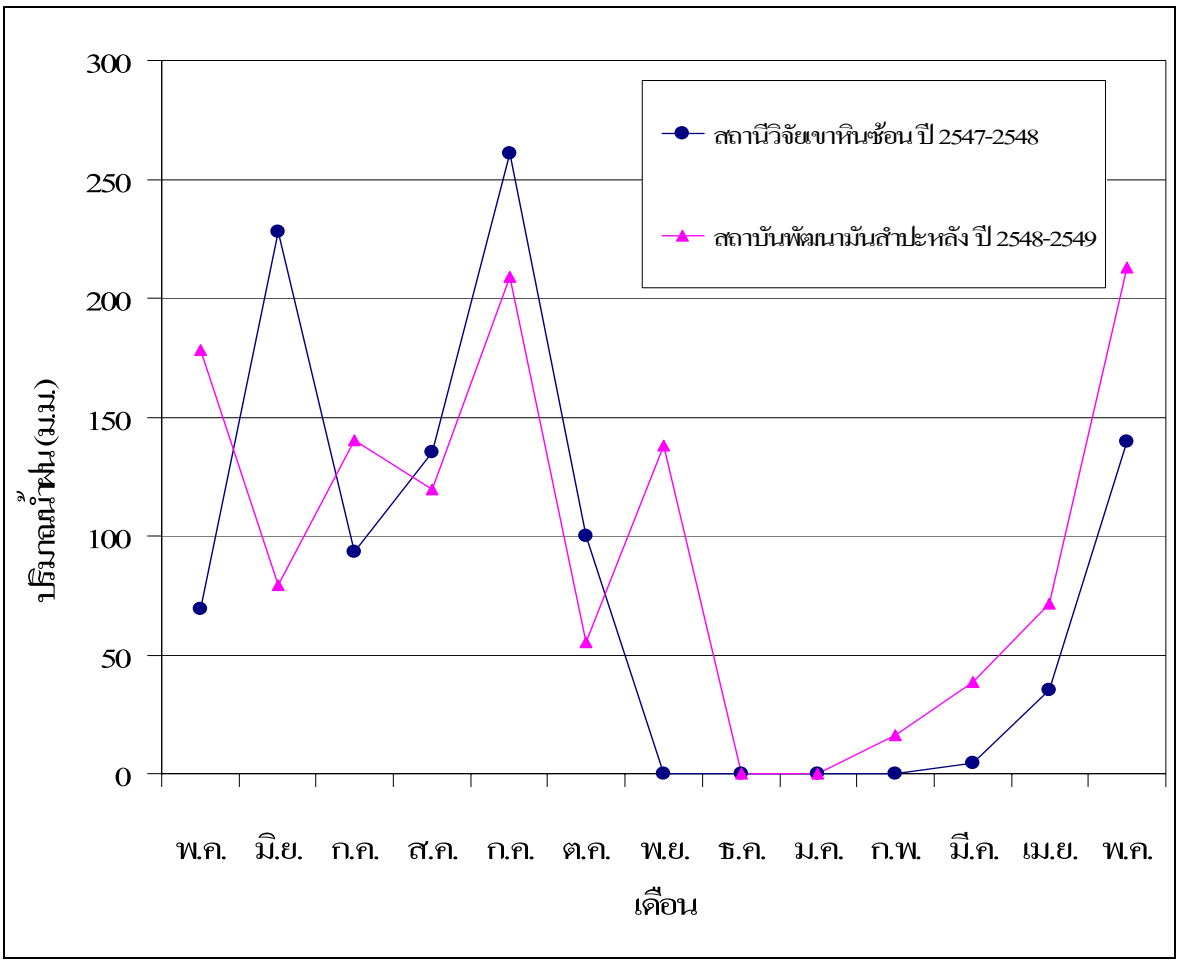
2. ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลองต้นฤดูฝน ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา(ปลูกเดือนพฤษภาคม 2547-พฤษภาคม 2548) และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย จังหวัดนครราชสีมา (ปลูกเดือนพฤษภาคม 2548-พฤษภาคม 2549) พบว่า ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จะเริ่มมีฝนตกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2547 และสิ้นสุดเดือนตุลาคม โดยฝนจะหมดช่วงฤดูแล้งในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และจะเริ่มมีฝนในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นเดือนที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดตลอดช่วงของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเมื่อปลูกช่วงต้นฤดูฝน 1,065.6 มิลลิเมตร

ส่วนที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ฝนจะเริ่มมีฝนตกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2548 และสิ้นสุดเดือนพฤศจิกายน โดยฝนจะหมดช่วงฤดูแล้งในเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม และจะเริ่มมีฝนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นเดือนที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดตลอดช่วงของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเมื่อปลูกช่วงต้นฤดูฝน 1,258.4 มิลลิเมตร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝน ในช่วงการทดลอง ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทราและสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

สถานีวิจัยเขาหินซ้อน		สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง	
เดือน	ปริมาณน้ำฝน (ม.ม.)	เดือน	ปริมาณน้ำฝน (ม.ม.)
พฤษภาคม 2547	69.0	พฤษภาคม 2548	178.0
มิถุนายน 2547	228.0	มิถุนายน 2548	79.4
กรกฎาคม 2547	93.5	กรกฎาคม 2548	140.0
สิงหาคม 2547	135.0	สิงหาคม 2548	119.7
กันยายน 2547	261.0	กันยายน 2548	208.7
ตุลาคม 2547	100.0	ตุลาคม 2548	55.2
พฤศจิกายน 2547	0.0	พฤศจิกายน 2548	138.0
ธันวาคม 2547	0.0	ธันวาคม 2548	0.0
มกราคม 2548	0.0	มกราคม 2549	0.0
กุมภาพันธ์ 2548	0.0	กุมภาพันธ์ 2549	16.4
มีนาคม 2548	4.5	มีนาคม 2549	38.6
เมษายน 2548	35.1	เมษายน 2549	71.3
พฤษภาคม 2548	139.5	พฤษภาคม 2549	213.1
รวม	1,065.6	รวม	1,258.4



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำฝน ในช่วงการทดลอง ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ

จากผลการศึกษาการประเมินมันสำปะหลังจำนวน 60 พันธุ์ โดยจะแบ่งกลุ่มทำการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังออกเป็น 6 ชุด ในแต่ละชุดจะมี 10 พันธุ์และมีพันธุ์เปรียบเทียบอีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ได้ผลการทดลองออกมาในแต่ละชุดดังนี้

ชุดที่ 1

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 202-779 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,991-5,520 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 11.5-22.6 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 3

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 1 คือ M Ind 56 ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 213 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,266 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 12.4 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 779 และ 561 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 5,520 และ 5,280 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.6 และ 17.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ และผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลังแสดงในภาพที่ 4

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 452 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,437 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 16.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) สำหรับ M Ind 56 นี้ปริมาณไซยาไนด์ในหัวค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ ผลผลิตหัวสดปานกลาง แต่ปริมาณแป้งในหัวสดจะต่ำ เมื่อเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะเห็นได้ว่าพันธุ์การค้าของไทยจะให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง แต่ก็มีปริมาณไซยาไนด์ค่อนข้างสูงมา

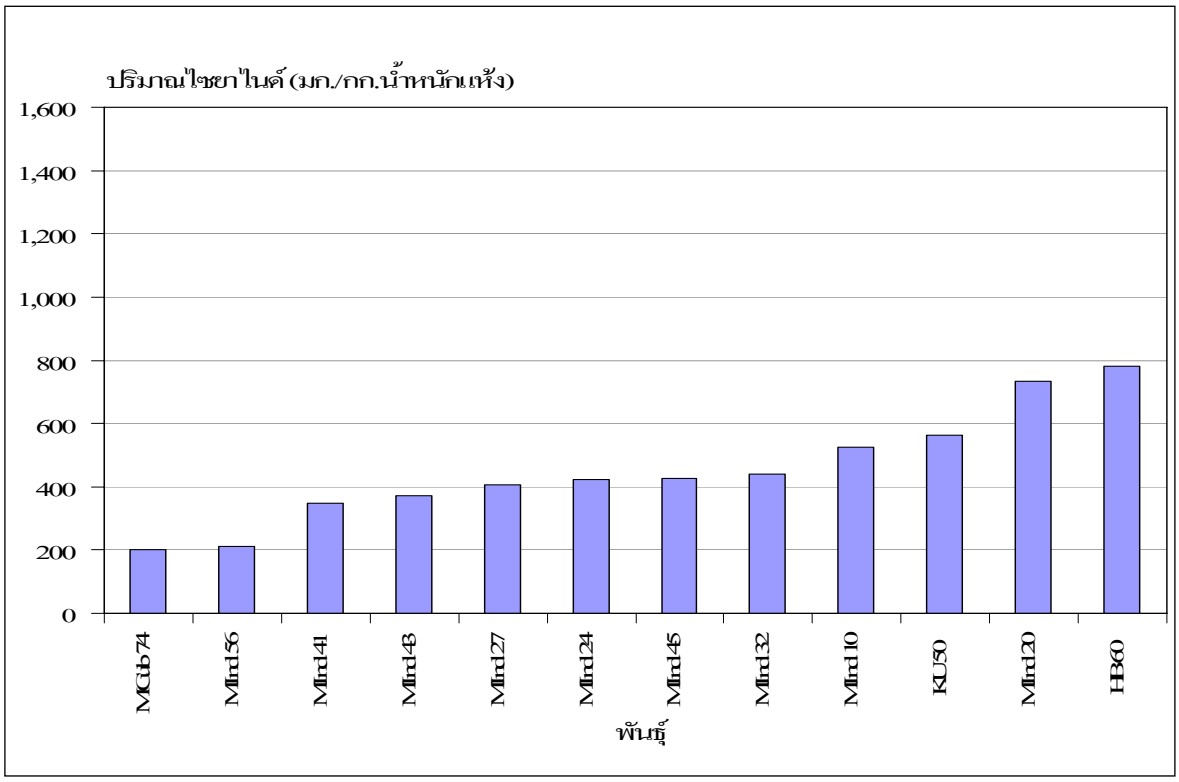
ตารางที่ 4 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 1 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	M Cub 74	202 d	3,075 bc	652	13.0 d	100 a	228 a	0.50
2	M Ind 56 S	213 d	4,266 ab	923	12.4 d	98 a	155 e	0.69
3	M Ind 41	347 cd	3,457 bc	1,069	11.5 d	100 a	199 abcd	0.49
4	M Ind 43	371 cd	2,151 c	505	14.3 cd	90 a	194 bcd	0.47
5	M Ind 27	406 bcd	3,040 bc	907	16.0 bcd	100 a	178 de	0.51
6	M Ind 24	423 bcd	4,417 ab	1,252	17.6 bc	100 a	226 ab	0.48
7	M Ind 45	427 bcd	1,991 c	539	12.8 d	98 a	188 cd	0.38
8	M Ind 32	441 bcd	2,133 c	676	16.0 bcd	90 a	202 abcd	0.47
9	M Ind 10	526 abcd	2,906 bc	790	19.3 ab	97 a	214 abc	0.47
10	KU 50 (check)	561 abc	5,280 a	1,506	17.7 bc	100 a	183 cde	0.66
11	M Ind 20	734 ab	2,008 c	725	19.9 ab	100 a	190 cd	0.37
12	HB 60 (check)	779 a	5,520 a	1,634	22.6 a	71 b	177 de	0.65
	ค่าเฉลี่ย	452	4,437	931	16.1	95	194	0.51
	F-test	*	**	ns	**	**	**	ns
	CV(%)	30.47	22.64	18.16	9.27	5.71	6.98	6.59

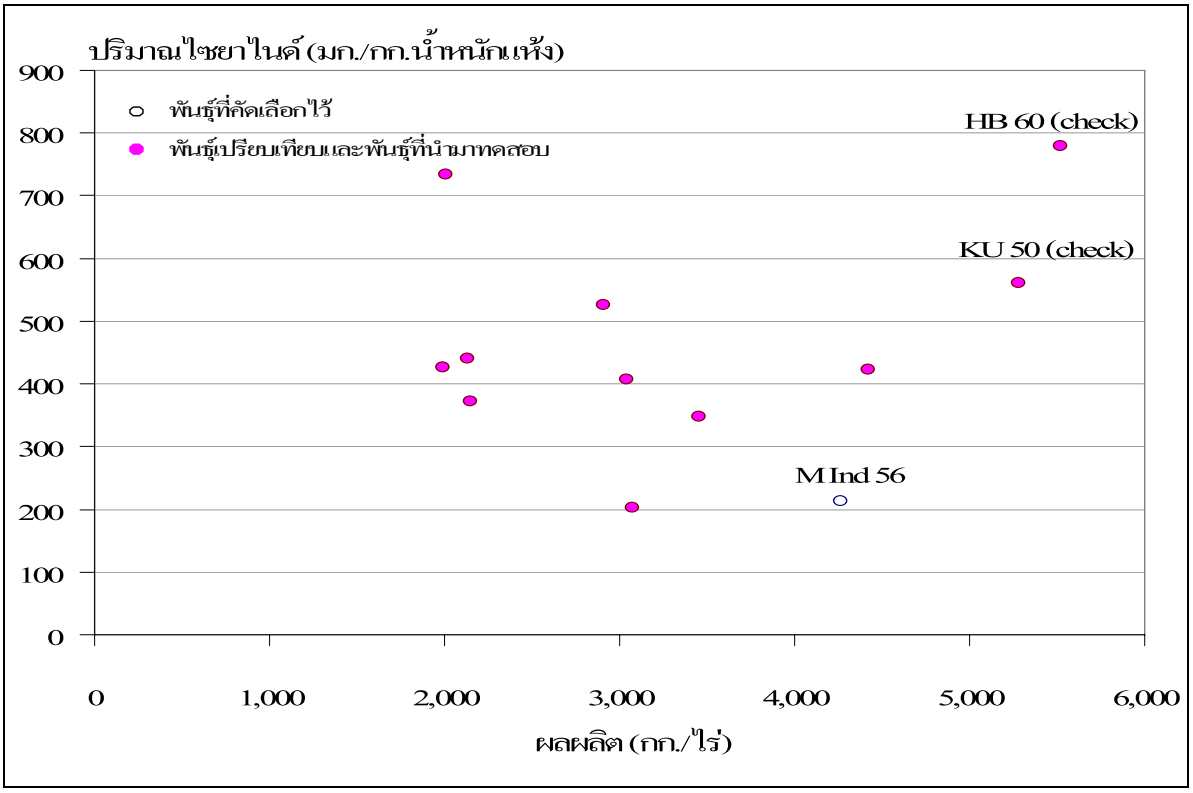
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 5 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 1



ภาพที่ 6 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ ในชุดที่ 1

ชุดที่ 2

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 145-990 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,848-5,280 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 12-24.7 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 3

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 2 คือ CG 917-5 No. 7 และ No. 12 ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 145 199 และ 560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 3,377 4,151 และ 3,315 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 15.1 24.7 และ 17.6เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 990 และ 891 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,595 และ 5,280 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.7 และ 22.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 4

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 501 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 3,744 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 18 เปอร์เซ็นต์(ตารางที่ 5) สำหรับพันธุ์ CG 917-5 และ No. 7 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดอยู่ในระดับปานกลาง แต่พันธุ์ No. 12 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวอยู่ในระดับปานกลาง ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์สูงมาก แต่ก็ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเช่นกัน

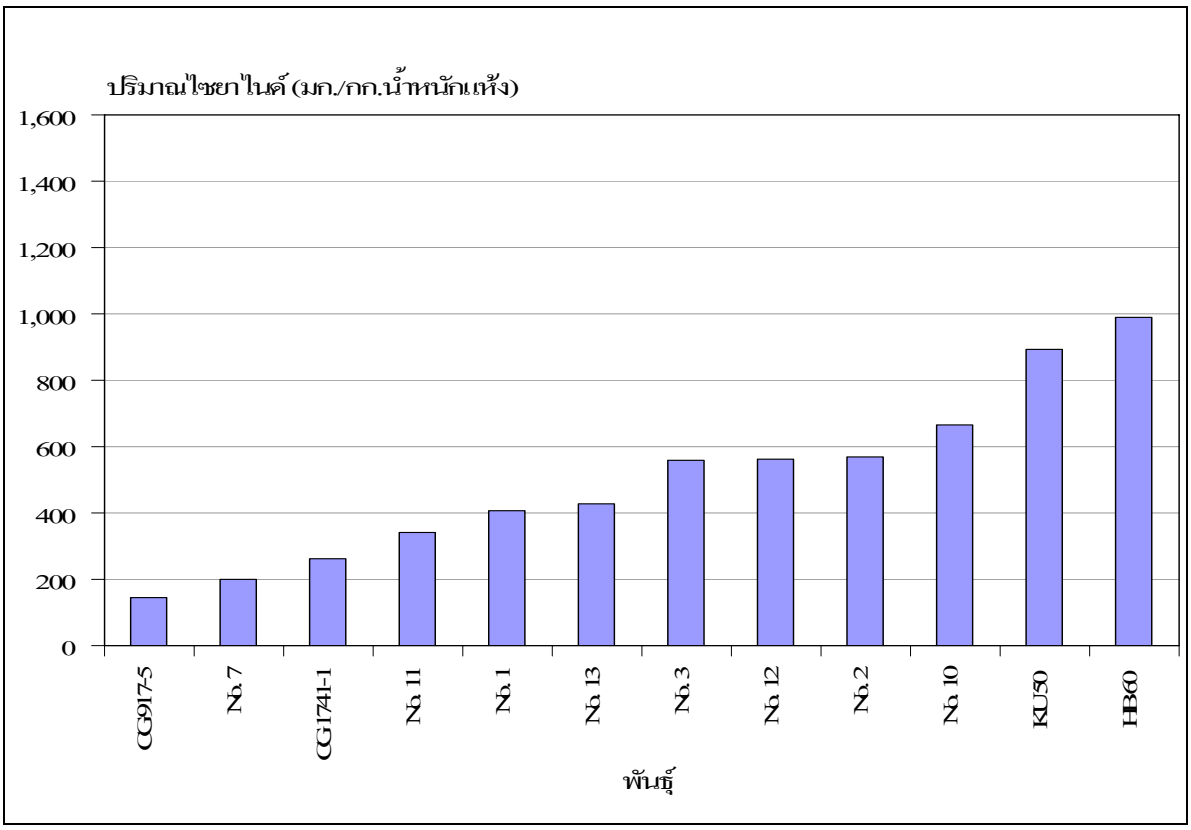
ตารางที่ 5 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 2 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	CG 917-5 S	145 e	3,377 abcd	871	15.1 bc	92	187 cde	0.60 b
2	No. 7 S	199 e	3,315 bcd	1,232	17.6 b	95	218 abc	0.45 c
3	CG 1741-1	263 de	4,160 ab	1,618	13.0 c	97	168 de	0.58 b
4	No. 11	340 cde	3,893 abc	1,020	15.2 bc	95	240 a	0.57 b
5	No. 1	40 cde	3,360 abcd	944	12.0 c	98	189 bcde	0.59 b
6	No. 13	427 ecd	2,026 cd	750	22.0 a	87	190 bcde	0.41 c
7	No. 3	559 bcd	4,586 ab	1,100	12.2 c	95	228 ab	0.63 ab
8	No. 12 S	560 bcd	4,151 ab	1,523	24.7 a	87	164 e	0.65 ab
9	No. 2	570 bcd	1,848 d	528	22.9 a	90	200 bcde	0.35 c
10	No. 10	665 bc	4,337 ab	1,403	16.8 b	92	199 bcde	0.63 ab
11	KU 50 (check)	891 ba	5,280 a	1,597	22.7 a	94	207 abcd	0.68 ab
12	HB 60 (check)	990 a	4,595 ab	1,667	22.7 a	72	167 de	0.71 a
	ค่าเฉลี่ย	501	3,744	1,188	18.0	91	196	0.57
	F-test	**	*	ns	**	ns	*	**
	CV(%)	27.60	21.02	22.55	7.13	8.98	8.57	7.74

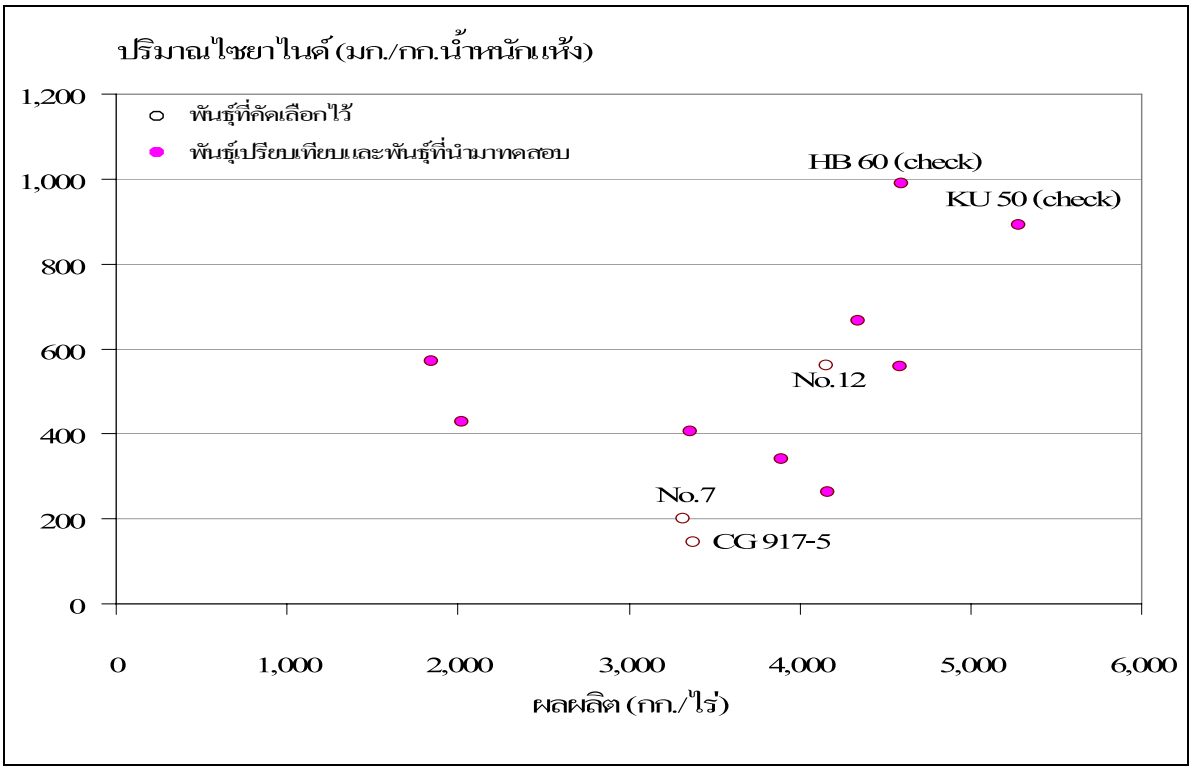
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 7 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 2



ภาพที่ 8 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 2

ชุดที่ 3

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 120-1,260 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3,120-7,342 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 5-23 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 7

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 3 คือ CM 3306-9 และ CM 3306-4 ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 120 และ 195 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,524 และ 4,800 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 22.2 และ 23 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 948 และ 1,260 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,880 และ 6,355 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 19.5 และ 16.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 8

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 543 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 5,235 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 15.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) พันธุ์ CM 3306-4 และ CM 3306-9 จะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ผลผลิตหัวสดออยู่ในระดับปานกลาง และมีปริมาณแป้งในหัวสดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูงมาก แต่ก็ให้ผลผลิตสูงเช่นกันถึงแม้ปริมาณแป้งในหัวสดจะต่ำกว่าเล็กน้อยก็ตาม

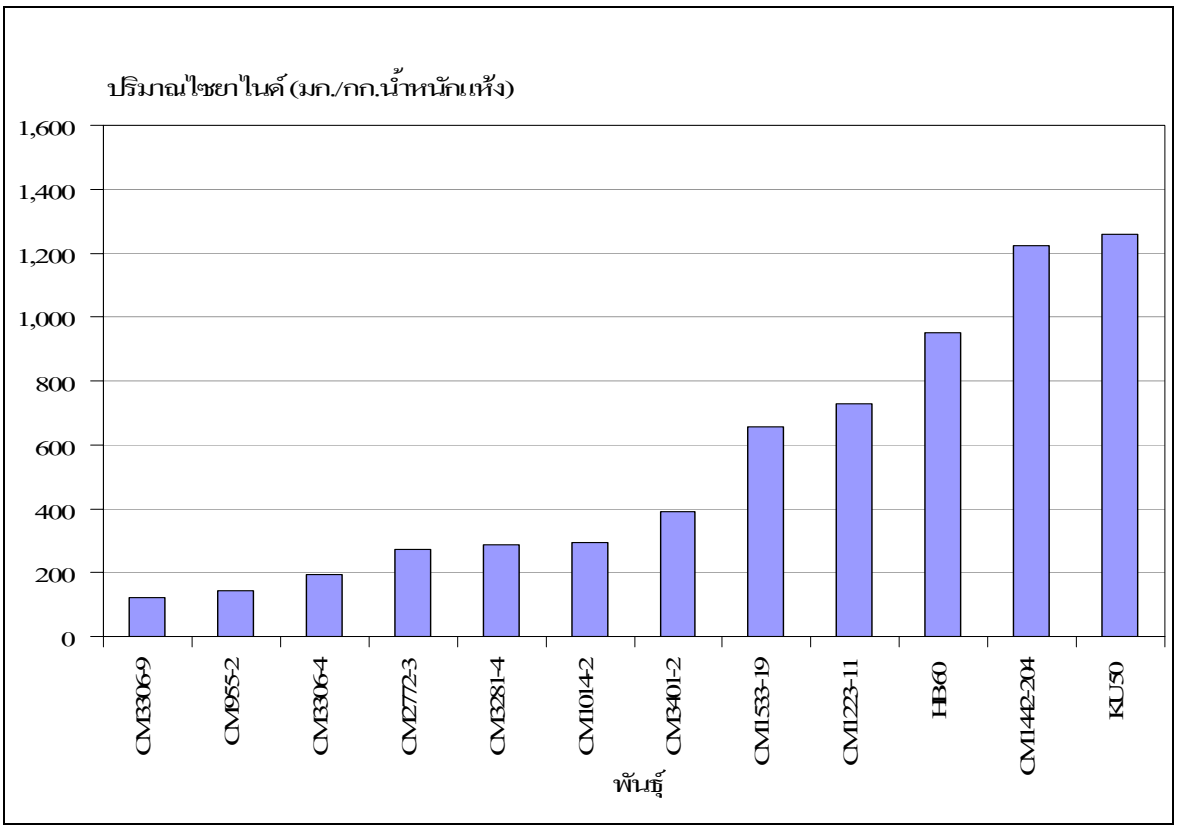
ตารางที่ 6 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 3 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	CM 3306-9 S	120 e	4,524 cde	1,391 cd	22.2 a	100	238 bcd	0.49 bcd
2	CM 955-2	144 e	3,120 e	862 e	5.0 d	98	316 a	0.43 d
3	CM 3306-4 S	195 e	4,800 bcde	1,616 bcd	23.0 a	98	239 bcd	0.49 bcd
4	CM 2772-3	273 e	4,871 bcde	1,737 bc	21.7 ab	100	219 cd	0.54 abc
5	CM 3281-4	285 e	5,457 bcd	1,812 abc	19.3 ab	100	259 bc	0.53 abc
6	CM 1014-2	292 e	4,088 de	1,130 ed	10.0 cd	100	280 ab	0.47 cd
7	CM 3401-2	390 de	5,955 abc	1,458 bcd	10.7 cd	97	253 bc	0.54 abc
8	CM 1533-19	655 cd	5,600 abcd	1,429 bcd	14.3 bc	100	235 bcd	0.58 ab
9	CM 1223-11	728 c	7,342 a	2,276 a	18.0 abc	100	191 d	0.60 a
10	HB 60 (check)	948 bc	4,880 bcde	1,574 bcd	19.5 ab	95	230 bcd	0.62 a
11	CM 1442-204	1,224 ab	5,831 abcd	1,634 bc	11.2 cd	98	208 cd	0.58 ab
12	KU 50 (check)	1,260 a	6,355 ab	1,893 ab	16.2 abc	100	260 bc	0.53 abc
	ค่าเฉลี่ย	543	5,235	1,568	15.9	99	244	0.53
	F-test	**	**	**	*	ns	*	**
	CV(%)	24.73	13.87	12.88	15.49	1.70	9.91	7.69

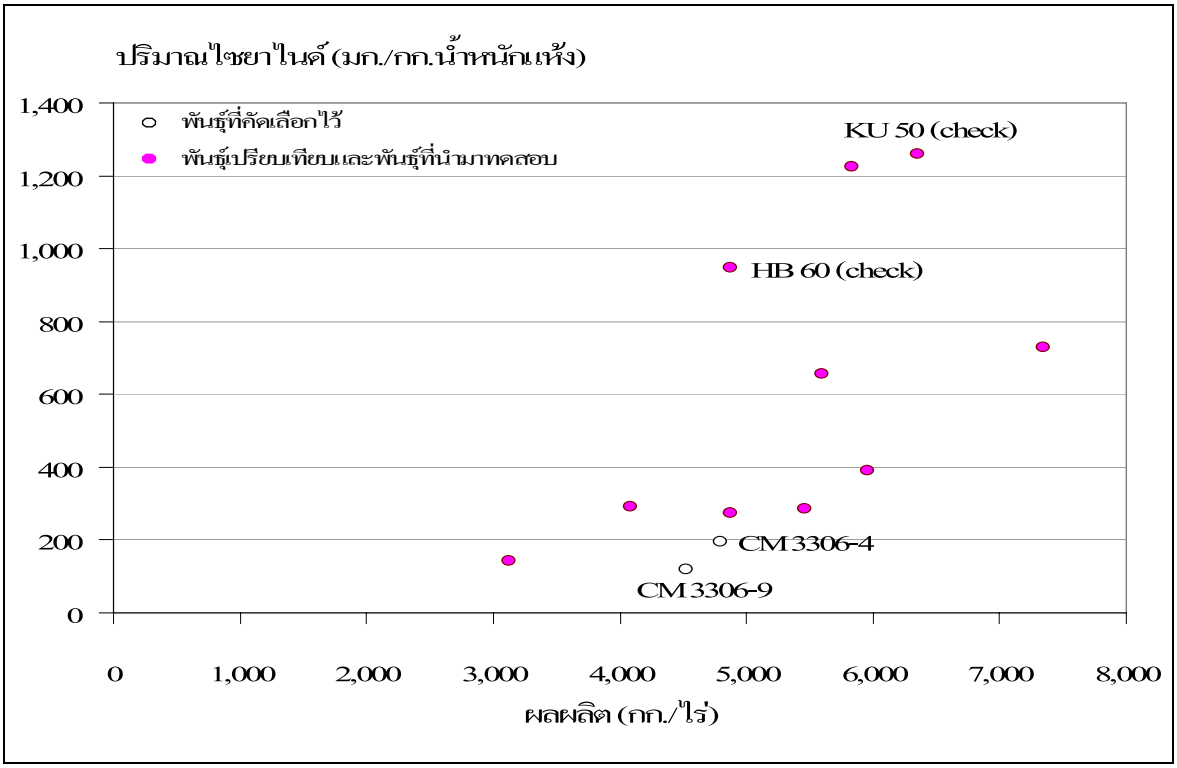
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 9 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 3



ภาพที่ 10 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 3

ชุดที่ 4

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 131-1291มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3,093-6,791กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 7.6-20.5 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 9

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 4 คือ CM 3553-6 และ CM 3435-5 ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 131 และ 291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 3,844 และ 3,840 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 14.6 และ 18 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 1,054 และ 1,291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 5,768 และ 6,791 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 20.5 และ 18.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ และผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 10

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 459 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,888 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 14 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) พันธุ์ CM 3435-5 และ CM 3553-6 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ผลผลิตหัวสดอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งพันธุ์ CM 3435-5 นี้มีปริมาณแป้งในหัวสดสูง ส่วนพันธุ์ CM 3553-6 จะมีปริมาณแป้งในหัวสดปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์สูงมาก แต่ก็ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง

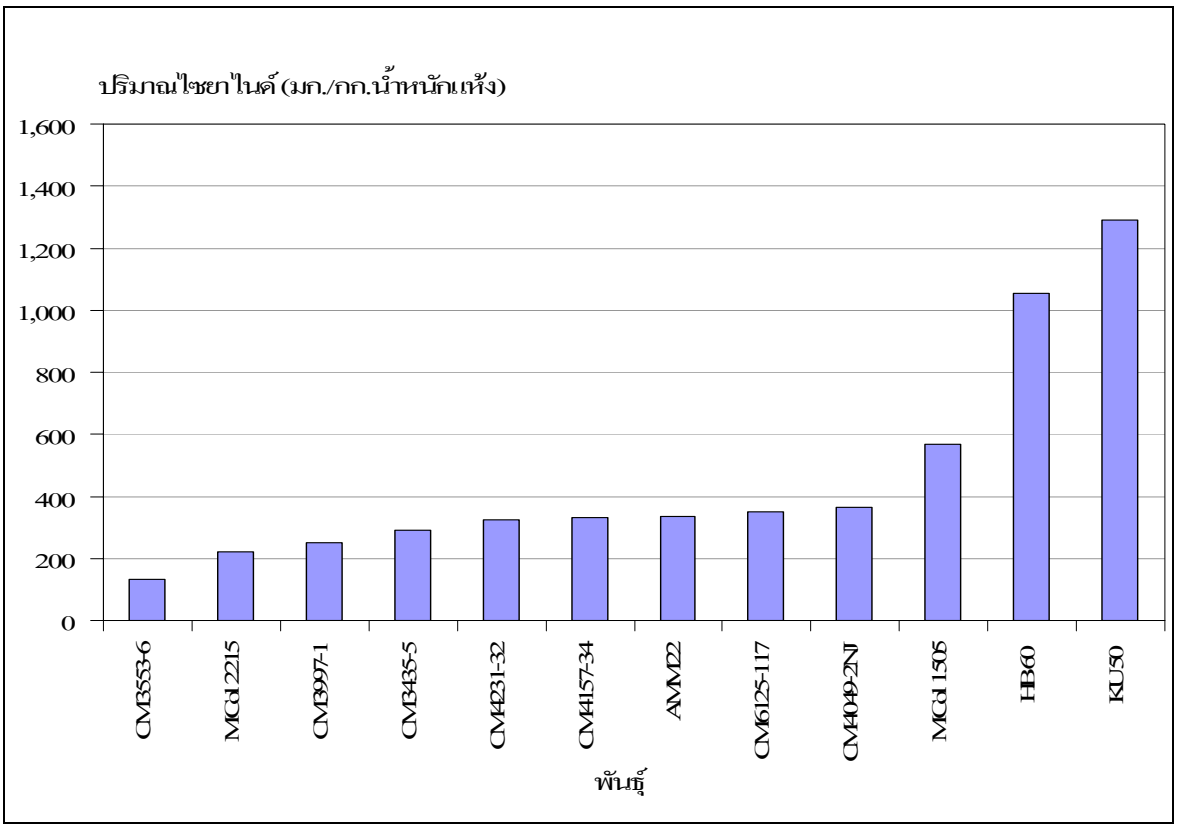
ตารางที่ 7 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 4 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	CM 3553-6 [S]	131 c	3,848 bcd	939 de	14.6 bcd	100 a	262	0.41 de
2	M Col 2215	220 c	3,404 cd	1,130 cde	13.2 cde	100 a	194	0.57 abc
3	CM 3997-1	250 c	3,457 cd	936 de	10.6 def	100 a	268	0.35 e
4	CM 3435-5 [S]	291 c	3,840 bcd	1,235 bcde	18.0 abc	100 a	258	0.44 cde
5	CM 4231-32	325 bc	6,382 a	1,298 bcde	7.6 f	100 a	241	0.63 a
6	CM 4157-34	332 bc	3,093 d	761 e	14.5 bcd	100 a	247	0.38 e
7	AMM 22	337 bc	5,120 abc	1,295 bcde	9.1 ef	97 a	220	0.55 abcd
8	CM 6125-117	350 bc	5,697 ab	1,561 bc	17.3 abc	97 a	261	0.58 abc
9	CM 4049-2NJ	366 bc	5,191 abc	1,340 bcd	13.5 bcde	100 a	288	0.46 bcde
10	M Col 1505	569 b	6,071 a	1,234 bcde	11.0 def	100 a	262	0.44 cde
11	HB 60 (check)	1,054 a	5,768 ab	1,751 ab	20.5 a	80 b	235	0.60 ab
12	KU 50 (check)	1,291 a	6,791 a	2,174 a	18.4 ab	98 a	300	0.55 abcd
	ค่าเฉลี่ย	459	4,888	1,304	14.0	97	253	0.50
	F-test	**	**	*	**	**	ns	*
	CV(%)	25.66	17.01	17.47	12.82	1.64	9.43	12.95

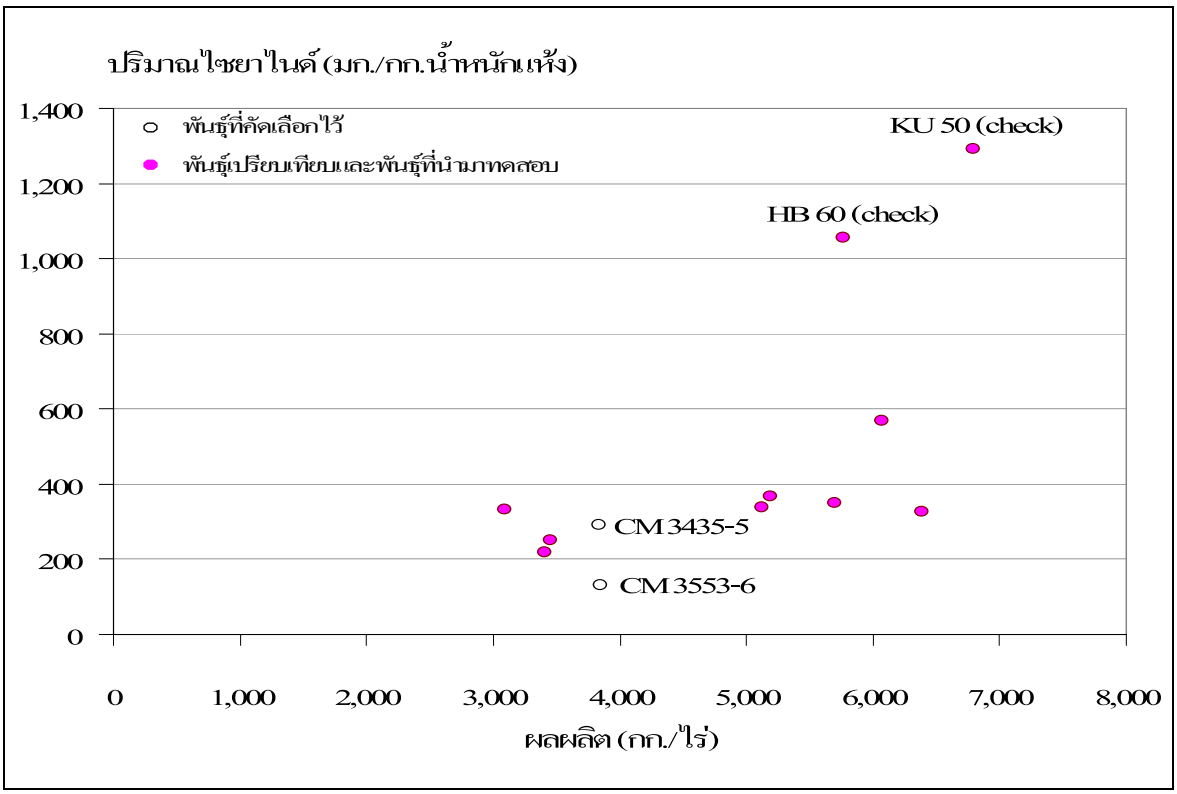
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

* , ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 11 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 4



ภาพที่ 12 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 4

ชุดที่ 5

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 155-1,208 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,760-4,924 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 5.3-18.7 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 8 และภาพที่ 11

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ คือ M Mal 23 ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 204 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 2151 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 18 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 1,208 และ 749 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,915 และ 4,897 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 18.7 และ 16.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ และผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 12

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 397 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 3,206 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 12.6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) พันธุ์ M Mal 23 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตหัวสดต่ำ แต่มีปริมาณแป้งในหัวสดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูงมาก แต่ก็ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเช่นกัน

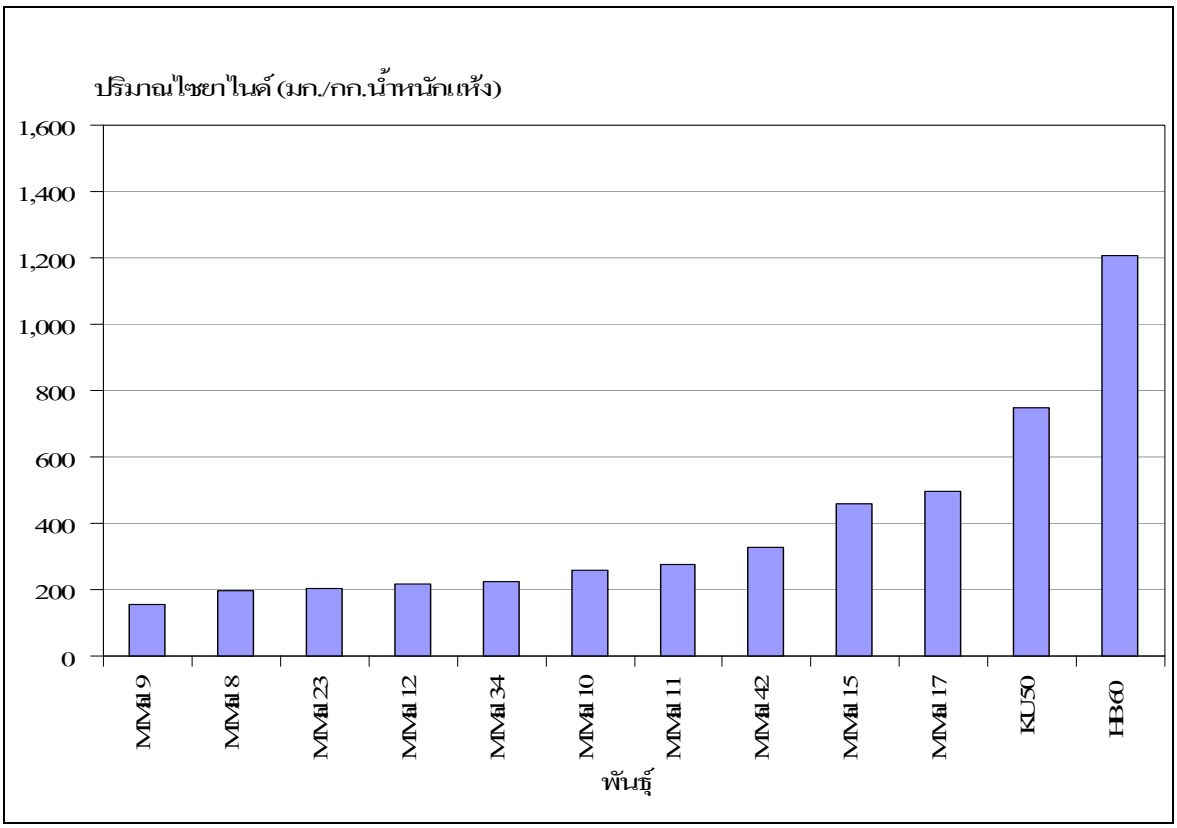
ตารางที่ 8 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 5 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	M Mal 9	155 f	1,760 b	301 c	5.3 b	100	224	0.31 c
2	M Mal 8	196 ef	3,066 b	769 cb	6.0 b	98	289	0.40 bc
3	M Mal 23 [S]	204 ef	2,151 b	743 cb	18.2 a	100	254	0.31 c
4	M Mal 12	215 ef	4,924 a	1,078 b	6.5 b	100	255	0.56 ab
5	M Mal 34	223 ef	2,773 b	884 cb	18.2 a	100	272	0.35 bc
6	M Mal 10	259 ef	1,831 b	320 c	17.0 a	92	297	0.25 c
7	M Mal 11	277 ef	2,355 b	700 cb	14.5 a	82	244	0.34 c
8	M Mal 42	329 de	3,075 b	718 cb	8.7 b	100	247	0.28 c
9	M Mal 15	459 cd	4,408 a	1,048 b	14.0 a	100	311	0.45 abc
10	M Mal 17	496 c	2,320 b	690 cb	14.3 a	95	237	0.33 c
11	KU 50 (check)	749 b	4,897 a	1,904 a	16.9 a	100	201	0.63 a
12	HB 60 (check)	1,208 a	4,915 a	1,805 a	18.7 a	98	203	0.57 ab
	ค่าเฉลี่ย	397	3,206	913	12.6	97	253	0.40
	F-test	**	**	*	**	ns	ns	*
	CV(%)	17.26	17.11	27.28	11.28	7.53	12.34	12.95

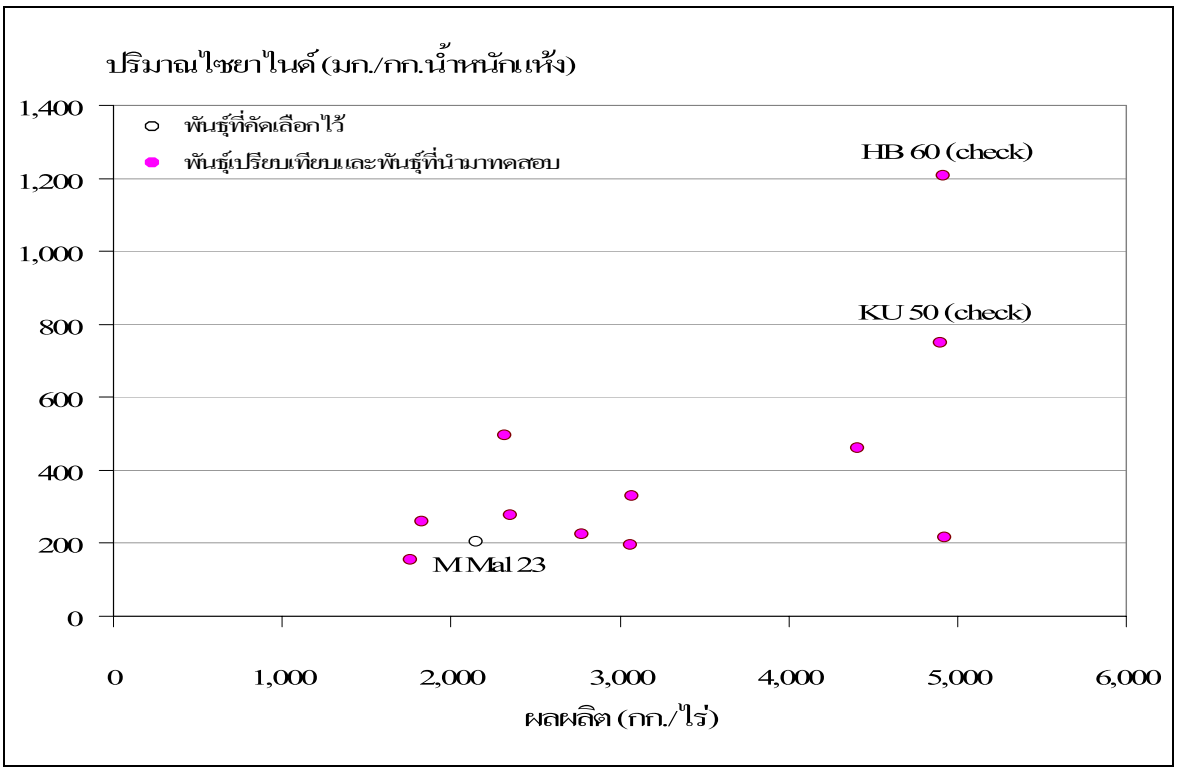
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 13 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 5



ภาพที่ 14 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 5

ชุดที่ 6

ปริมาณไซยาไนด์ในหัวของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 155.8-1,501 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2,328-6,897 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 10-22.5 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 9 และภาพที่ 13

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ คือ Secundina ซึ่งมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 190 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 3,857 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 21.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 1,750 และ 755 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 6,240 และ 6,897 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.5 และ 20.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ และผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 14

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 495 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตหัวสด 4,358 กิโลกรัมต่อมีปริมาณแป้งในหัวสด 14.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9) พันธุ์ Secundina จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตหัวสดต่ำ แต่มีปริมาณแป้งในหัวสดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูงมาก แต่ก็ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเช่นกัน

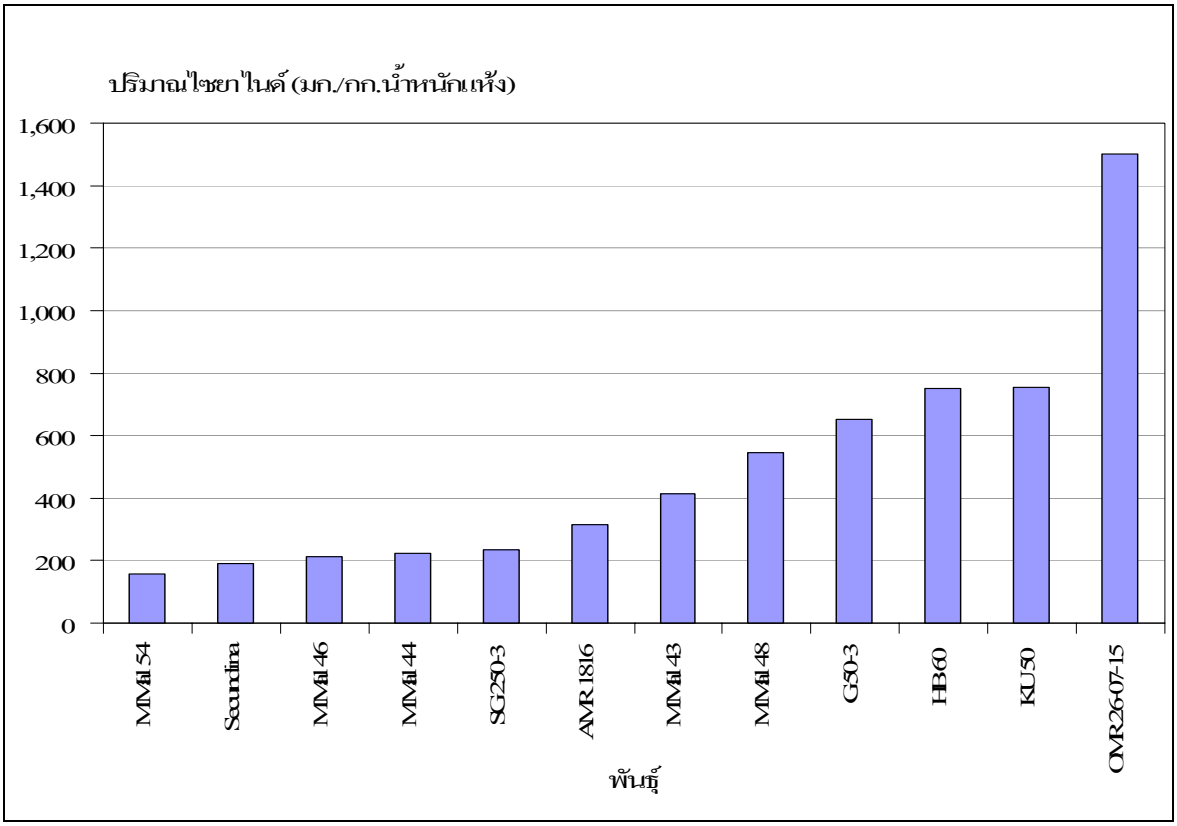
ตารางที่ 9 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 6 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว (%)	ความงอก (%)	ความสูง (ซม.)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
			หัวสด	หัวแห้ง				
1	M Mal 54	155 e	2,560 fg	633 c	11.4 d	100	215	0.42 cde
2	Secundina [S]	190 de	3,857 defg	1,406 b	21.2 ab	98	215	0.45 bcd
3	M Mal 46	213 de	2,328 g	620 c	10.9 d	98	235	0.34 de
4	M Mal 44	223 de	2,453 g	622 c	11.5 d	100	246	0.28 e
5	SG 250-3	233 de	3,235 efg	9,18 cb	15.7 bcd	95	244	0.43 cd
6	AMR 1816	313 cde	4,746 bcde	1,223 b	15.7 bcd	98	230	0.49 abcd
7	M Mal 43	412 cd	5,422 abcd	1,166 cb	12.0 cd	100	227	0.53 abc
8	M Mal 48	546 cd	4,195 cdefg	1,235 b	17.7 abc	100	234	0.49 abcd
9	G 50-3	651 b	6,008 abc	1,235 b	10.8 d	87	258	0.57 abc
10	HB 60 (check)	750 b	6,240 ab	2,067 a	22.5 a	84	224	0.63 a
11	KU 50 (check)	755 b	6,897 a	2,267 a	20.2 ab	98	260	0.60 ab
12	OMR 26-07-15	1,501 a	4,355 cdef	944 cb	10.0 d	98	275	0.55 abc
	ค่าเฉลี่ย	495	4,358	1,195	14.9	96	238	0.48
	F-test	**	**	**	**	ns	ns	**
	CV(%)	20.78	17.86	18.91	15.16	5.03	12.54	13.4

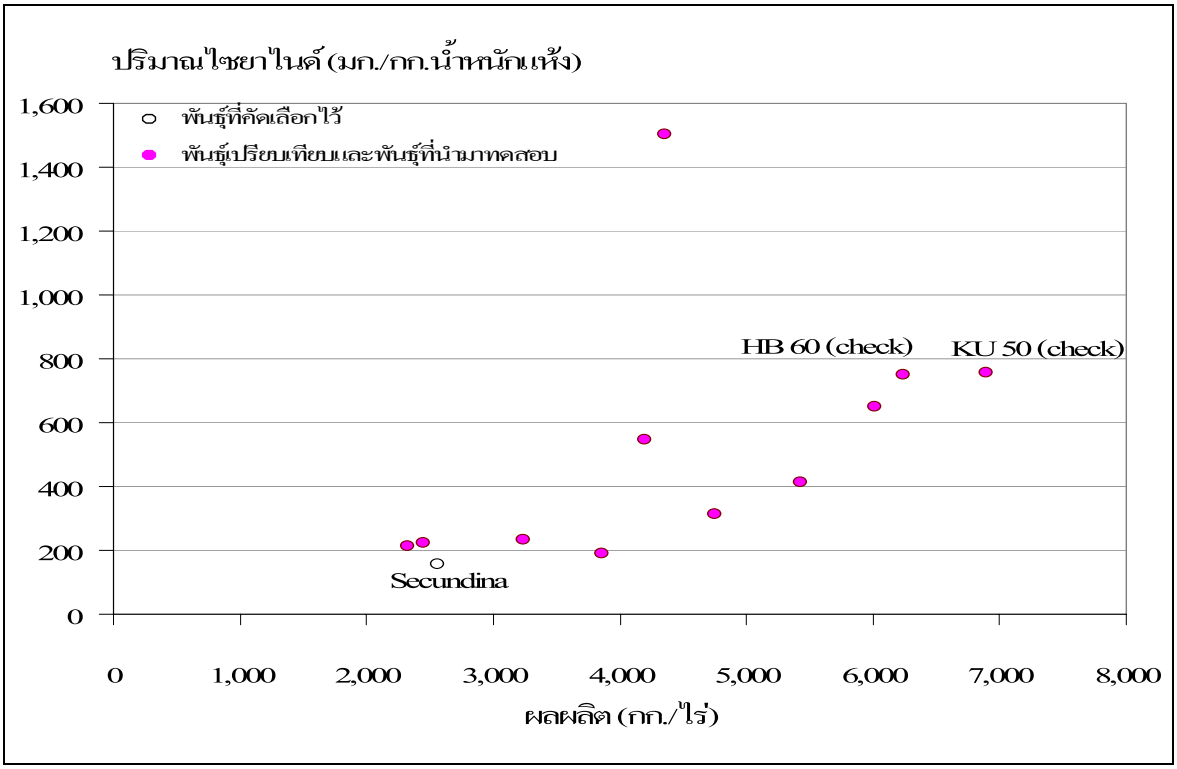
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 15 ปริมาณไซยาไนด์ในหัว ของมันสำปะหลังในชุดที่ 6



ภาพที่ 16 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 6

สรุปผลการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำทั้ง 6 ชุด

พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ทั้ง 10 พันธุ์ แสดงสรุปในตารางที่ 10 ได้แก่พันธุ์ดังต่อไปนี้คือ M Ind 56 CG 917-5 No. 7 No. 12 CM 3306-9 CM 3306-4 CM 3553-6 CM 3435-5 M Mal 23 และ Secundina พันธุ์ที่คัดเลือกไว้เหล่านี้ คัดเลือกโดยพิจารณาจากปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำเป็นหลัก โดยพิจารณาปริมาณแป้งในหัวสดและผลผลิตประกอบ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU 50) และห้วยบง 60 (HB 60) ในแต่ละชุด

จะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้เหล่านี้จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ตั้งแต่ 120-291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ยกเว้นพันธุ์ No. 12 มีปริมาณไซยาไนด์ในหัว 561 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวตั้งแต่ 561-1,291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และพันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวตั้งแต่ 751-1,208 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง จะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบประมาณ 4-10 เท่า

อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่คัดเลือกไว้เหล่านี้จะมีศักยภาพของผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างเห็นได้ชัดกล่าวคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตตั้งแต่ 4,898-6,898 กิโลรัมต่อไร่ โดยมีปริมาณแป้งในหัวสด 16.9-22.8 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตหัวสด ตั้งแต่ 4,596-6,248 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 18.8-22.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีผลผลิตหัวสด 2,151-4,800 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งในหัวสด 12.5-24.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพันธุ์ที่คัดเลือกไว้คือ No. 12 คัดไว้เนื่องจากให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเป็นหลัก ส่วนปริมาณไซยาไนด์อยู่ในระดับปานกลาง

จากผลการคัดเลือกดังกล่าวจะชี้ชัดว่าเป็นพันธุ์การค้าของไทยที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีศักยภาพของผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดค่อนข้างสูง นั้นเป็นสิ่งที่คาดหมายไว้ เพราะเป็นพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ที่ติดต่อกันมาหลายสิบปี เพื่อคัดเลือกให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเป็นหลัก และการทดสอบทำในประเทศไทย ย่อมปรับตัวได้ดี โดยไม่เคยพิจารณาคัดเลือกปริมาณไซยาไนด์ในหัว นอกจากนั้นพันธุ์ที่เปรียบเทียบนี้เป็นลูกหลานของพันธุ์ระยอง 1 ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูง

พันธุ์เปรียบเทียบของไทยคือ เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จึงไม่เหมาะที่จะบริโภคสด หรือใช้ทำแป้งฟลาว ยกเว้นต้องมีกระบวนการลดไซยาไนด์ที่ถูกต้อง และพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ตั้งใจจะหาพันธุ์สำหรับใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อบริโภคหรือทำแป้งฟลาวต่อไป

ตารางที่ 10 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต และปริมาณแป้งในหัวสด ของมันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ จำนวน 10 พันธุ์ ใน 6 ชุดการทดลอง ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2547-2548

ชุดที่	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัวสด
		(มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)
1	M Ind 56	213	4,267	923	12.5
	KU 50(check)	561	5,280	1,506	17.7
	HB 60(check)	780	5,520	1,634	22.6
2	CG 917-5	146	3,378	871	15.2
	No. 7	200	3,316	1,232	17.7
	No. 12	561	4,151	1,523	24.8
	KU 50(check)	892	5,280	1,597	22.8
	HB 60(check)	991	4,596	1,667	22.8
3	CM 3306-9	120	4,524	1,391	22.3
	CM 3306-4	195	4,800	1,616	23.0
	KU 50(check)	1,260	6,356	1,893	16.3
	HB 60(check)	949	4,880	1,574	19.5
4	CM 3553-6	132	3,849	939	14.6
	CM 3435-5	291	3,840	1,235	18.0
	KU 50(check)	1,291	6,791	2,174	18.5
	HB 60(check)	1,054	5,769	1,751	20.5
5	M Mal 23	205	2,151	743	18.3
	KU 50(check)	750	4,898	1,904	16.9
	HB 60(check)	1,208	4,916	1,805	18.8
6	Secundina	191	3,858	1,406	21.3
	KU 50(check)	755	6,898	2,067	20.3
	HB 60(check)	751	6,240	2,267	22.5

การประเมินผลการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

การประเมินผลการคัดเลือกพันธุ์ให้มีไซยาไนด์ในหัวต่ำนั้นใช้พันธุ์ห้านาที (Hanatee) เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งเป็นพันธุ์ชนิดที่ใช้สำหรับรับประทาน และเป็นที่ทราบว่ากันดีว่าเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ (เจริญศักดิ์, 2519) ส่วนพันธุ์ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์และลักษณะอื่นๆของพันธุ์ที่คัดเลือกมา สรุปแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 15 ที่อายุ 8 นั้น พันธุ์ CM 3553-6 มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำสุดคือ 181 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่เฉลี่ยของทุกพันธุ์มีปริมาณไซยาไนด์ 273 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง พันธุ์ห้านาทีเป็นพันธุ์เปรียบเทียบไซยาไนด์ต่ำ มีปริมาณไซยาไนด์ 289 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่พันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณไซยาไนด์สูงสุด 379 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ที่อายุ 12 เดือนเฉลี่ยของทุกพันธุ์มีปริมาณไซยาไนด์ 188 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งโดยพันธุ์ Secundina จะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำสุด คือ 144 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามด้วยพันธุ์ No. 7 ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีเป็นพันธุ์เปรียบเทียบไซยาไนด์ต่ำ มีปริมาณไซยาไนด์ 177 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่พันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณไซยาไนด์สูงสุด 232 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

สำหรับมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือน จะมีปริมาณไซยาไนด์สูงกว่าที่อายุ 12 เดือน เพราะปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังจะแปรปรวนไปตามพันธุ์และสิ่งแวดล้อม ในสภาวะการขาดน้ำจะทำให้ปริมาณไซยาไนด์เพิ่มขึ้น (เจริญศักดิ์, 2546) ซึ่งในช่วงเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือนจะเป็นช่วงฤดูฝน แต่ที่อายุ 8 เดือนจะเป็นฤดูแล้ง (ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 17) อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างไซยาไนด์ของพันธุ์ต่าง ๆ ที่อายุ 8 และ 12 เดือน โดยใช้ค่า correlation coefficient (r) พบว่า มีค่า $r = 0.82^{**}$ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 16) แสดงว่าปริมาณไซยาไนด์จะสูงหรือต่ำของแต่ละพันธุ์จะไปในทางเดียวกันไม่ว่าอายุ 8 หรือ 12 เดือน

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังที่อายุ 8 และ 12 เดือน พบว่า พันธุ์ทั้งหมดที่คัดเลือกให้มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำทั้ง 10 พันธุ์ จะมีปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยในหัวต่ำกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 ทุกพันธุ์ และต่ำกว่าพันธุ์ห้านาทีที่เป็นพันธุ์การค้ามีปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยในหัวต่ำกว่าถึง 9 พันธุ์
พันธุ์ CM 3553-6 มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำสุดเฉลี่ย 175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง พันธุ์ห้านาทีและห้วยบง 60 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ย 257 และ 315 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ค่า DMRT นั้น พันธุ์ CM 3553-6 No.7 No.12 Secundina และ CM 3306-9 มีไซยาไนด์ในหัวเฉลี่ย 175 192 204 213 และ 214 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ต่ำกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 อย่างมีนัยสำคัญ แต่พันธุ์เหล่านี้แม้จะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่าพันธุ์ห้านาทีแต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การประเมินไซยาไนด์ในหัวของของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้เมื่อเทียบกับพันธุ์ห้วยบง 60 แม้พันธุ์ห้วยบง 60 จะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูงสุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 315 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง พันธุ์อื่นๆที่คัดเลือกไว้ก็มีปริมาณไซยาไนด์ใกล้เคียงกับค่าในการประเมินที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน (ตารางที่ 10) ยกเว้นพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง ค่าการประเมินในปี 2547-2548 มีปริมาณไซยาไนด์ 751-1,208 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ปริมาณไซยาไนด์ในปี 2548-2549 มีค่าน้อยลงประมาณ 2-3 เท่า การที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อนมีปริมาณไซยาไนด์สูงเพราะเกิดภาวะฝนแล้งตั้งแต่เดือนพฤษจิกายนถึงเดือนมกราคมในปี 2547-2548 ซึ่งก็ได้เก็บตัวอย่างที่อายุ 8 เดือนในเดือนมกราคม แต่ที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลังมีภาวะฝนแล้งในช่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมในปี 2548-2549 ซึ่งก็ได้เก็บตัวอย่างที่อายุ 8 เดือนในเดือนมกราคมเช่นกัน ในภาวะฝนแล้งนี้ส่งผลให้ปริมาณไซยาไนด์ในหัวสูงขึ้นได้

โดยสรุปแล้ว การคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ จะได้ผลดี พันธุ์ที่คัดเลือกมามีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับพันธุ์ห้านาทีของไทยดังรายละเอียดตารางที่ 11

เมื่อพิจารณาผลผลิต และปริมาณแป้งในหัวสดประกอบแล้ว พันธุ์ Secundina และ CG 917-5 ให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุด คือ 1,633 และ 1,854 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พันธุ์ห้านาทีและห้วยบง 60 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีผลผลิตหัวสด คือ 2,968 และ 3,354 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ No. 7 มีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำสุดคือ 7.2 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ No. 12 มีปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุดคือ 20.1 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ห้านาทีและห้วยบง 60 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณแป้งในหัวสด 11.8 และ 18.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีผลผลิตหัวสด 2,578 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งในหัวสด 14.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพันธุ์ห้วยบง 60 จะให้ผลผลิตหัวสดและหัวแห้งสูงสุด 3,354 และ 1,051 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ย 18.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพันธุ์ที่คัดเลือกมาจะมีศักยภาพของผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 เนื่องจากพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศเหล่านี้เป็นพันธุ์พื้นบ้าน (land race variety) ศักยภาพของผลผลิตย่อมต่ำกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ผ่านการพัฒนาผลผลิตมาแล้วหลายรอบ

ในกลุ่มพันธุ์ที่คัดเลือกมานี้ พันธุ์ No.12 ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ห้วยบงเล็กน้อย (3,081 กับ 3,354 กิโลกรัมต่อไร่) แต่มีปริมาณแป้งในหัวสดสูงถึง 20.61 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณแป้งในหัวสด 18.8 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ No.12 อาจจะใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริมหรือใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อสำหรับปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณแป้งในหัวสดสูง ซึ่งจะต้องทดสอบให้มากขึ้น

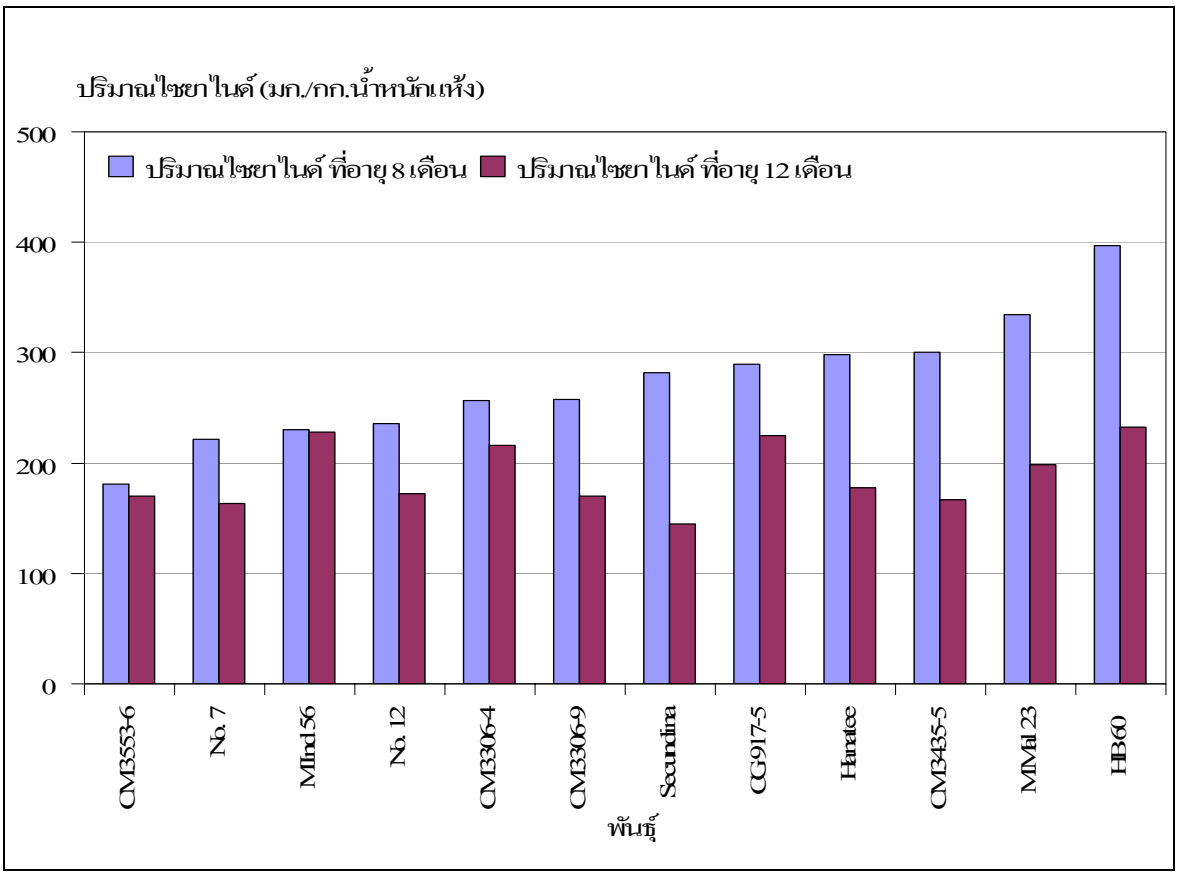
พันธุ์อื่น ๆ ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ห้านาทีที่ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีปริมาณแป้งใกล้เคียงหรือสูงกว่าพันธุ์ห้านาที ได้แก่ CM 3553-6 No.12 และ M Ind 56 มีศักยภาพที่จะเป็นพันธุ์รับประทานได้ พันธุ์ต่าง ๆ ทั้ง 10 พันธุ์ อาจจะคัดเลือกให้เหลือน้อย แล้วนำไปทดสอบผลผลิตและปริมาณไซยาไนด์ในหัวให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น(หลายการทดลอง) ตลอดจนมีการชิมรสชาด ว่าพันธุ์ใดเหมาะสมที่จะใช้รับประทานเป็นอาหาร และพันธุ์ใดที่เหมาะสมสำหรับแปรรูปเป็นแป้งฟลาวร์ (Flour) ต่อไป

ตารางที่ 11 ปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548-2549

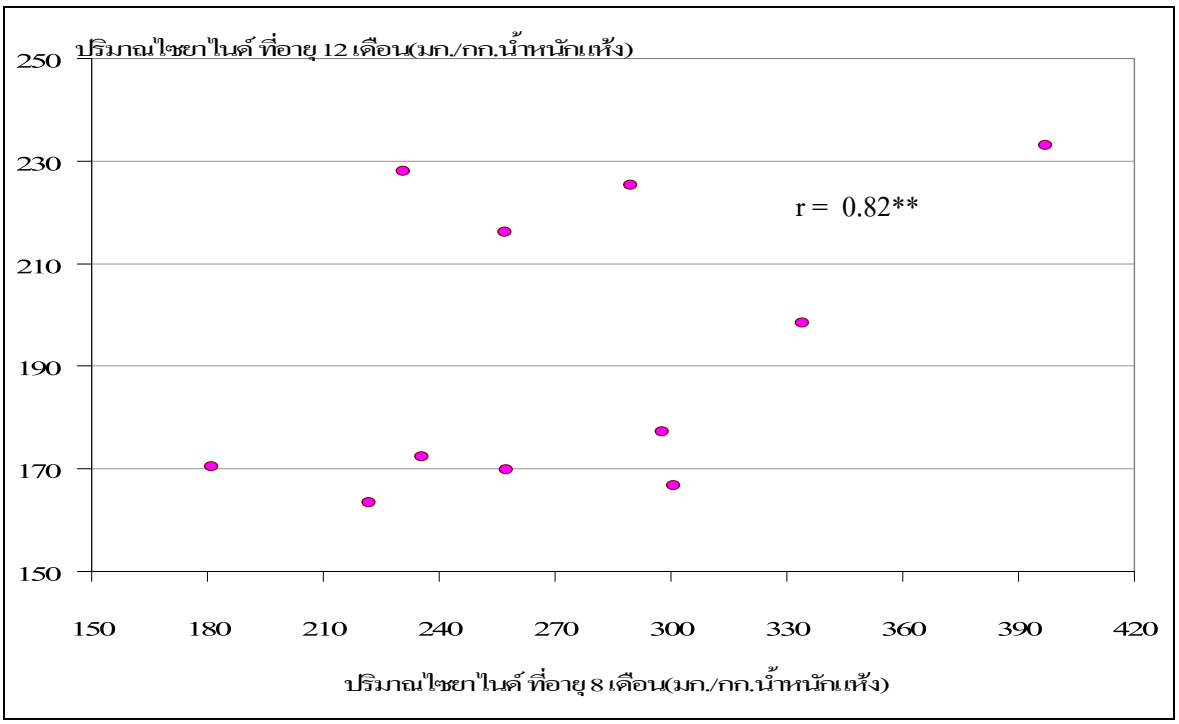
ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณไซยาไนด์ (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)			ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนี
		อายุ 8 เดือน	อายุ 12 เดือน	เฉลี่ย	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	เก็บเกี่ยว
1	CM 3553-6	181 d	170 cd	175 b	3,111 ab	754 abcd	13.1 cdef	76	180	0.40 abc
2	No. 7	221 de	163 d	192 b	2,554 abcd	547 cde	7.2 g	87	200	0.33 bcd
3	No. 12	235 cde	172 cd	204 b	3,081 ab	1,023 a	20.1 a	91	185	0.43 ab
4	Secundina	281 bcd	144 d	213 b	1,653 def	491 de	16.5 abc	96	176	0.26 d
5	CM 3306-9	257 cd	169 cd	214 b	2,216 bcd	659 bcde	18.7 ab	96	191	0.38 abc
6	M Ind 56	230 cde	227 ab	229 ab	3,431 a	887 ab	10.9 efg	92	175	0.44 ab
7	CM 3435-5	300 bc	166 cd	234 ab	2,435 abcd	803 abcd	16.6 abc	100	216	0.31 cd
8	CM 3306-4	257 cd	216 ab	236 ab	2,340 abcd	667 bcd	14.2 cde	84	204	0.40 ab
9	CG 917-5	289 bcd	225 ab	237 ab	1,854 def	329 e	9.3 fg	80	208	0.29 d
10	Hanatee (check)	297 bc	177 cd	257 ab	2,968 abcd	847 abc	11.8 def	80	227	0.39 ab
11	M Mal 23	334 ab	198 bc	266 ab	1,937 cd	497 de	15.7 bcd	84	199	0.29 d
12	HB 60 (check)	397 a	232 a	315 a	3,354 a	1,051 a	18.8 ab	87	202	0.42 ab
	ค่าเฉลี่ย	273	188	231	2,578	713	14.4	88	197	0.37
	F-test	**	**	*	*	**	**	ns	ns	**
	CV(%)	14.35	7.25	16.21	22.3	25.1	14.62	10.62	10.47	13.04

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

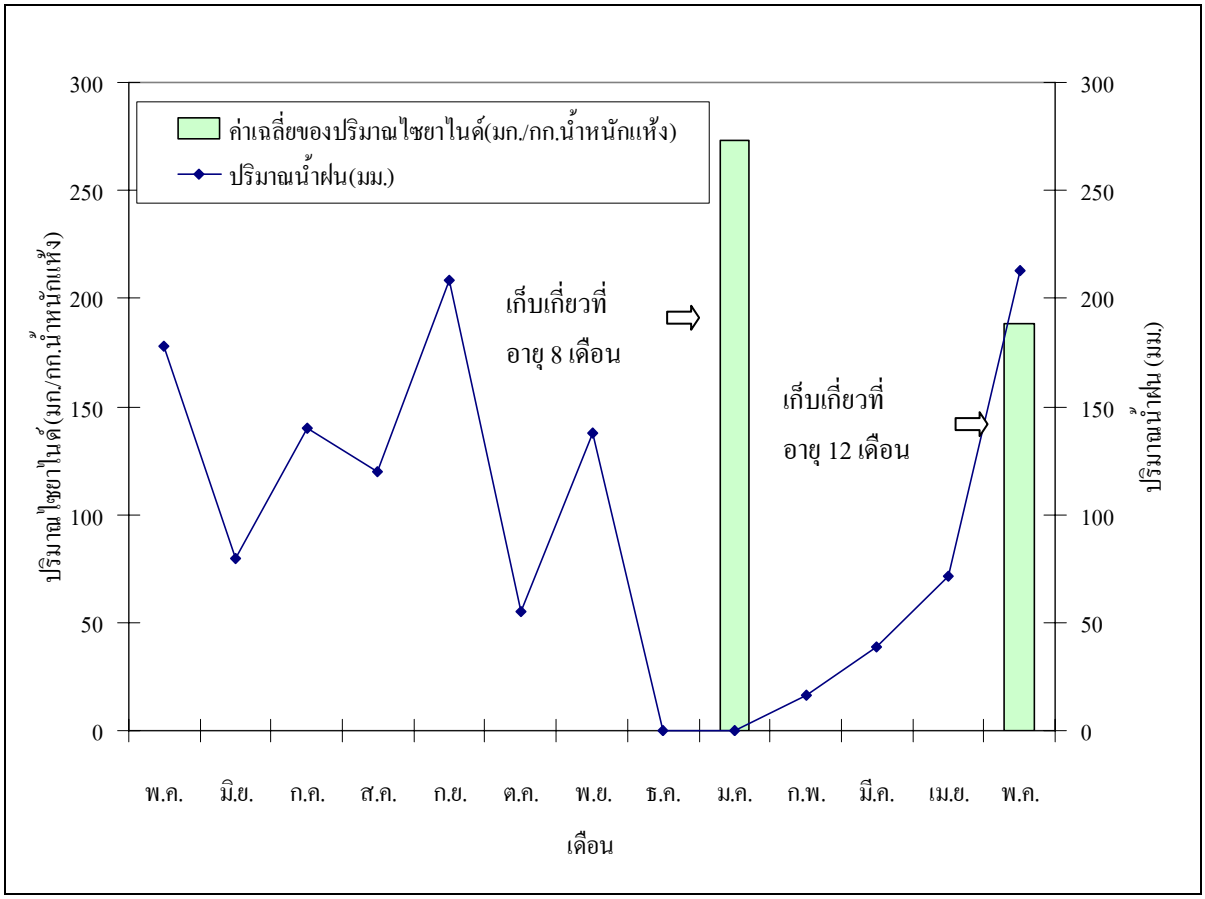
*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 17 ปริมาณไซยาไนด์ในหัวที่อายุ 8 และ 12 เดือน ของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 18 การกระจายของปริมาณไซยาไนด์ในหัวที่อายุ 8 และ 12 เดือน ของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไซยาไนด์ที่อายุ 8 และ 12 เดือน และปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลองที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง

การประเมินมันสำปะหลังเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ

จากผลการศึกษาการประเมินมันสำปะหลังจำนวน 60 พันธุ์ โดยจะแบ่งกลุ่มทำการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังออกเป็น 6 ชุด ในแต่ละชุดจะมี 10 พันธุ์และมีพันธุ์เปรียบเทียบอีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ได้ผลการทดลองออกมาในแต่ละชุดดังนี้

ชุดที่ 1

ปริมาณอะมิโลสของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 11-22 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,991-5,520 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 11.5-22.6 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 17

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 1 คือ M Ind 24 มีปริมาณอะมิโลส 11 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,417 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสด 17.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีปริมาณอะมิโลส 21 และ 21 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 5,520 และ 5,280 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.6 และ 17.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและของพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 18

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 18 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,437 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 16.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) พันธุ์ M Ind 24 มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ผลผลิตหัวสดสูง ปริมาณแป้งในหัวสดปานกลาง เมื่อเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ คือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 60 จะให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูง แต่ก็มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างสูง

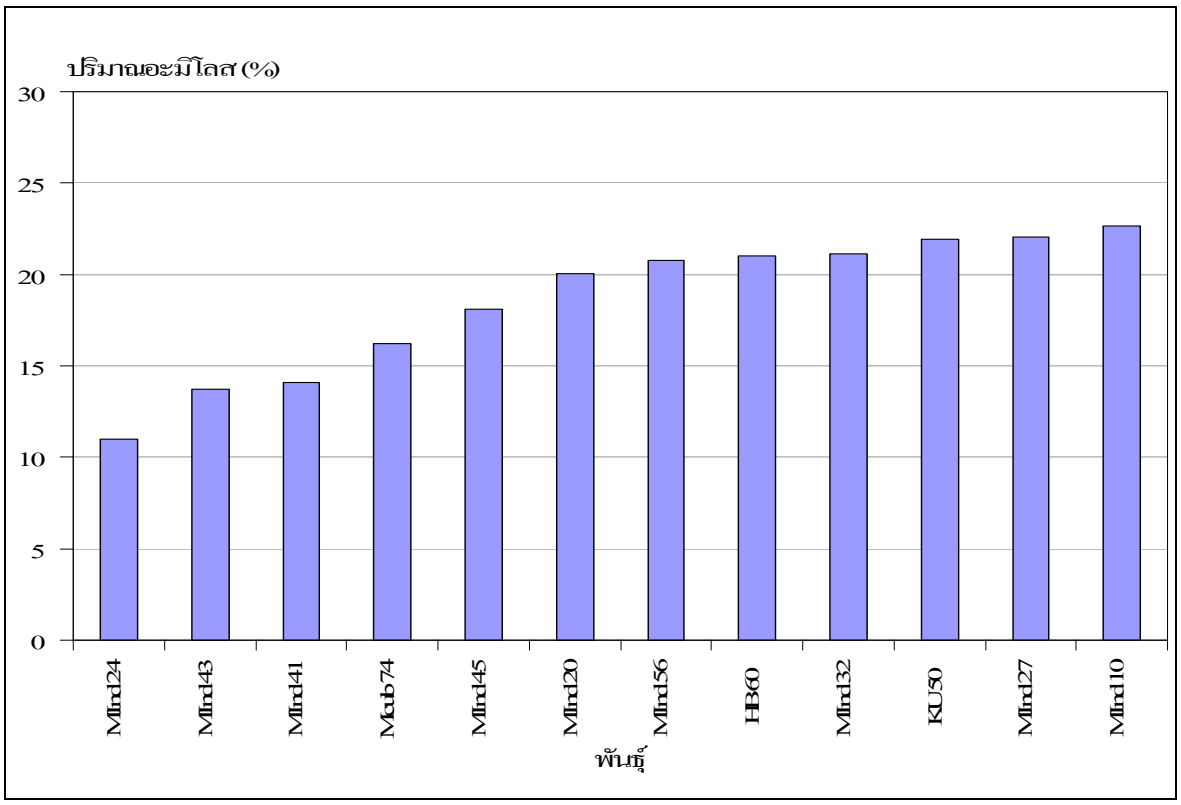
ตารางที่ 12 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 1 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	M Ind 24 [S]	11 c	4,417 ab	1,252	17.6 bc	100 a	226 ab	0.48
2	M Ind 43	13 bc	2,151 c	505	14.3 cd	90 a	194 bcd	0.47
3	M Ind 41	14 bc	3,457 bc	1,069	11.5 d	100 a	199 abcd	0.49
4	M Cub 74	16 abc	3,075 bc	652	13.0 d	100 a	228 a	0.50
5	M Ind 45	18 ab	1,991 c	539	12.8 d	98 a	188 cd	0.38
6	M Ind 20	20 ab	2,008 c	725	19.9 ab	100 a	190 cd	0.37
7	M Ind 56	20 a	4,266 ab	923	12.4 d	98 a	155 e	0.69
8	HB 60 (check)	21 a	5,520 a	1,634	22.6 a	71 b	177 de	0.65
9	M Ind 32	21 a	2,133 c	676	16.0 bcd	90 a	202 abcd	0.47
10	KU 50 (check)	21 a	5,280 a	1,506	17.7 bc	100 a	183 cde	0.66
11	M Ind 27	22 a	3,040 bc	907	16.0 bcd	100 a	178 de	0.51
12	M Ind 10	22 a	2,906 bc	790	19.3 ab	97 a	214 abc	0.47
	ค่าเฉลี่ย	18	4,437	931	16.1	95	194	0.51
	F-test	*	**	ns	**	**	**	ns
	CV(%)	14.24	22.64	18.16	9.27	5.71	6.98	6.59

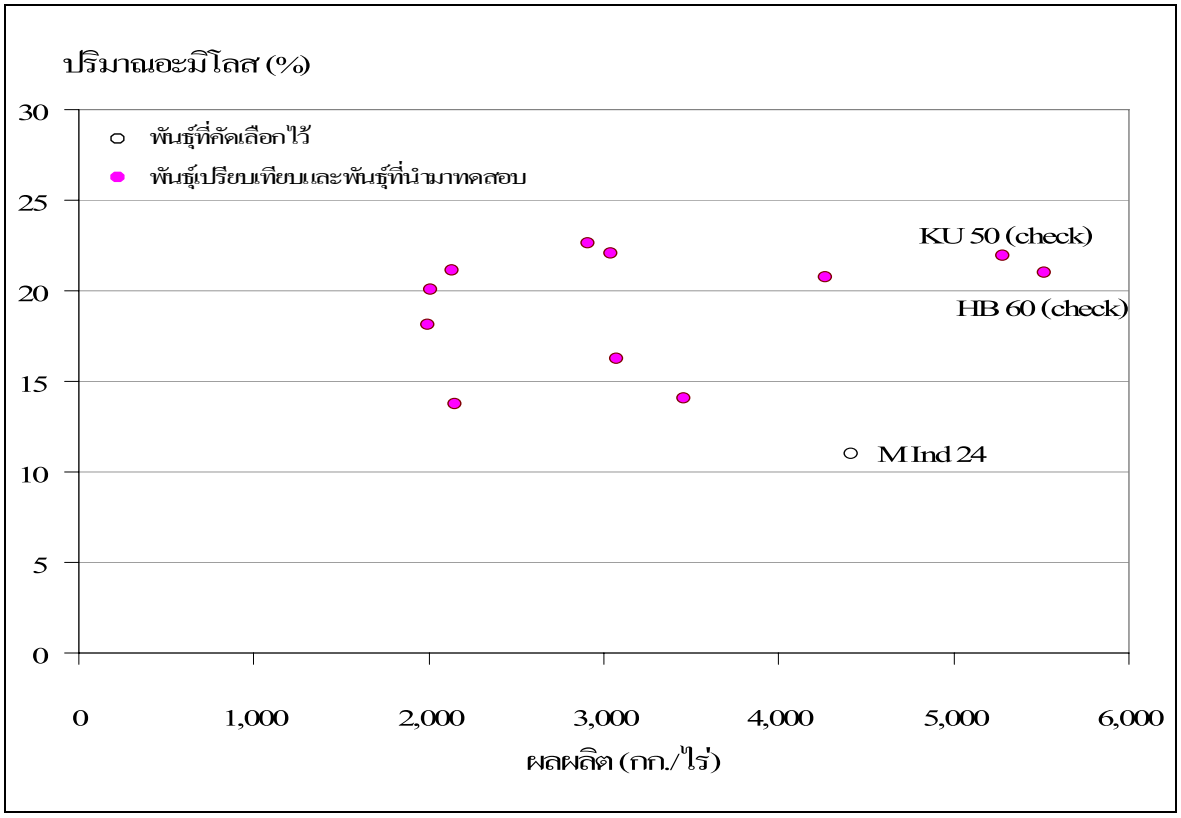
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 20 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 1



ภาพที่ 21 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 1

ชุดที่ 2

ปริมาณอะมิโลสของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 10-25 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,848-5,280 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 12-24.7 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 19

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 2 คือ No. 1 และ No. 10 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลส 10 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 3,360 และ 4,337 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 12 และ 16.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบจะมีปริมาณอะมิโลส 22 และ 20เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,595 และ 5,280 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 22.7 และ 22.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 20

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 18 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 3,744 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) สำหรับ No. 1และ No.10 มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ผลผลิตหัวสดสูง ปริมาณแป้งในหัวสดปานกลาง แต่พันธุ์ No. 1 มีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะให้ปริมาณอะมิโลสสูง แต่ก็ให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเช่นกัน

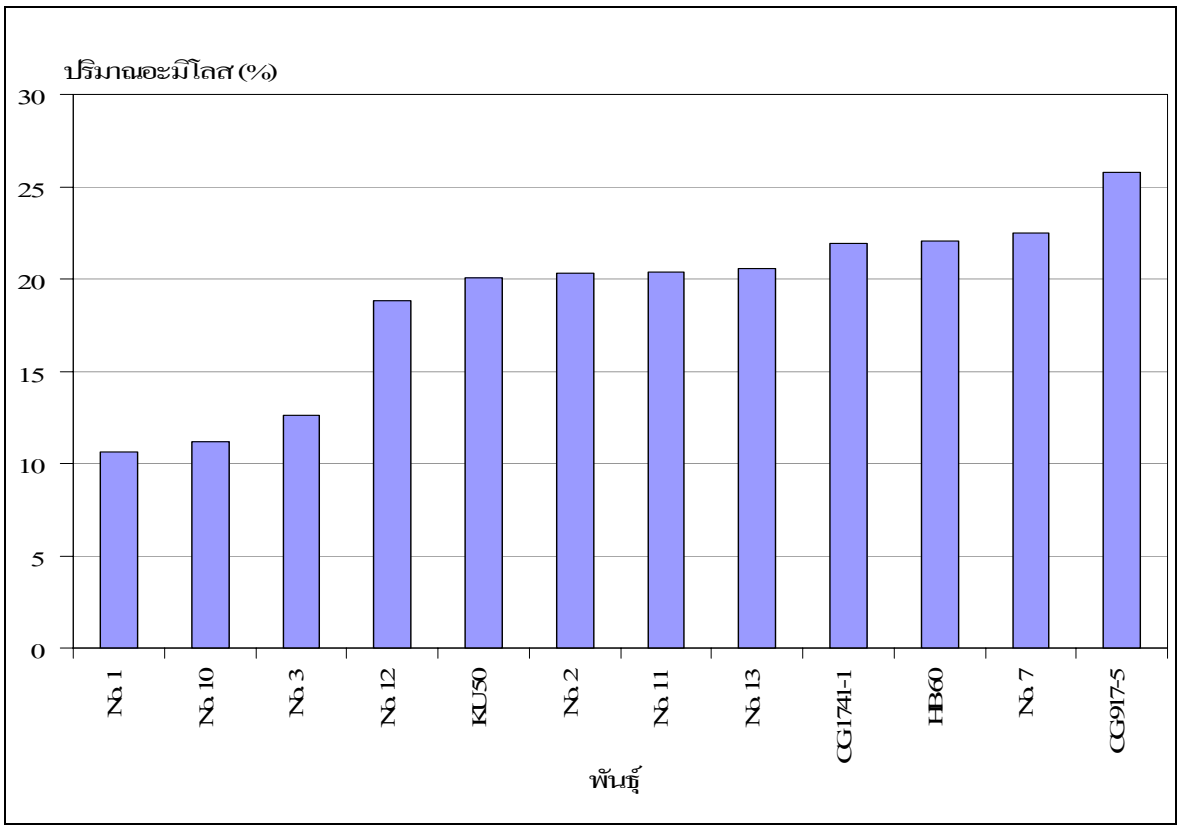
ตารางที่ 13 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 2 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	No. 1 [S]	10 c	3,360 abcd	944	12.0 c	98	189 bcde	0.59 b
2	No. 10 [S]	11 c	4,337 ab	1,403	16.8 b	92	199 bcde	0.63 ab
3	No. 3	12 bc	4,586 ab	1,100	12.2 c	95	228 ab	0.63 ab
4	No. 12	18 ab	4,151 ab	1,523	24.7 a	87	164 e	0.65 ab
5	KU 50 (check)	20 a	5,280 a	1,597	22.7 a	94	207 abcd	0.68 ab
6	No. 2	20 a	1,848 d	528	22.9 a	90	200 bcde	0.35 c
7	No. 11	20 a	3,893 abc	1,020	15.2 bc	95	240 a	0.57 b
8	No. 13	20 a	2,026 cd	750	22.0 a	87	190 bcde	0.41 c
9	CG 1741-1	21 a	4,160 ab	1,618	23.9 a	97	168 de	0.58 b
10	HB 60 (check)	22 a	4,595 ab	1,667	22.7 a	72	167 de	0.71 a
11	No. 7	22 a	3,315 bcd	1,232	17.6 b	95	218 abc	0.45 c
12	CG 917-5	25 a	3,377 abcd	871	15.1 bc	92	187 cde	0.60 b
	ค่าเฉลี่ย	18	3,744	1,188	19.0	91	196	0.57
	F-test	*	*	ns	**	ns	*	**
	CV(%)	17.12	21.02	22.55	7.13	8.98	8.57	7.74

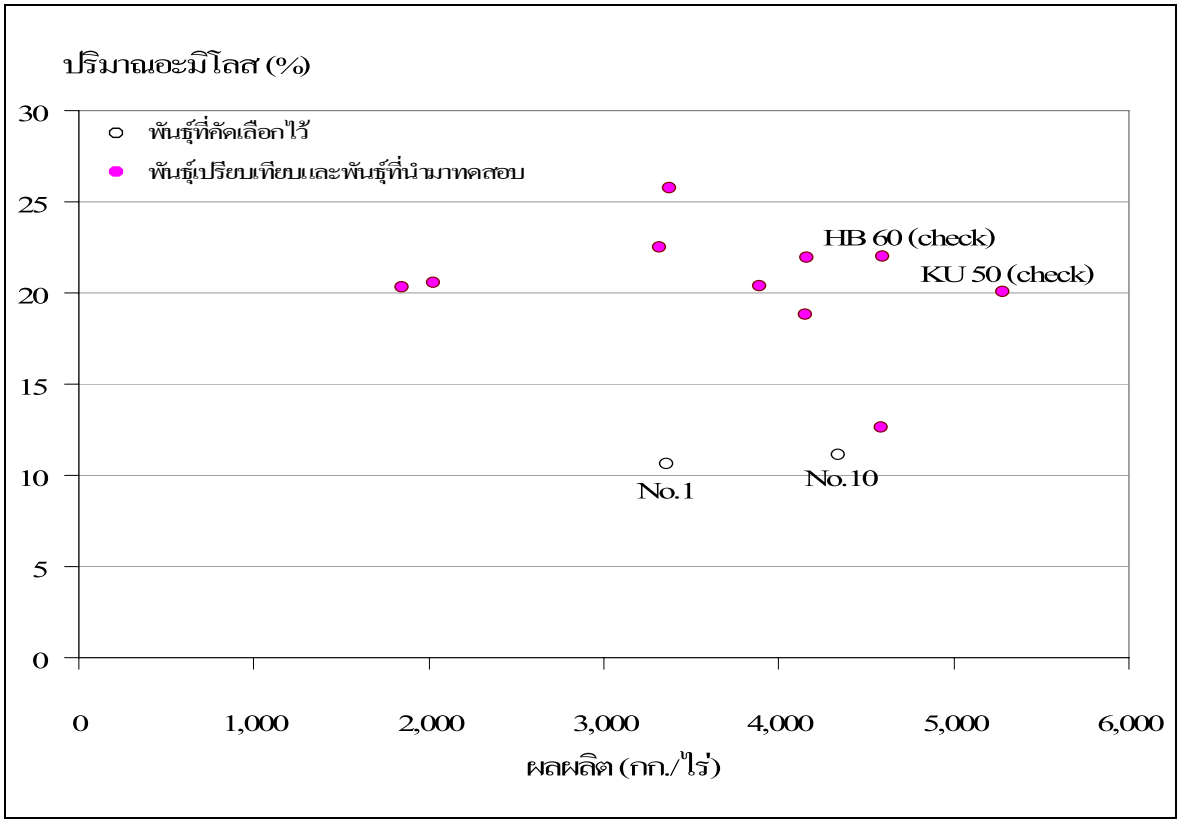
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 22 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 2



ภาพที่ 23 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตมันของสำปะหลังในชุดที่ 2

ชุดที่ 3

ปริมาณอะมิโลสของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 16-24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3,120-7,342 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 5-23 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 21

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังในชุดนี้เป็นการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงประกอบกับปริมาณแป้งในหัวสด พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ในชุดที่ 3 คือ CM 1223-11 CM 2772-3 และ CM 3281-4 มีปริมาณอะมิโลส 24 22 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณอะมิโลสในชุดนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตหัวสด 7,342 4,871 และ 5,457 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 18 21.7 และ 19.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณปริมาณอะมิโลส 21 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,880 และ 6,355 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 19.5 และ 16.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 22

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 21 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 5,235 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 15.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) พันธุ์ CM 1223-11 CM 2772-3 และ CM 3281-4 มีปริมาณอะมิโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตหัวสดปานกลางปริมาณแป้งในหัวสดสูง แต่พันธุ์ CM 1223-11 จะมีปริมาณผลผลิตหัวสดสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 จะให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดสูง แต่ก็มีปริมาณอะมิโลสสูงเช่นกัน

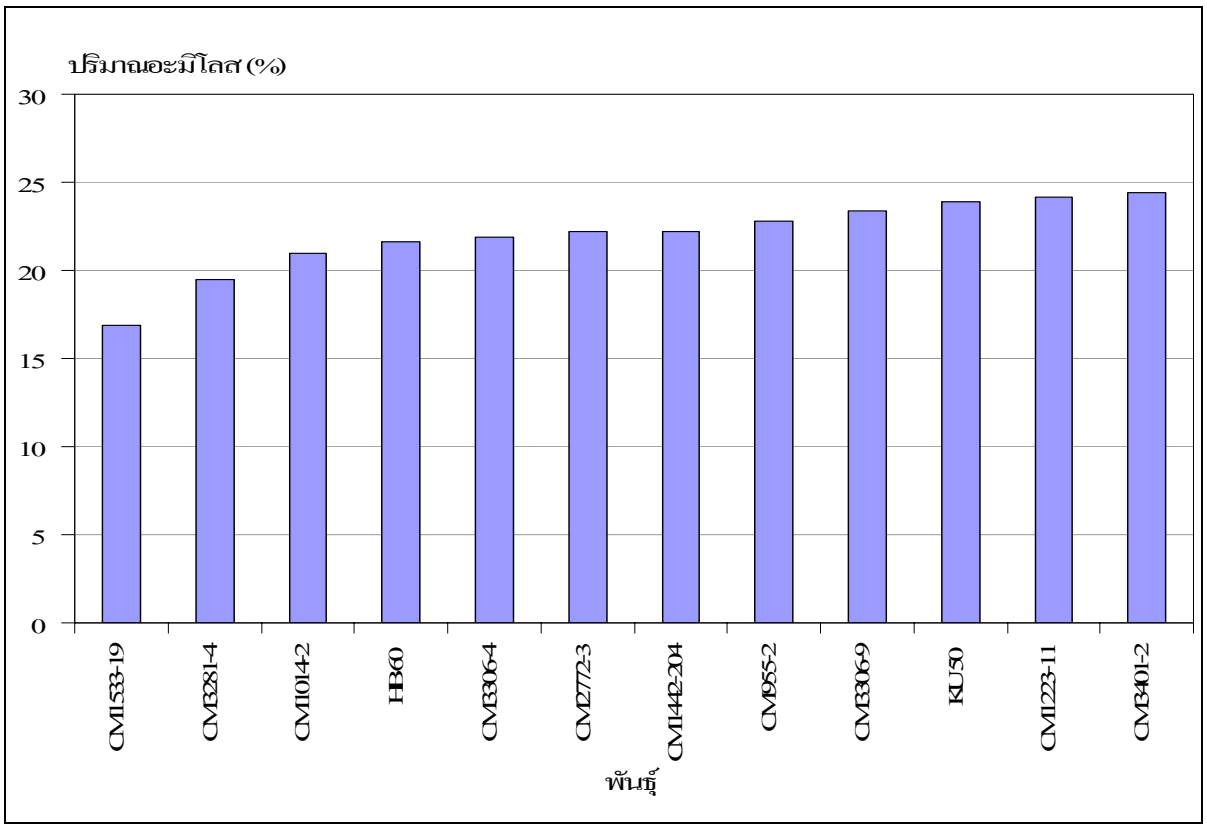
ตารางที่ 14 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 3 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	CM 1533-19	16	5,600 abcd	1,429 bcd	14.3 bc	100	235	0.58 ab
2	CM 3281-4 [S]	19	5,457 bcd	1,812 abc	19.3 ab	100	259 bc	0.53 abc
3	CM 1014-2	21	4,088 de	1,130 ed	10.0 cd	100	280 ab	0.47 cd
4	HB 60 (check)	21	4,880 bcde	1,574 bcd	19.5 ab	95	230	0.62 a
5	CM 3306-4	21	4,800 bcde	1,616 bcd	23.0 a	98	239	0.49 bcd
6	CM 2772-3 [S]	22	4,871 bcde	1,737 bc	21.7 ab	100	219 cd	0.54 abc
7	CM 1442-204	22	5,831 abcd	1,634 bc	11.2 cd	98	208 cd	0.58 ab
8	CM 955-2	22	3,120 e	862 e	5.0 d	98	316 a	0.43 d
9	CM 3306-9	23	4,524 cde	1,391 cd	22.2 a	100	238	0.49 bcd
10	KU 50 (check)	23	6,355 ab	1,893 ab	16.2 abc	100	260 bc	0.53 abc
11	CM 1223-11 [S]	24	7,342 a	2,276 a	18.0 abc	100	191 d	0.60 a
12	CM 3401-2	24	5,955 abc	1,458 bcd	10.7 cd	97	253 bc	0.54 abc
	ค่าเฉลี่ย	21	5,235	1,568	15.95	99	244	0.53
	F-test	ns	**	**	*	ns	*	**
	CV(%)	18.57	13.87	12.88	15.49	1.70	9.91	7.69

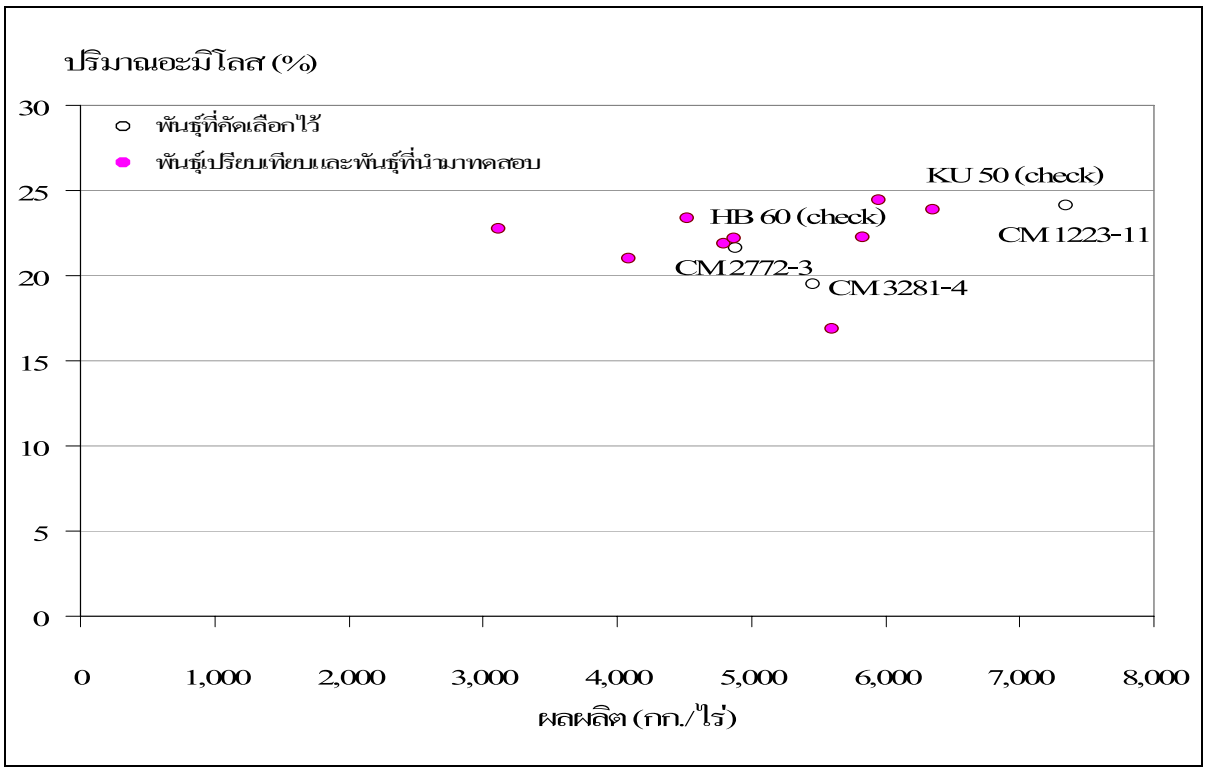
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 24 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 3



ภาพที่ 25 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 3

ชุดที่ 4

ปริมาณอะมิโลสของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 19-24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3,093-6,791 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 7.6 -20.5 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 23

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง ในชุดที่ 4 นี้ ไม่มีพันธุ์ใดคัดเลือกไว้เลย และปริมาณอะมิโลสในชุดนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พันธุ์ CM 4157-34 ให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุดคือ 3,093 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพันธุ์ CM 4231-32 และ AMM 22 มีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำสุดคือ 7.6 และ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณปริมาณอะมิโลส 22 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 5,768 และ 6,791 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 20.5 และ 18.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 24

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 22 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,888 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 14 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) ในชุดที่ 4 นี้ไม่มีพันธุ์ใดที่ถูกคัดเลือกเพราะพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณอะมิโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60

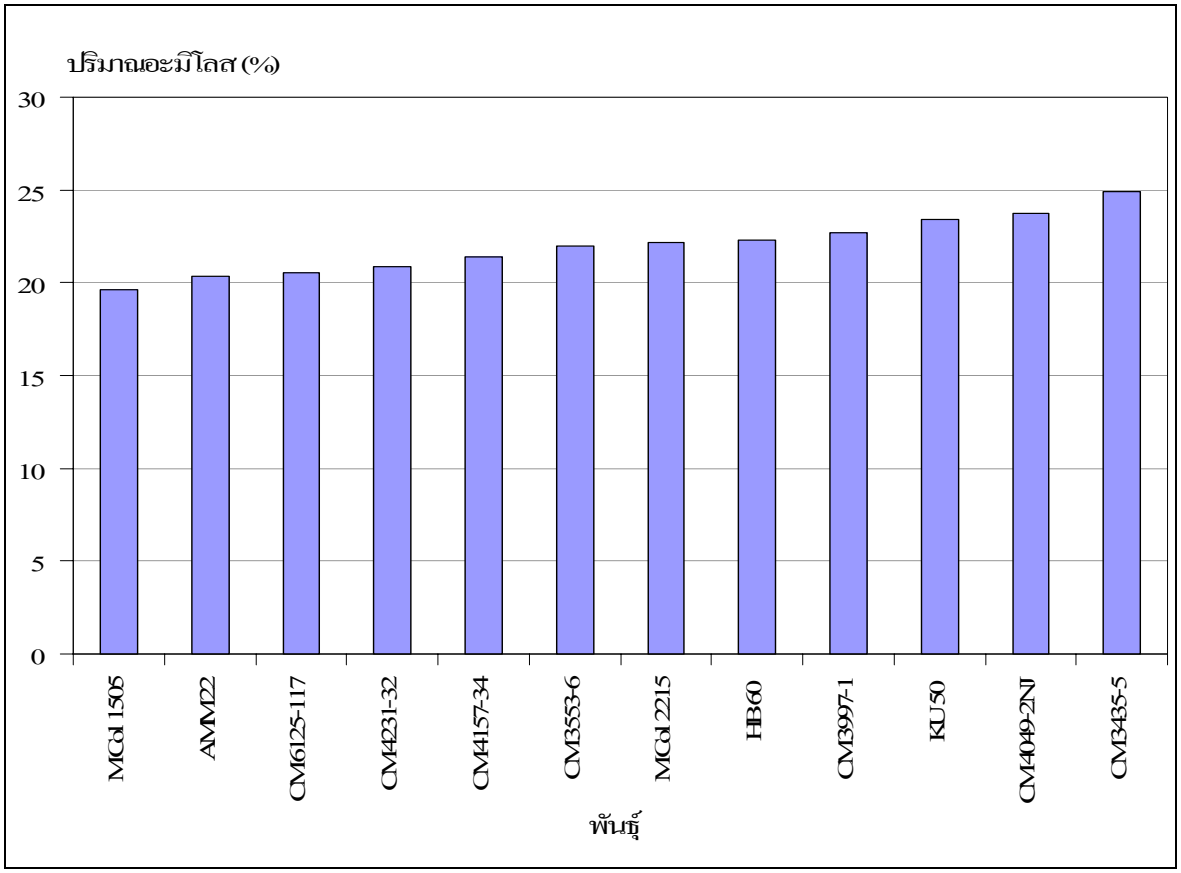
ตารางที่ 15 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 4 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	M Col 1505	19	6,071 a	939 de	11.0 def	100 a	262	0.44 cde
2	AMM 22	20	5,120 abc	1,130 cde	9.1 ef	97 a	220	0.55 abcd
3	CM 6125-117	20	5,697 ab	936 de	17.3 abc	97 a	261	0.58 abc
4	CM 4231-32	20	6,382 a	1,235 bcde	7.6 f	100 a	241	0.63 a
5	CM 4157-34	21	3,093 d	1,298 bcde	14.5 bcd	100 a	247	0.38 e
6	CM 3553-6	22	3,848 bcd	761 e	14.6 bcd	100 a	262	0.41 de
7	M Col 2215	22	3,404 cd	1,295 bcde	13.2 cde	100 a	194	0.57 abc
8	HB 60 (check)	22	5,768 ab	1,561 bc	20.5 a	80 b	235	0.60 ab
9	CM 3997-1	22	3,457 cd	1,340 bcd	10.6 def	100 a	268	0.35 e
10	KU 50 (check)	23	6,791 a	1,234 bcde	18.4 ab	98 a	300	0.55 abcd
11	CM 4049-2NJ	23	5,191 abc	1,751 ab	13.5 bcde	100 a	288	0.46 bcde
12	CM 3435-5	24	3,840 bcd	2,174 a	18.0 abc	100 a	258	0.44 cde
	ค่าเฉลี่ย	22	4,888	1,304	14.0	97	253	0.50
	F-test	ns	**	*	**	**	ns	*
	CV(%)	13.94	17.01	17.47	12.82	1.64	9.43	12.95

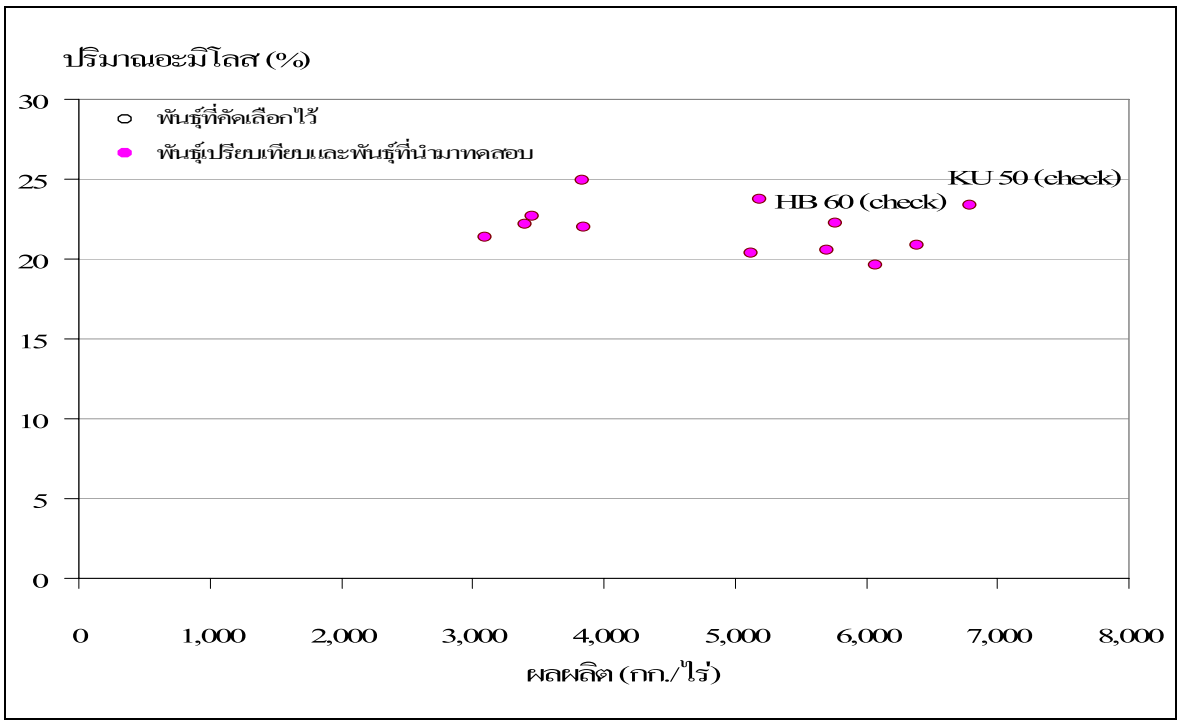
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

*, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 26 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 4



ภาพที่ 27 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 4

ชุดที่ 5

ปริมาณอะมิโลสของพันธุ์ต่างๆมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 15-23 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,760-4,924 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 5.3-18.7 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 16 และ ภาพที่ 25

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง ในชุดที่ 5 นี้ ไม่มีพันธุ์ใดคัดเลือกไว้เลย ซึ่งพันธุ์ M Mal 17 มีปริมาณอะมิโลสต่ำสุดคือ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ M Mal 10 M Mal 15 M Mal 11 M Mal 12 มีปริมาณอะมิโลสสูงสุดคือ 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ M Mal 10 และ M Mal 9 ให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุดคือ 1,831 และ 1,760 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ M Mal 12 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดคือ 4,924 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพันธุ์ M Mal 9 M Mal 8 M Mal 12 และ M Mal 42 มีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำสุดคือ 5.3 6.0 6.5 และ 8.7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณปริมาณอะมิโลส 22 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,897 และ 4,915 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 16.9 และ 18.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 26

ค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 21 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 3,206 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 12.6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16) ในชุดที่ 5 นี้ไม่มีพันธุ์ใดที่ถูกคัดเลือก เพราะพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 60 ส่วนปริมาณอะมิโลสมีก็ค่าใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ

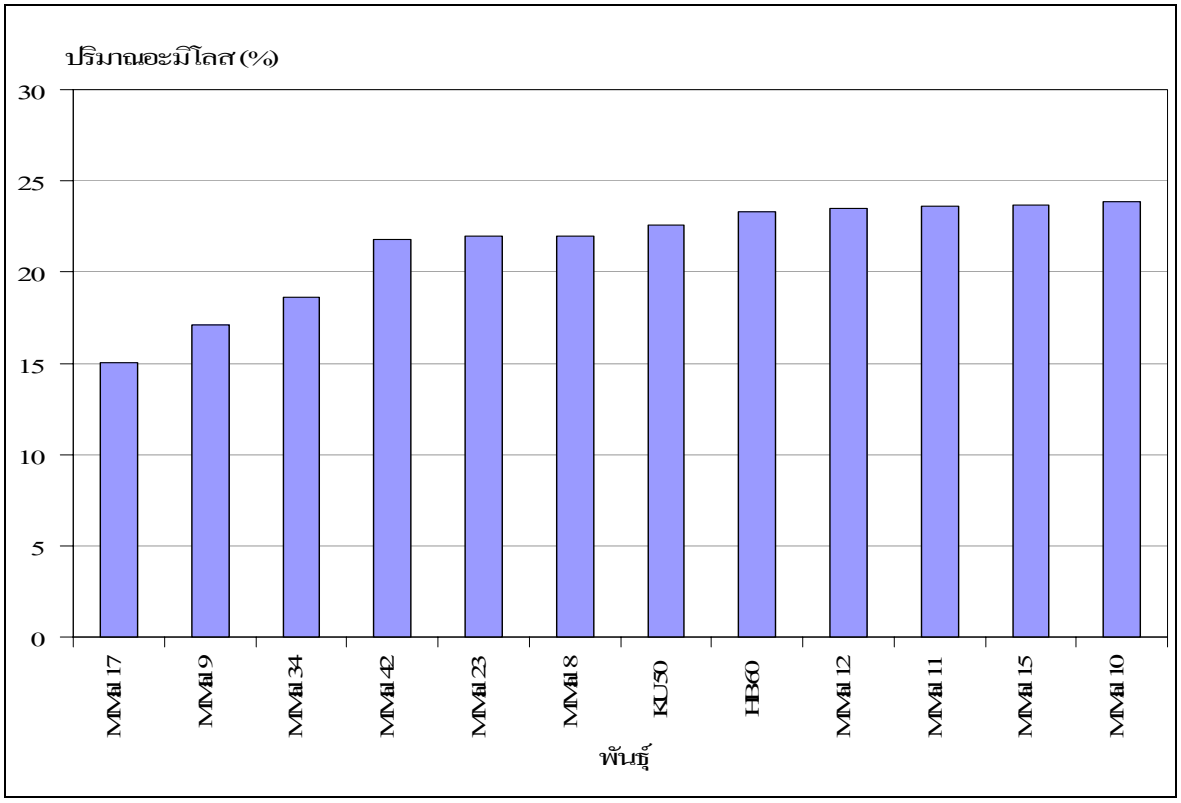
ตารางที่ 16 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 5 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	M Mal 17	15 c	2,320 b	690 cb	14.3 a	95	237	0.33 c
2	M Mal 9	17 bc	1,760 b	301 c	5.3 b	100	224	0.31 c
3	M Mal 34	18 b	2,773 b	884 cb	18.2 a	100	272	0.35 bc
4	M Mal 42	21 a	3,075 b	718 cb	8.7 b	100	247	0.28 c
5	M Mal 23	21 a	2,151 b	743 cb	18.2 a	100	254	0.31 c
6	M Mal 8	21 a	3,066 b	769 cb	6.0 b	98	289	0.40 bc
7	KU 50 (check)	22 a	4,897 a	1,904 a	16.9 a	100	201	0.63 a
8	HB 60 (check)	23 a	4,915 a	1,805 a	18.7 a	98	203	0.57 ab
9	M Mal 12	23 a	4,924 a	1,078 b	6.5 b	100	255	0.56 ab
10	M Mal 11	23 a	2,355 b	700 cb	14.5 a	82	244	0.34 c
11	M Mal 15	23 a	4,408 a	1,048 b	14.0 a	100	311	0.45 abc
12	M Mal 10	23 a	1,831 b	320 c	17.0 a	92	297	0.25 c
	ค่าเฉลี่ย	21	3,206	913	12.6	97	253	0.40
	F-test	**	**	*	**	ns	ns	*
	CV(%)	6.12	17.11	27.28	11.28	7.53	12.34	12.95

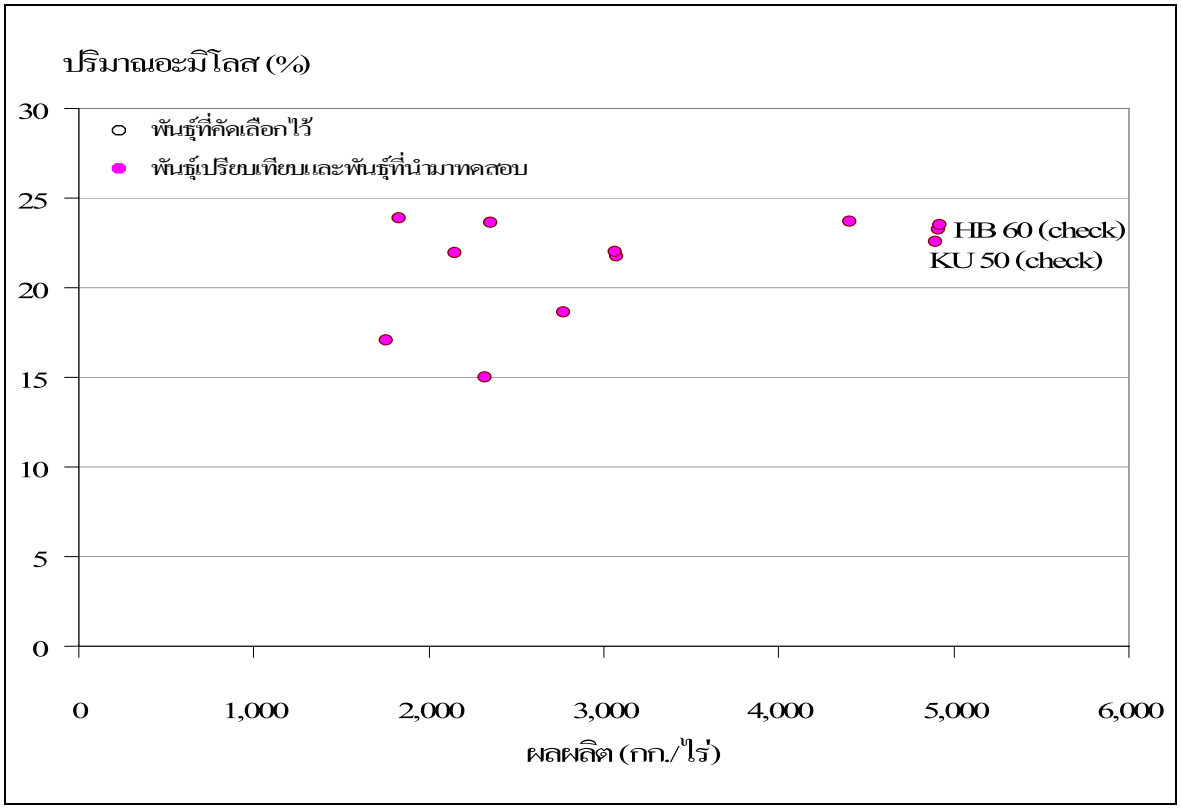
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

* , ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 28 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 5



ภาพที่ 29 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิต ของมันสำปะหลังในชุดที่ 5

ชุดที่ 6

ปริมาณอะมิโลสมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 17-23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิตหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2,328-6,897 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 10-22.5 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 27

การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำประกอบกับผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูง ในชุดที่ 6 นี้ ไม่มีพันธุ์ใดคัดเลือกไว้เลย ซึ่งในชุดนี้ปริมาณอะมิโลสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พันธุ์ M Mal 46 และ M Mal 44ให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุดคือ 2,328 และ 2,453 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พันธุ์ OMR 26-07-17 M Mal 46 M Mal 54 และ M Mal 44 มีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำสุดคือ 10 10.9 11.4 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีปริมาณปริมาณอะมิโลส 21 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 6,240 และ 6,897 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 12.5 และ 10.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การกระจายตัวของปริมาณไซยาไนด์ ผลผลิตของพันธุ์ต่างๆและพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แสดงในภาพที่ 28

ส่วนค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลส 20 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 4,358 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 14.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 17)ในชุดที่ 6 นี้ไม่มีพันธุ์ใดที่ถูกคัดเลือกเพราะพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณอะมิโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60

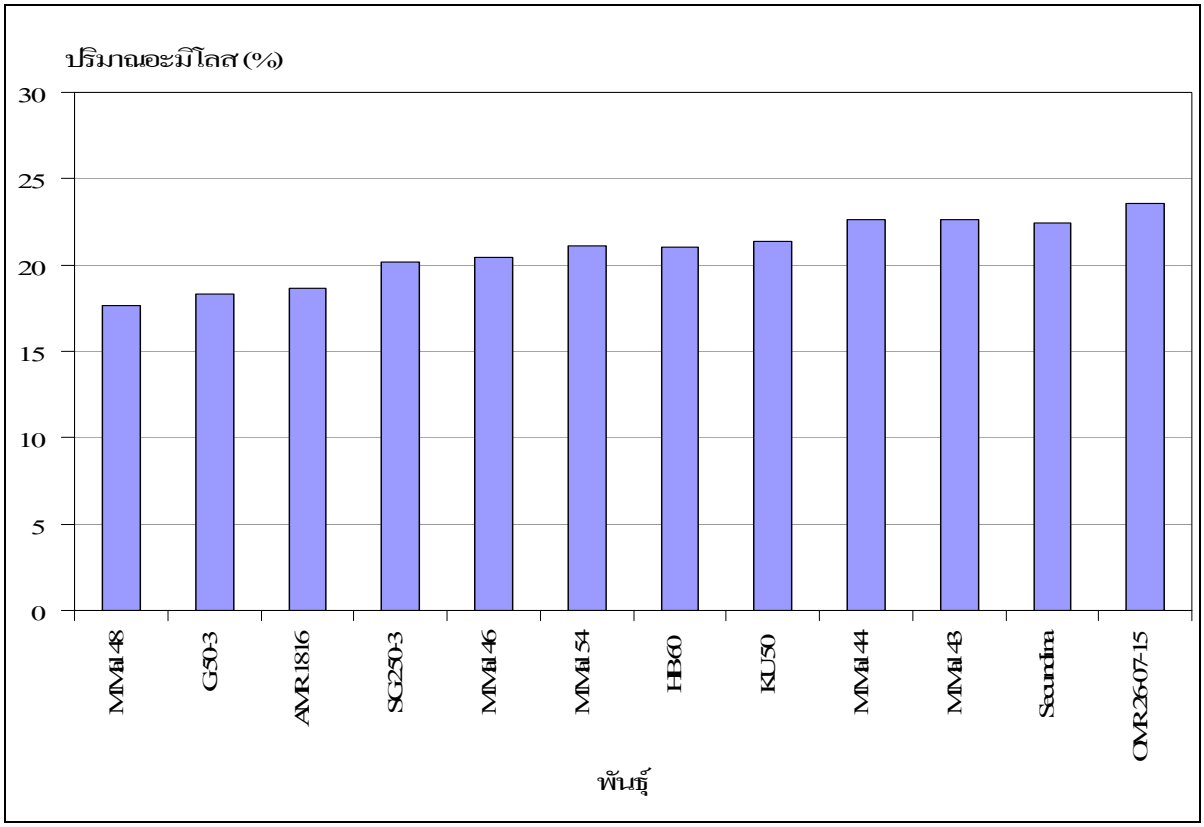
ตารางที่ 17 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ในชุดที่ 6 ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ปี 2547-2548

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	M Mal 48	17	4,195 cdefg	1,235 b	17.7 abc	100	234	0.49 abcd
2	G 50-3	18	6,008 abc	1,235 b	10.8 d	87	258	0.57 abc
3	AMR 1816	18	4,746 bcde	1,223 b	15.7 bcd	98	230	0.49 abcd
4	SG 250-3	20	3,235 efg	918 cb	15.7 bcd	95	244	0.43 cd
5	M Mal 46	20	2,328 g	620 c	10.9 d	98	235	0.34 de
6	M Mal 54	21	2,560 fg	633 c	11.4 d	100	215	0.42 cde
7	HB 60 (check)	21	6,240 ab	2,067 a	22.5 a	84	224	0.63 a
8	KU 50 (check)	21	6,897 a	2,267 a	20.2 ab	98	260	0.60 ab
9	M Mal 44	22	2,453 g	622 c	11.5 d	100	246	0.28 e
10	M Mal 43	22	5,422 abcd	1,166 cb	12.0 cd	100	227	0.53 abc
11	Secundina	22	3,857 defg	1,406 b	21.2 ab	98	215	0.45 bcd
12	OMR 26-07-15	23	4,355 cdef	944 cb	10.0 d	98	275	0.55 abc
	ค่าเฉลี่ย	20	4,358	1,195	14.9	96	238	0.48
	F-test	ns	**	**	**	ns	ns	**
	CV(%)	8.63	17.86	18.91	15.16	5.03	12.54	13.4

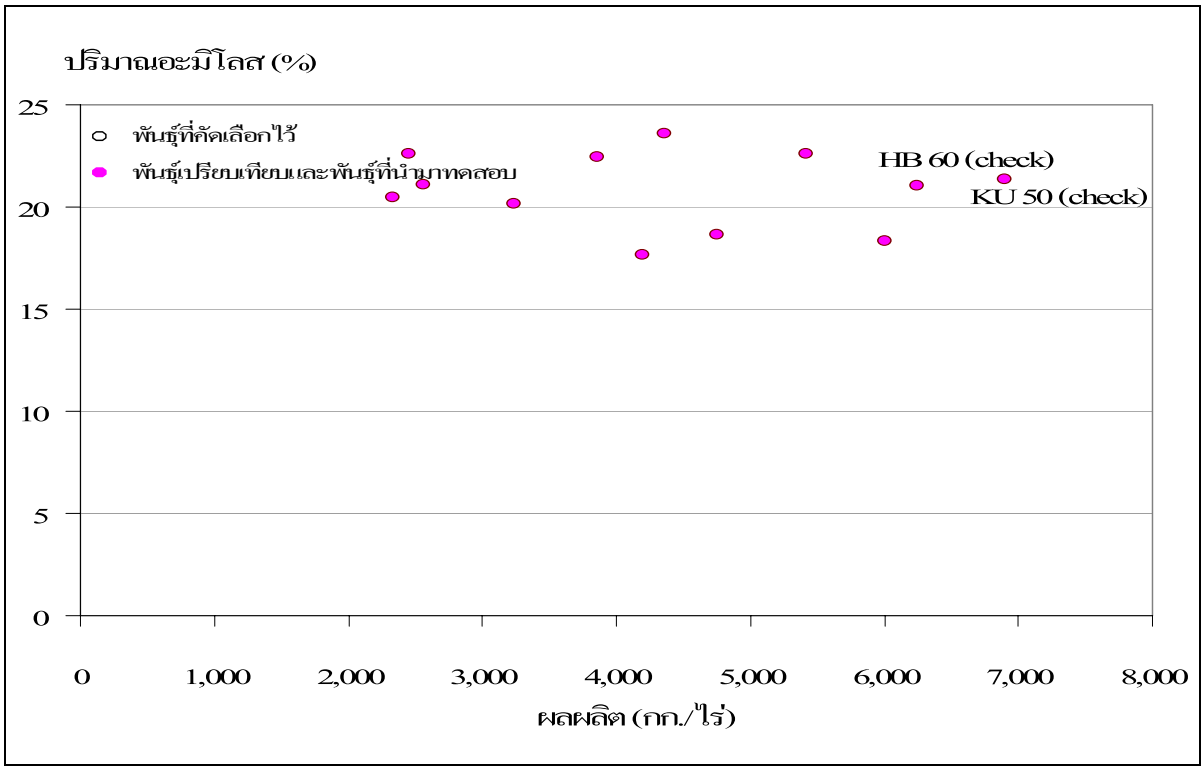
หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

* , ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

S = สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้



ภาพที่ 30 ปริมาณอะมิโลส ของมันสำปะหลังในชุดที่ 6



ภาพที่ 31 ปริมาณอะมิโลสและผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดที่ 6

สรุปผลการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำและผลผลิตสูงทั้ง 6 ชุด

พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ทั้ง 6 พันธุ์ แสดงสรุปอยู่ในตารางที่ 18 ได้แก่พันธุ์ดังต่อไปนี้ พันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จำนวน 3 พันธุ์ คือ M Ind 24 No. 1 และ No. 10 พันธุ์ที่มีผลผลิตสูงจำนวน 3 พันธุ์ คือ CM 3281-4 CM 2772-3 และ CM 1223-11 พันธุ์ที่คัดเลือกไว้เหล่านี้จะพิจารณาปริมาณอะมิโลสและผลผลิตเป็นหลัก โดยพิจารณาปริมาณแป้งในหัวสดเป็นองค์ประกอบ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 60 ในแต่ละชุด

จะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ให้มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ตั้งแต่ 10-11 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณอะมิโลสตั้งแต่ 20-23 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณอะมิโลสตั้งแต่ 21-22 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบประมาณ 2 เท่า

ส่วนพันธุ์ที่คัดเลือกให้มีผลผลิตสูง 4,871-7,342 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีผลผลิต 5,280-6,356 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์ห้วยบง 60 มีผลผลิต 4,596-5,520 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบประมาณ 122-2,746 กิโลกรัมต่อไร่

อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่คัดเลือกไว้เหล่านี้จะมีศักยภาพของผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ และมีปริมาณแป้งในหัวสดต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างเห็นได้ชัดกล่าวคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตตั้งแต่ 5,280-6,356 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีปริมาณแป้งในหัวสด 16.3-22.7 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตหัวสด ตั้งแต่ 4,596-5,520 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 19.5-22.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีผลผลิตหัวสด 3,360-7,342 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งในหัวสด 14.3-21.7 เปอร์เซ็นต์

จากผลการคัดเลือกดังกล่าวจะชี้ชัดว่าเป็นพันธุ์การค้าของไทยที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จะมีศักยภาพของผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดค่อนข้างสูง นั้นเป็นสิ่งที่คาดหมายไว้ เพราะเป็นพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ที่ติดต่อกันมาหลายสิบปี เพื่อคัดเลือกให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดสูงเป็นหลัก และการทดสอบทำในประเทศไทย ย่อมปรับตัวได้ดี โดยไม่เคยพิจารณาคัดเลือกปริมาณอะมิโลส

พันธุ์พื้นบ้านเหล่านี้แม้ศักยภาพของผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสดจะต่ำกว่าพันธุ์ของไทยก็ตาม แต่จะมีลักษณะต่างๆที่ยังไม่มีการประเมิน ซึ่งอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้ เช่น กรณีของไซยาไนด์และอะมิโลสในหัว

ตารางที่ 18 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต และปริมาณแป้งในหัวสด ของมันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ จำนวน 6 พันธุ์ ใน 6 ชุดการทดลอง ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2547-2548

ชุดที่	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัวสด
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)
1	M Ind 24	11	4,417	1,252	17.6
	KU 50 (check)	21	5,280	1,506	17.7
	HB 60 (check)	21	5,520	1,634	22.6
2	No. 1	10	3,360	944	12.0
	No. 10	11	4,337	1,403	16.8
	KU 50 (check)	20	5,280	1,597	22.7
	HB 60 (check)	22	4,596	1,667	22.7
3	CM 3281-4	19	5,457	1,812	14.3
	CM 2772-3	22	4,871	1,737	21.7
	CM 1223-11	24	7,342	2,276	18.0
	KU 50 (check)	23	6,356	1,893	16.3
	HB 60 (check)	21	4,880	1,574	19.5

การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกให้มีปริมาณอะมิโลสต่ำ

ผลการทดสอบพันธุ์ที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ในปี 2548-2549 นั้น ข้อมูลแสดงในตารางที่ 19 จากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณอะมิโลสในหัวของพันธุ์ที่ทดสอบ 8 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ คือ เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 มีปริมาณอะมิโลส 22 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ในฤดูที่ผ่านมาอยู่ในระดับ 21-23 เปอร์เซ็นต์) จะเห็นว่าพันธุ์ห้วยบง 60 เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก

พันธุ์ M Ind 24 No. 1 และ No. 10 ที่คัดเลือกในฤดูที่ผ่านมามีปริมาณอะมิโลสในหัว 10-11 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลการทดสอบในฤดูนี้ กลับมีปริมาณอะมิโลส 25 27 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับพันธุ์เปรียบเทียบ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณอะมิโลส ใกล้เคียงกับฤดูที่ผ่านมาคือ 22 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าการคัดเลือกปริมาณอะมิโลสในหัวของพันธุ์ต่างๆให้ต่ำไม่ประสบความสำเร็จ พันธุ์ CM 3281-4 ที่คัดเลือกมามีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบเล็กน้อย ผลการทดสอบกลับมีปริมาณอะมิโลสถึง 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ

ผลที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าปริมาณอะมิโลสนั้นแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อมค่อนข้างมาก พันธุกรรมมีผลน้อย อย่างไรก็ตามในพืชบางชนิด เช่น ข้าวโพดข้าวเหนียว กรณี waxy starch ที่ไม่มีอะมิโลสเลย (0 เปอร์เซ็นต์) เกิดจากยีนด้อยเพียงคู่เดียว (Coe and Neuffer, 1977) ผลจากการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกให้มีปริมาณอะมิโลสต่ำหรือสูงในหัวมันสำปะหลัง ไม่ประสบผลสำเร็จ ซึ่งเหตุที่ไม่ประสบความสำเร็จนั้น อาจเกิดมาจากเหตุผลสองประการคือ

ประการแรกอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลต่อการสร้างปริมาณอะมิโลสในหัวสูง เพราะการสร้างอะมิโลสจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ซึ่งในการทดลองแรกปริมาณอะมิโลสจะต่ำ (10-11 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็มีปริมาณน้ำสะสมทั้งหมดในช่วงการปลูกถึงเก็บเกี่ยว 886 มิลลิเมตร ส่วนในการทดลองที่สอง ปริมาณอะมิโลสจะเพิ่มขึ้น (25-27 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณน้ำสะสมทั้งหมดในช่วงการปลูกถึงเก็บเกี่ยวจะมี 919 มิลลิเมตร ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 32 หรืออาจจะเกิดจากความผิดพลาดเทคนิคในการวิเคราะห์ แต่ประเด็นดังกล่าวไม่น่าจะเกิดขึ้นเพราะพิจารณาจากพันธุ์เปรียบเทียบในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในระดับ 21-23 เปอร์เซ็นต์ ไม่แปรปรวนมากนัก และค่า C.V. ของลักษณะปริมาณอะมิโลสในตารางที่ 19 มีค่าเพียง 7.7 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แสดงว่าตัวเลขที่เกิดจากความผิดพลาด (error) ที่ไม่ทราบสาเหตุมีค่อนข้างต่ำ ข้อมูลเป็นที่ยอมรับได้

ส่วนข้อมูลผลผลิตพันธุ์ CM 1223-11 ได้ผลผลิต 4,023 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60 แต่พันธุ์ CM 1223-11 มีปริมาณแป้งในหัวสดในฤดูนี้เพียง 11.1 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ซึ่งพันธุ์ดังกล่าวอาจจะนำไปทดสอบเพิ่มเติมภายหลังในโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

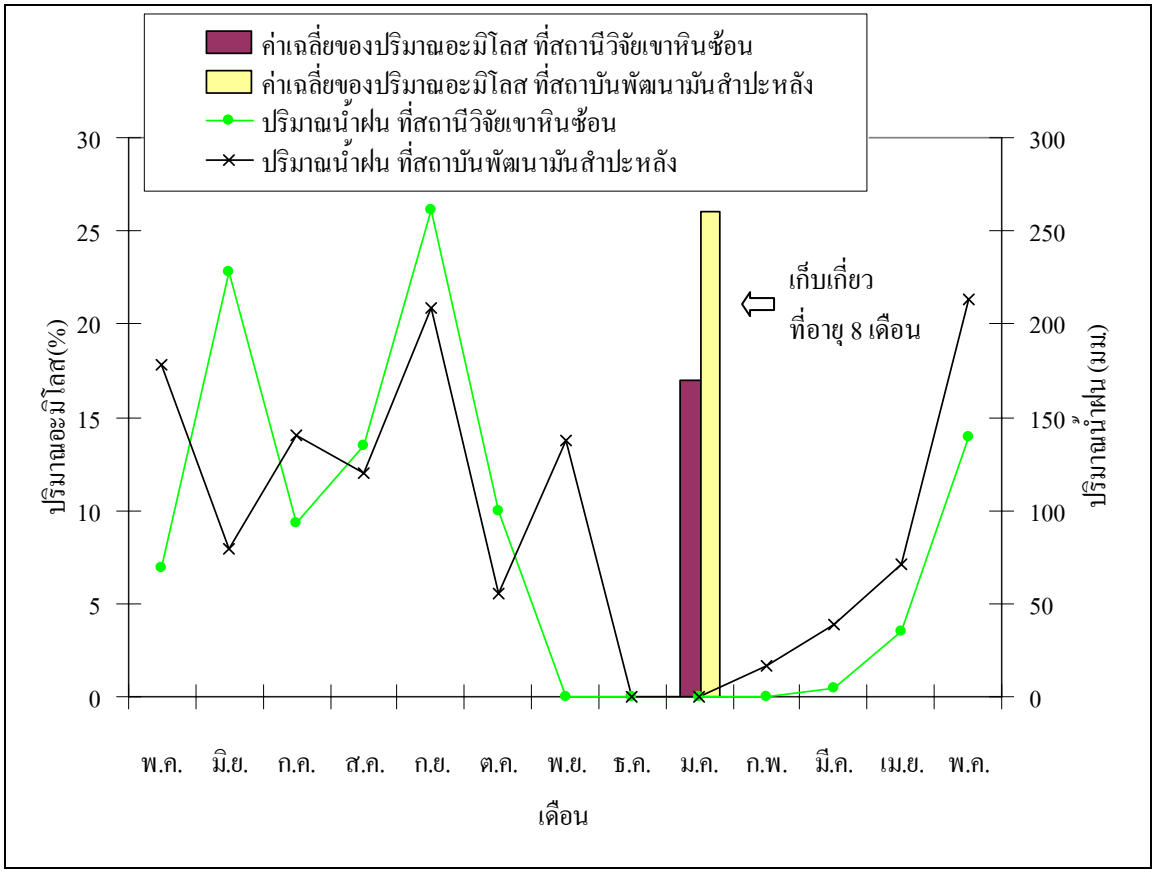
ส่วนพันธุ์อีก 3 พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ได้แก่ CM 3281-4 CM 2772-3 และ CM 1223-11 มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 แต่ 2 พันธุ์ที่คัดเลือกไว้คือ CM 2772-3 และ CM 1223-11 ให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งสูงส่วนพันธุ์ CM 3281-4 นั้นให้ผลผลิตปานกลาง แต่ปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 เล็กน้อย พันธุ์เหล่านี้จึงคัดเลือกไว้พิจารณาศักยภาพของผลผลิตต่อไป

ตารางที่ 19 ปริมาณอะมิโลส ผลผลิต ปริมาณแป้งในหัว และลักษณะทางพืชไร่ของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548-2549

ลำดับ	พันธุ์	ปริมาณอะมิโลส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณแป้งในหัว	ความงอก	ความสูง	ดัชนีเก็บเกี่ยว
		(%)	หัวสด	หัวแห้ง	(%)	(%)	(ซม.)	
1	KU 50 (check)	22	5,392 a	1,606 a	17.3 ab	72	213	0.53 a
2	CM 2772-3	25	2,097 d	560 de	14.8 bcd	94	200	0.31 b
3	M Ind 24	25	2,654 cd	559 ed	10.2 de	91	231	0.33 b
4	CM 1223-11	26	4,023 b	987 bcd	11.1 cde	90	173	0.39 b
5	No. 1	27	3,389 bc	745 cde	9.1 e	84	207	0.38 b
6	No. 10	27	3,040 bcd	844 bcd	13.6 bcd	89	197	0.54 a
7	HB 60 (check)	28	3,674 bc	1,179 bcd	19.8 a	97	200	0.52 a
8	CM 3281-4	29	2,133 d	405 ed	10.57cde	82	195	0.31 b
	ค่าเฉลี่ย	26	3,300	861	13.3	87	202	0.42
	F-test	ns	**	**	**	ns	ns	**
	CV(%)	7.7	17.70	24.96	17.28	12.53	11.62	17.87

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างในแต่ละคอลัมล์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดย DMRT

* , ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยของปริมาณอะมิโลสที่อายุ 8 เดือน และปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลอง ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อนและสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ศึกษาปริมาณไซยาไนด์ในหัว ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ จำนวน 60 พันธุ์ คัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวระดับปานกลางไว้ได้ จำนวน 10 สายพันธุ์

2. ทำการทดสอบพันธุ์ที่คัดเลือกให้มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำทั้ง 10 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่ได้มีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำและผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ห้านาที ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำของไทย

3. พันธุ์ No. 12 ที่นำมาทดสอบ นอกจากจะมีปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำแล้ว ยังมีปริมาณแป้งในหัวและผลผลิตสูงใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60

4. การคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ไว้ 6 พันธุ์ เมื่อนำมาทดสอบในฤดูถัดไปกลับไม่แตกต่างกัน แสดงว่าปริมาณอะมิโลสมีความแปรปรวนตามสภาพแวดล้อมสูง

ข้อเสนอแนะ

ควรจะมีการนำพันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกให้มีปริมาณไซยาไนด์ในเนื้อหัวต่ำ ไปปลูกทดสอบหลายๆปีและในหลายๆท้องที่ต่อไป เพื่อนำพันธุ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเฉพาะอย่าง เช่น ฟลาวร์ ซึ่งจะสามารถช่วยทดแทนการนำเข้าแป้งสาลีมาใช้ในประเทศไทยได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา กู้โรจนวงศ์. 2541. **ความสัมพันธ์ทางโครงสร้างและสมบัติของแป้งมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับสายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง**. 4-8 สิงหาคม 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **พันธุ์มันสำปะหลัง: พันธุ์แนะนำและรับรองของกรมวิชาการเกษตร**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/power_oil/cassava/breed. htm, 5 พฤศจิกายน 2549.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2519. **มันสำปะหลัง.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 239 น.

_____ . 2532. **การปลูก อุตสาหกรรมการแปรรูป และการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

_____. 2546. องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง**. 4-8 สิงหาคม2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2529. **การปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจของประเทศไทย.** สยามคอมพิวกราฟิค, กรุงเทพ ฯ. 381 น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, สาโรช ค้าเจริญ และ จะเด็ด อิทรโภคา. 2543. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวโพด เทียบกับมันสำปะหลัง และการผลิตข้าวโพดวิทยาศาสตร์จากมันสำปะหลัง. **สาส์นไก่และการเกษตร**. 48(8): 44-51.

วันเพ็ญ รัตนชน. 2541. **การเปรียบเทียบพันธุกรรม และสมบัติทางเคมี กายภาพ ของมันสำปะหลัง (Manihot esculenta Crantz) ชนิดขมและชนิดหวาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. 2537. **มันสำปะหลัง.** เอกสารวิชาการ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 210 น.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. 2549. มันสำปะหลังแป้งสูงพันธุ์ใหม่ ระยอง7. **กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์**, แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/th/showarticles.aspxid= 1702, 5 พฤศจิกายน 2549.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2548. รายงานผลการสำรวจมันสำปะหลังโรงงาน ปี 2548. **สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**. 412: 66 น.

สาโรช ค้าเจริญ และ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2531. **การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ สุกร เป็ด และไก่**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 34 น.

สายพิณ แสงหิรัญ, ทิพาพร สัมปเสนีย์ และ มนตรี จุฬาวัฒนทล. 2536. การยับยั้งการสังเคราะห์สารไซยาโนเจนิค กลูโคซายด์ ในพืชมันสำปะหลัง, น. 586-587 . *ใน* **ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19**. 27-29 ตุลาคม 2536. โรงแรมดุสิต เจบี, สงขลา.

สุรินทร์ ตั้งมั่นคงวรกูล, สุวิช ศิริวัฒนโยธิน และ วีระ โลหะ. 2546. การสลายตัวของสารไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังบดด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่เอง. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ**. 26(4): 475-486.

อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2540. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์**. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ และ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กรุงเทพฯ.

โอภาษ บุญเส็ง, วิไล สันติโสภาศรี, อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ และ ดลใจ แพทย์กระโทก. 2545. อิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งมันสำปะหลัง. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี**. 9 (1): 29-40.

โอภาษ บุญเส็ง, เสาวนี ตังสกุล, สมลักษณ์ จูฑังคะ และ จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข. 2542. การศึกษาและประเมินเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์และการใช้ประโยชน์. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542 มันสำปะหลัง.** สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 542 น.

Albert, L.C., K. Sriroth, and T.C. Huang. 2005. Proximate composition, mineral content, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **Food Chem**. 92: 615-620.

Bank, W. and Greenwood. 1966. The fine structure of amylase : the action of pullulanase as evidence of branching. **Strach/Starke**. 177: 674-675.

Bruijn, G.H. De. 1971. Etud du caracter cyanogenetique du manioc (*Manihot esculenta* Crantz). **Mededelingen Landbouwhogeschool**. 71(13): 1-140.

Carlos, A.I., T. Sanchez, and H.H. Yeoh. 2002. Cyanogens and linamarase activities in storage roots of cassava plants from breeding program. **J. of Food Composition and Analysis.** 15: 379-387.

Charles, N.F., P.T.,Tomkins, E.A., Tembe, B., Salwa, , E.N., Nukenineand I., Horan. 2001. Cyanogenic potential in food crops and its implication in cassava(*Manihot esculenta* Crantz) production. **Pakistan J. of Biological Sciences**. 4(7): 926-930.

Coe, E.H. and M.G. Neuffer. 1977. The genetic of cron. *In* **Cron and Cron Cron Improvement**. 2nd ed. G.F. Sprangue. (ed.). Agron., Madison, Wiscosin, U.S.A.

Edijala, J.K., P.N. Okoh, and R. Anigoro. 1999. Chemical assay of cyanide levels of shorttime-fermented cassava products in the Abraka area of Delta State, Nigeria. **Food Chem**. 64: 107-110.

Elickman, M. 1969. **Gum Teachnology in Food Industry**. Academic Press, New York.

FAO/WHO. 1991. **Joint FAO/WHO Food Standards Program.Rome: Codex Alimentarius XII**, Supplement 4, FAO

Hahn, S.K., G.N. Raynolds and L. Egbunike. 1988. Cassava as livestock feed in Africa. In Basilisa, P.R. 1997. A comparative study on the digestibility of cassava, mize, sorghum and barley in various segments of the digestive tract of growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**. 9(5). 165-172.

Hidayat, A., N. Zuaraida, I. Hanaririda and D.S. Damardjati. 2000. Cyanogenic content of cassava root of 179 cultivars grown in indonesia. **J. of food composition and analysis**. 13. 71-82.

Hutagalung, R.I. 1972. **Nutritive Value of tapioca of tapioca root leaf ond root for pig and poultry**. Faculty of Agr. Univ. of Mal, Malasai.

Howeler, R.H. 1985. Potassium nutrition of cassava. *In* **Potassium in Agriculture.** International Symposium in Atlanta. July 7-10, Madison, Wisconsin. 819-841.

Jane, J. 1995. Starch properties, modification. **Sci.-Pure Appl. Chem**. 32: 751-757.

_____ and J.J Shen. 1993. Internatonal structure of the potato starch revealed by chemical gelatinization. **Carbohydrates Res**. 247 : 342.

Joseph, R., H.H. Yeoh and C.S. Loh. 2004. Induced mutation in cassava using somatic embryos and the identification of mutant plant with altered starch yield and composition. **Plant cell Rep**. 23. 91-98.

Jones, D.A. 1998. Why are so many food plants cyanogenic. **Phytochemistry**. 47(2): 155-162.

Kawano, K., A. Amaya and P. Daza. 1976. **Selection for productivity in cassava** (*Manihot esculenta* Crantz). In press.

Kawano, K. 2003. Thirty year of cassava breeding for productivity-biological and social factor for success. **Crop Sci**. 43: 1325-1335.

Khajarern, J., S. Khajarern, K. Bunsiddhi and p. Sakiya. 1978. Determination of basic chemical parameters of cassava root products of different origin, processing technology and quality, pp. 13-32. In KKU-IDRC. **Cassava/Nutrition Project 1978 Annual Report**. Khon Kean University, Khon Kean.

Knutson, C.A. 1986. A Simplified colorimetric procedure for determination of amylose in mize starches. **Cereal Chem**. 63 (2): 89-92.

Muhamad, D. and J.H. Bradbury. 1999. Cyanogen content of cassava roots and flour in Indonesia. **Food Chem**. 65: 523-525.

Nartey, F. 1968. Studies on cassva, Manihot utlissima Pohl-l. Cyanogenesis: the biosyntesis of linamarin and lotaustralin in etiolated seedings. **Phytochemistry**. 7: 1307-1312.

Nwokoro, O. Smart., S.E. Vaikosen and A.M. Bamgbose. 2005. Nutrient composition of cassava of fals and cassava sievates collected from locations in Edo State, Nigeria. **Pakistan J. of Biological Sciences**. 4(4): 262-264.

Oates, C. G. 1997. Towards on understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trend Food Science and Technology**. 8: 375-382.

O'Brien, G.M., A.J. Taylor and H.N. Poulter. 1991. Improve enzymic assay for cyanogens in fresh and processed cassava. **J. Sci. Food Agr**. 56: 277-289.

Oke, O.L. 1966. Chemical studies on some Nigerian foodstuff. **Nature**. 212: 1055-1056.

Robin, J. P. C. Mercier, R. Charbonniere, and J. A. Guibot. 1974. Lintnerized starches, gel filtration and enzymatic studies of insoluble residuces from prolonged acid treatment of potato starch. **Cereal Chem**. 51:389-406.

Rouse, I. and J.M. Cruxent. 1963. **Venezuelan archeology**, Yale univ, New Haven, CT. USA.

Swinkels, J. J. M. 1985. **Sources of starch, it chemistry and physics**. Marcel Dekler, Inc. New York.

White, A., P. Handler and E.L. Smith. 1968. **Principle of Biochemistry**, 4th ed. Mc Graw-Hill, New York.

Zobel, H. F. 1998. Molecules to granules: a comprehensive starch review. **Starch/starke**. 40: 44-55

Yeoh, H.H. 1998. Monitering the cyanogenic potential of cassava: the trend towards biosensor development. **Trends in Analytical Chem**. 17(4): 234-240.

Yeoh, H.H. and F. Sun. 2001. Assessing Cyanogen Content in Cassava-based Food Using the Enzyme-dipstick Method. **Food and Chem. Toxicology**. 39: 649-653.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพิกุล ม้าวิเศษ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 30 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	ชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท จากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ