ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่	พืชไร่นา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว (*Oryza sativa* L.)

Effects of Neonicotinoid on Germination and Vigor of Rice (*Oryza sativa*) Seed

นามผู้วิจัย นางสาวพัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์วันชัย จันทร์ประเสริฐ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์สุคันธรส ธาดากิตติสาร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว (*Oryza sativa* L.)

Effects of Neonicotinoid on Germination and Vigor of Rice (*Oryza sativa*) Seed

โดย

นางสาวพัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี 2554: ผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว (*Oryza sativa* L.) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วันชัย จันทร์ประเสริฐ, Ph.D. 109 หน้า

การวิจัยนี้ศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ 2 ชนิดคือ ไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และศึกษาผลของการคลุกสารที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน ปริมาณและ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าข้าวอายุ 1-5 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบผลของสารคลุกเมล็ดไทอะมีโทแซมอัตรา 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัมผสมน้ำ 3 ลิตร พบว่าการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าสูงที่สุด การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบผลของการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มิลลิลิตร (ผลิตภัณฑ์สารในรูปของเหลว ชื่อการค้า Cruiser® 25 WG) ต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร และการคลุกสารอิมิดาคลอพริดอัตรา 5.0 กรัม (ผลิตภัณฑ์สารในรูปผง ชื่อการค้า Gaucho® 70 WS) กับเมล็ดข้าว 2 ล็อท คือเมล็ดปกติ (unaged seed) และเมล็ดเร่งอายุ (aged seed) ผลการทดลองพบว่า การคลุกสารทั้ง 2 ชนิดทำให้ความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวสูงขึ้น โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิกและปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นตลอด 5 วันหลังการเพาะ ขณะที่ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสตอบสนองต่อการคลุกสารเฉพาะของต้นกล้าอายุ 1, 4 และ 5 วัน และ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสตอบสนองไม่เด่นชัดในเมล็ดปกติ แต่ในเมล็ดที่เร่งอายุ การคลุกสารทำให้ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าลดลง ผลการทดลองอาจสรุปได้ว่าสารฟีนอลิกและโปรตีน (ที่ละลายน้ำได้) มีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงของต้นกล้าที่สูงขึ้นในเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ ขณะที่เอนไซม์อะไมเลสอาจมีบทบาทบางส่วนร่วมกับบทบาทของเอนไซม์อื่นในการตอบสนองของความแข็งแรงต้นกล้าข้าวที่สูงขึ้นต่อการคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Patcharawalai Chalermchaimontree 2011: Effects of Neonicotinoid on Germination and Vigor of Rice (*Oryza sativa*) Seed. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Wanchai Chanprasert, Ph.D. 109 pages.

This research evaluated the effects of 2 neonicotinoids, thiamethoxam and imidacloprid on seed germination and seedling vigor of rice seed (Khao Dawk Mali 105) and on some physiological changes, i.e., phenolic compounds, soluble protein, amylase and specific activity of amylase enzyme in rice seedling 1-5 days old. Experiment 1, four rates of thiamethoxam 0, 2.5, 5.0 and 7.5 ml/25 kg seed in 3 liters of water were compared and it was found that thiamethoxam at the rate of 5.0 ml gave the best result in terms of seed germination and seedling vigor. In experiment 2, unaged and aged seed were treated with thiamethoxam at the rate of 5.0 ml (Cruiser® 25 WG) per 25 kg of seed in 3 liters of water and imidacloprid at the rate of 5 g (Gaucho® 70 WS) per 25 kg seed in 3 liters of water comparing with non-treated control. The results showed that both neonicotinoids obviously increased seedling vigor which was related to the increases of phenolic compounds and protein content in rice seedling aged 1-5 days old. However, amylase enzyme increased only in 1, 4 and 5-day old seedlings and specific activity of amylase responded inconsistently to neonicotinoid seed treatment in unaged seed, while the specific activity of amylase clearly decreased in seedlings of aged seed treated with nenonicotinoids. It can be concluded that phenolic compounds and soluble protein content played an important role while amylase enzyme showed partially activity for increasing seedling vigor in neonicotinoid-treated seed. There may be some other enzymes that involved in increasing seedling vigor of rice seed treated with thiamethoxam and imidacloprid.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วันชัย จันทร์ประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ดร.สุคันธรส ธาดากิตติสาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึงคณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และครูอาจารย์ทั้งหลายผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ บริษัท ซินเจนทา ครอป โปรเทคชั่น จำกัด ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน รวมทั้งขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และความสำเร็จทั้งหลายของข้าพเจ้า เกิดขึ้นมาได้ก็ด้วยความเมตตากรุณา และการให้โอกาส จากบุพการี ครูบาอาจารย์ และมิตรทั้งหลาย ซึ่งมอบให้ด้วยความจริงใจ ข้าพเจ้าขอใช้ประโยชน์และคุณค่าทั้งหลายอันเกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ รวมทั้งความสำเร็จของข้าพเจ้าเป็นส่วนหนึ่งในการประกาศและรำลึกถึงพระคุณและความดีงามของท่านทั้งหลายด้วยความกตัญญู

พัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี

ธันวาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	109

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	26
2	ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวรากที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	27
3	ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวยอดที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	28
4	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติ (ไม่ผ่านการเร่งอายุ) และเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	30
5	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติ (ไม่ผ่านการเร่งอายุ) และเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	31
6	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวรากที่ 7 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	33
7	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวรากที่ 14 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	34
8	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวส่วนยอดที่ 7 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ทีมีต่อความยาวยอดที่ 14 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ	36
10	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	39
11	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	40
12	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	41
13	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	42
14	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	43
15	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	47
16	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	48
17	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	49
18	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	50
19	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	54
21	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	55
22	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	56
23	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	57
24	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	58
25	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	62
26	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	63
27	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	64
28	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	65
29	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความชื้น (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ภายหลังการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร	92
2	ข้อมูลปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และ ค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปกติ	93
3	ข้อมูลปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และ ค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เร่งอายุ	95
4	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	97
5	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวรากที่ 7 และ 14 วันหลังงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	97
6	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวยอดที่ 7 และ 14 วันหลังงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	98
7	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	98
8	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	99
9	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	99
10	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	100
11	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	101
13	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	101
14	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	102
15	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	102
16	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	103
17	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	103
18	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	104
19	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	104
20	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	105
21	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	105
22	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
23	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ	106
24	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ	107
25	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ	107
26	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ	108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของสารไทอะมีโทแซม	7
2	โครงสร้างของสารอิมิดาคลอพริด	8
3	ลักษณะต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตราต่างๆ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่คลุกสาร	28
4	ลักษณะของต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติและเมล็ดเร่งอายุเมื่อคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และไม่คลุกสาร	37
5	ลักษณะของต้นกล้าที่อายุ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติและเมล็ดเร่งอายุเมื่อคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และไม่คลุกสาร	37
6	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ	45
7	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกระหว่างการงอก) 1-5 วันหลังเพาะ(ของเมล็ดเร่งอายุ	46
8	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ	52
9	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเร่งอายุ	53
10	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ	60
11	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดเร่งอายุ	60
12	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ	67
13	ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดเร่งอายุ	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1	กราฟมาตราฐานของ gallic acid ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 735 nm	85
2	โกร่งบดตัวอย่างพืช	86
3	กราฟมาตราฐานมาตรฐาน BSA (Bovine serum albumin) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/ 100 ml สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 600 nm	88
4	ความเข้มของสีส้มที่เกิดจากการตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (Lowry, 1958)	88
5	กราฟมาตรฐานของกลูโคส ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 1และ 200 µg/ml สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 540 nm	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว (*Oryza sativa* L.)

Effects of Neonicotinoid on Germination and Vigor of Rice (*Oryza sativa*) Seed

คำนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักประจำชาติและเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญยิ่งของไทย โดยมีชาวนา 3.7 ล้านครัวเรือน จากเกษตรกรทั้งประเทศ 5.6 ล้านครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 66 ของครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมด มีพื้นที่ปลูกประมาณ 67.6 ล้านไร่ หรือ 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ได้ผลผลิตปีละประมาณ 28.0-30.0 ล้านตันข้าวเปลือก มูลค่าปีละประมาณ 180,000-200,000 ล้านบาท อีกทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญสามารถสร้างรายได้และนำเงินตราเข้าประเทศปีละประมาณ 80,000-100,000 ล้านบาท รวมทั้งเป็นพืชที่สร้างความมั่นคงด้านอาหารด้วยในด้านการผลิต การตลาดภายใน ตลาดต่างประเทศ รวมตลอดถึงด้านการบริหารจัดการ (กรมการข้าว, 2552)

ปัญหาในการผลิตข้าวเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ โรค แมลง และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น IRRI (2005) ระบุถึงปัญหาที่สำคัญได้แก่ ปัญหาด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งมักมีคุณภาพต่ำ รวมทั้งการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งวิธีการป้องกันและแก้ปัญหาที่ให้ผลดีและนิยมปฏิบัติโดยทั่วไป ในการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงขณะเมล็ดงอกวิธีการหนึ่งก็คือการใช้สารเคมีคลุกเมล็ด (Maienfisch *et al.,* 2001) การใช้สารเคมีคลุกเมล็ดบางชนิดพบว่ามีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อนสูงขึ้น ดังรายงานของ World Intellectual Property Organization (2006) กล่าวว่าการคลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดแมลง สามารถทำให้คุณภาพของเมล็ดดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารป้องกันและกำจัดแมลงบางชนิด เช่นสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์มีรายงานว่าช่วยให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงและมีการตั้งตัวของต้นอ่อนดีขึ้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้นำสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ได้แก่ ไทอะมีโทแซม และอิมิดาคลอพริด มาใช้คลุกเมล็ด เพื่อศึกษาผลของสารเคมีคลุกเมล็ดนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว

2. เพื่อศึกษาผลของสารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

การงอกของเมล็ดเริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำ (imbibition) และสิ้นสุดที่การยืดตัวของแกนต้นอ่อน ซึ่งโดยปกติจะเป็นการยืดตัวของรากแรกเกิด (radicle) ในระหว่างการงอกของเมล็ดจะมีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นได้แก่ การดูดน้ำของโปรตีน (protein hydration) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และการยืดตัวของเซลล์ (วันชัย, 2553) ความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดเป็นคุณภาพที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพันธุ์ เมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เพียงพอสำหรับการงอก เมล็ดพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี สรีรวิทยาและสัณฐานวิทยา ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ (วัลลภ, 2540) การงอกของเมล็ด เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และสัณฐานวิทยาของพืช มีการจำลองตัวเองใหม่ของยีนและการสังเคราะห์โปรตีนอีกครั้ง รวมทั้งมีอัตราการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมาก สารเมแทบอไลท์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดมีผลอย่างมากต่อการเติบโตของต้นอ่อนของพืชในระยะแรกหลังการงอก อาหารที่สะสมในเมล็ดประกอบด้วยแหล่งธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และสารเมแทบอไลท์ต่างๆ ที่เป็นแหล่งให้พลังงานและการสังเคราะห์ทางชีวเคมีที่จำเป็นต่อการงอกของต้นอ่อน ประกอบด้วยสารอาหารในกลุ่มของไขมัน โปรตีน และแป้ง ซึ่งสะสมในต้นอ่อน เอนโดสเปิร์มและใบเลี้ยง (Desai *et al*., 2004) เมล็ดข้าวที่ได้รับความชื้นตั้งแต่ 35-36 % เมล็ดจะงอก (Komatsuzaki *et al*., 2007) เอนไซม์ต่างๆ เช่น protease จะย่อยโปรตีนเป็น amino acids และ amylase จะย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว (reducing sugars) ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ทันที (Beasley, 2004)

เมล็ดข้าวมีลักษณะการงอกแบบไฮโปเจียล (hypogeal germination) เป็นรูปแบบการงอกที่ส่วนของใบเลี้ยงของต้นกล้าอยู่ใต้ดิน โดยขณะที่เมล็ดเริ่มงอก รากอ่อนจะเจริญแทงเปลือกหุ้มเมล็ดพุ่งลงสู่ดิน ส่วนของยอดอ่อนและปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) จะแทงโผล่ขึ้นเหนือดิน (สมบุญ, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคลุกเมล็ด (seed treatment)

การคลุกเมล็ดพันธุ์ หมายถึง การคลุกสารป้องกันศัตรูเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันการระบาดและเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคที่ปะปนมาจากเมล็ด ช่วยป้องกันเมล็ดและต้นกล้าจากสาเหตุของโรคและแมลงในระยะการเพาะปลูก และการตั้งตัวของต้นกล้า (วัลลภ, 2540) การใช้สารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์พืช (seed treatment) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมทำเพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันและลดการเข้าทำลาย (disinfection) และการรบกวน (disinfestation) ของเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ (seed-borne disease) รวมถึงการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลงในแปลงปลูกพืช (Desai *et al*., 2004) สมคิด (2532) ได้อธิบายถึงการใช้สารเคมีว่าเป็นกรรมวิธีป้องกันกำจัดโรคและแมลงในพืชวิธีหนึ่งที่ช่วยลดความเสียหายและหยุดยั้งการแพร่ระบาดของโรคและแมลงได้ องค์ประกอบของสารเคมีแต่ละชนิดมีคุณสมบัติหยุดยั้งขบวนการเจริญเติบโต หรือป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้ การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีเป็นการป้องกันเชื้อโรคและแมลงที่อาจติดมากับเมล็ดพันธุ์หรือที่อยู่ในดิน เมล็ดที่คลุกสารเคมีเมื่อปลูกลงดิน สารเคมีจะแพร่ไปในดินรอบๆ เมล็ดที่ปลูก เมื่อเมล็ดงอก ต้นอ่อนก็จะปลอดภัยจากเชื้อโรค ข้อควรระวังเกี่ยวกับการคลุกสารเคมีกับเมล็ดพันธุ์ คือ การใช้ความเข้มข้นที่สูงจะทำให้มีการสูญเสียความงอก นอกจากนี้การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคมียังเป็นการป้องกันเปลือกหุ้มรอบเมล็ดพันธุ์ สามารถป้องกันการเข้าทำลายทั้งเชื้อที่ติดมากับเมล็ดและเชื้อที่อยู่ในดิน Gregg *et al.* (1970) กล่าวว่าสารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญมากในการเพิ่มการงอกของต้นกล้า เมื่อใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำเมื่อเปลือกหุ้มเมล็ดถูกทำลาย หรือเมล็ดพันธุ์หรือดินมีการระบาดของโรคอย่างหนัก

Tryon (1994) ได้จำแนกชนิดของเมล็ดที่ผ่านการเคลือบออกเป็น 4 ชนิด คือ (1) Pelleting seed ใช้กับเมล็ดที่มีขนาดเล็ก เมล็ดพืชจะถูกเคลือบด้วยวัสดุเคลือบเป็นจำนวนหนึ่งชั้นหรือหลายชั้นทำให้รูปร่าง และขนาดของเมล็ดเปลี่ยนไป โดยทั่วไปเมล็ดมักมีลักษณะค่อนข้างกลม มีน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นคล้ายกับการงอก บางครั้งจึงเรียกเมล็ดพอก การพอกเมล็ดนี้ส่วนใหญ่มักจะทำกับเมล็ดขนาดเล็กมีประโยชน์ในแง่ของการปลูกด้วยเครื่องจักร ช่วยให้มีความสม่ำเสมอ และการงอกได้ดีขึ้น การพอกเมล็ดมักจะมีส่วนผสมของผงดินละเอียดมาก อาจเติมชีวสาร (biological substance) สารกำจัดแมลง สี และสารออกฤทธิ์อื่นๆ รวมทั้งพอลิเมอร์ด้วย (2) Film coated seed เป็นการเคลือบเมล็ดในลักษณะคล้ายฟิล์มบางๆ โดยยังคงรักษาลักษณะทั่วๆ ไปของเมล็ดไว้ทั้งขนาด และรูปร่าง อย่างไรก็ตาม น้ำหนักของเมล็ดอาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สารเคลือบมักประกอบด้วยสารพอลิเมอร์ ชีวสาร สารกำจัดแมลง สี หรือสารอื่นๆ เช่น สารจับผิว การเคลือบแบบนี้ต้องทำอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั่วถึงทั้งเมล็ด (3) Coating หรือ Encrusted seed เมล็ดจะถูกเคลือบด้วยสารเคลือบหนึ่งชั้นหรือหลายชั้น ใช้กับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ มีผลทำให้ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่รูปร่างของเมล็ดอาจไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจเติมชีวสาร สารกำจัดแมลง สี สารออกฤทธิ์อื่นๆ รวมทั้งสารพอลิเมอร์ด้วย และ (4) Treated seed เมล็ดจะถูกเคลือบด้วยสารปริมาณน้อย มีวัตถุประสงค์เพื่อลดหรือควบคุมโรค แมลง หรือสิ่งที่จะมาเป็นอันตรายต่อเมล็ดหรือต้นอ่อน วิธีนี้บางครั้งอาจผสมสีไปด้วย

Walker (1961) อธิบายว่าชนิดของการคลุกเมล็ดพันธุ์อาจแบ่งได้ 3 แบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการคลุก ได้แก่ 1) การคลุกเมล็ดเพื่อกำจัดหรือทำลายเชื้อที่ได้เข้าสู่ภายในเมล็ดแล้ว 2) คลุกเมล็ดเพื่อป้องกันเชื้อที่ติดตามเปลือกผิวเมล็ดด้านนอก และ 3) คลุกเมล็ดเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อจากภายนอกเข้าทำลายเมล็ดหรือต้นกล้า ทั้งนี้วิธีการคลุกเมล็ดเป็นวิธีการที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการคลุกเมล็ดใช้ปริมาณสารต่อพื้นที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบแบบการฉีดพ่นหรือการให้ระหว่างแถวหรือให้พร้อมน้ำปล่อยตามแถว (Taylor and Harman, 2001)

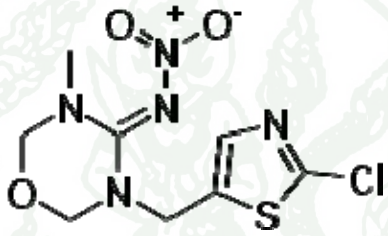
สารกำจัดแมลงกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ประเภทคลุกเมล็ด

สารกำจัดแมลงในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ chioronicotinyl compounds (imidacloprid), thianicotinyl compound (thiamethoxam) และ nitromethylene compound (nithiazine) ออกฤทธิ์โดยการเลียนแบบหรือแทนที่โมเลกุลของอะซิติลโคลีนในการรวมตัวกับตัวรับอะซิติลโคลีน การออกฤทธิ์จำเป็นอย่างยิ่งที่สารฆ่าแมลงจะต้องมีมิติของโมเลกุล (molecular dimension) ที่คล้ายคลึงกับโมเลกุลของอะซิติลโคลีนอย่างมาก สารฆ่าแมลงที่ออกฤทธิ์ในลักษณะนี้เป็นอนุพันธ์ของไบพิริดิล (bipyridyl) ได้แก่ สารฆ่าแมลงจากพืช เช่น นิโคติน และอะนาบาซีน โมเลกุลของสารฆ่าแมลงเหล่านี้มีลักษณะโครงสร้างที่มีไพริดิน (pyridine) เป็นศูนย์กลาง สมบัติอีกอย่างหนึ่งที่จำเป็นในการออกฤทธิ์ก็คือ กลุ่มที่อยู่ติดกับ 3-ไพริดิลเมททิลเอมีน (3-pyridylmethylamine) จะต้องมีความเป็นด่าง และมีระยะห่างอย่างน้อย 4.2 อังสตรอม จากส่วนไพริดิลซึ่งเป็นศูนย์กลาง (Yamamoto *et al*., 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารไทอะมีโทแซม

สารไทอะมีโทแซม (ภาพที่ 1) เป็นสารกำจัดแมลงจำพวก นีโอนิโคตินอยด์ สารชนิดนี้สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด ไทอะมีโทแซม สามารถใช้กับพืชได้ทั้งทางใบและทางดิน ภายใต้เครื่องหมายการค้า Actara [tm] และใช้ในการคลุกเมล็ดพันธุ์ ภายใต้เครื่องหมายการค้า Cruiser® (CRZ) (Maienfisch *et al*., 2001) สารไทอะมีโทแซม เป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง มีความจำเพาะเจาะจง อัตราการใช้ต่ำ ออกฤทธิ์ทำลายศัตรูพืชพวกแมลงปากดูด แมลงในดิน และแมลงในอันดับ Hemiptera Homoptera และ Lepidoptera ได้ดี สามารถนำมาคลุกเมล็ดพันธุ์เพื่อการปลูกพืชหลักได้หลายชนิด (Iwasa *et al*., 2004; Auther *et al*., 2004)



3-[(2-Chloro-1,3-thiazol-5-yl) methyl]-5-methyl-*N*-nitro-1,3,5-oxadiazinan-4-imine

ภาพที่ 1 โครงสร้างของสารไทอะมีโทแซม

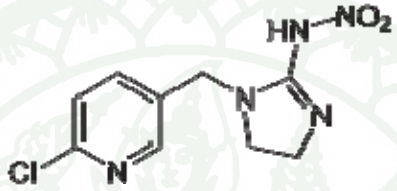
ที่มา: Sigma-Aldrich, 2011

สารอิมิดาคลอพริด

อิมิดาคลอพริดมีโครงสร้างเป็นอนุพันธ์ของนิโคทีน (nicotine) (ภาพที่ 2) โดยสารนี้จัดอยู่ในสารฆ่าแมลงกลุ่มคลอโรนิโคทินิล (chloronicotinyl insecticides) แมลงสามารถรับสารฆ่าแมลงนี้ได้โดยการสัมผัสหรือการกิน ซึ่งอิมิดาคลอพริดจะไปออกฤทธิ์โดยจับที่ตัวรับนิโคทินิค อะเซทิลโคลีน (nicotinic acetylcholine receptor) และทำให้มีการสะสมสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีนมากขึ้น ซึ่งผลโดยรวมคือการรบกวนระบบสื่อประสาทในแมลง แมลงที่ได้รับสารฆ่าแมลงนี้จะเฉื่อยชาอ่อนแรง หยุดกินอาหาร และตายในที่สุด สารฆ่าแมลงนี้มีพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นต่ำกว่าแมลง ทำให้มีผลจำเพาะเจาะจงต่อแมลงมากกว่า และการที่การออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ต่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากกลุ่มอื่น ทำให้สามารถใช้กำจัดแมลงที่ดื้อต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มอื่นได้ อิมิดาคลอพริดเป็นสารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ดพืชต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ผัก ทานตะวัน ฯลฯ เพื่อป้องกันกำจัดแมลง ปากดูด เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น หนอนเจาะฝัก หนอนเจาะลำ ต้น และแมลงหวี่ขาว เนื่องจากมีสารประกอบ ออร์แกโนฟอสฟอรัส คาร์บาร์เมท และไพรีทรอยด์ (organophosphoras, carbamate และ pyretroids) ใช้สำหรับคลุกเมล็ดในโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อนำเมล็ดไปปลูก สารที่คลุกเมล็ดนี้จะกระจายในผิวดินรอบเมล็ด ช่วยป้องกันแมลง จุลินทรีย์ในดิน และไส้เดือนดิน และปกป้องการทำลายแมลงเหนือผิวดินเมื่อพืชเจริญเป็นต้นอ่อน (สุปราณีและคณะ, 2546)



N-[1-[(6-Chloro-3-pyridyl) methyl]-4,5-dihydroimidazol-2-yl]nitramide

ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารอิมิดาคลอพริด

ที่มา: Sigma-Aldrich, 2011

ผลของสารคลุกเมล็ดที่มีต่อการควบคุมโรคและแมลง

Mason *et al.* (2000) ศึกษาประสิทธิภาพของสารไทอะมีโทแซม โดยเปรียบเทียบผลของวิธีการใช้สารที่แตกต่างกันพบว่า การใช้สารไทอะมีโทแซมทางดินที่อัตราความเข้มข้น 7 มิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ให้ประสิทธิภาพดีในการป้องกันโรค tomato yellow leaf curl germinivirus (TYLCV) ที่มีแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* (Gennius) เป็นพาหะได้ยาวนานถึง 22 วัน หลังการใช้สาร ซึ่งดีกว่าการใช้สารไทอะมีโทแซมทางใบที่อัตรา 50 มิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ที่ป้องกันโรคได้นาน 8 วัน

การคลุกเมล็ดพันธุ์ snap bean ด้วยไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด เพื่อประเมินความสามารถในการควบคุมการเข้าทำลายของ potato leaf hopper พบว่า ไทอะมีโทแซมควบคุมได้นานและดีกว่าอิมิดาคลอพริด โดยไทอะมีโทแซมที่อัตรา 30 g a.i./100 kg seed สามารถควบคุม leaf

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

hopper ได้นาน 31-38 วัน และเมื่ออัตราของไทอะมีโทแซมเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการควบคุม leaf hopper ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงกันข้าม อิมิดาคลอพริด อัตรา 60 g a.i./100 kg seed สามารถป้องกันการเข้าทำลายของ leaf hopper ได้ในระยะแรก แสดงให้เห็นว่า การคลุกเมล็ด snap bean ด้วยไทอะมีโทแซมสามารถควบคุม leaf hopper ได้ดีกว่าการใช้ อิมิดาคลอพริด (Nault *et al*., 2004)

Sannino *et al*. (2003) ได้ทดลองประสิทธิภาพของสารคลุกเมล็ดเพื่อป้องกันเพลี้ย green peach aphid บนใบยาสูบ โดยเปรียบเทียบรูปแบบของสารที่ทำให้พืช คือให้ที่ดินในรูปแบบเม็ด และให้ในรูปสารละลายฉีดพ่นทางใบ จากการนับประชากรของเพลี้ยที่เกาะอยู่บนยาสูบช่วง 72 วัน พบว่า การใช้สารทุกชนิดทางดินในรูปแบบเม็ดสามารถควบคุมเพลี้ยได้ 88-98 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นสารอิมิดาคลอพริด มีประสิทธิภาพควบคุมเพลี้ยได้ดีกว่าสาร acetamaprid และ pymetrozine

Williams *et al*. (2003) รายงานว่า สารฆ่าแมลงส่วนมากมีความเป็นพิษเฉียบพลันสูงต่อแตนเบียนไข่ *Anaphes iole* (Hymenopea : mymarid) ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติ การที่จะใช้สารฆ่าแมลงร่วมกับการควบคุมศัตรูพืชโดยใช้ชีววิธีแบบ augmentative release program (การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแล้วนำไปปล่อย) ควรจะเลือกสารฆ่าแมลงที่สลายตัวเร็ว

Youn (2003) ศึกษาผลกระทบของสารกำจัดแมลงหลายชนิด รวมทั้งสารไทอะมีโทแซมต่อด้วงเต่า Asia lady beetle (*Harmonia axyridis*) ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยอ่อน โดยทำการทดสอบในโรงเรือนพบว่า สารไทอะมีโทแซมมีผลในการ knockdown ด้วงเต่าในระยะตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย แต่จะออกฤทธิ์ครอบคลุมภายใน 24 ชั่วโมง และพบว่าสารไทอะมีโทแซมมีค่า LC_{50} เท่ากับ 382.31, 37.01, 81.09, 105, 249.03, >2,500 และ 150.46 มิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อลิตร ในระยะไข่ ตัวอ่อนวัยที่ 1 ตัวอ่อนวัยที่ 2 และตัวอ่อนวัยที่ 3 ตัวอ่อนวัยที่ 4 ดักแด้ และตัวเต็มวัย ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ามีพิษเฉียบพลันต่ำกว่าสารชนิดอื่น ดังนั้นการปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานจึงไม่แนะนำให้ใช้สารไทอะมีโทแซมควบคู่ไปกับการใช้ด้วงเต่าเป็นศัตรูธรรมชาติ

Pataky *et al*. (2005) ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีคลุกเมล็ดที่แตกต่างกันในการคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อป้องกันการเกิดโรค Stewart's wilt โดยการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานมาคลุกสารเคมี clothinidin (Poncho®), imidacloprid (Gaucho®) และ thiamethoxam

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Cruiser®) อัตรา 0.125 ถึง 1.25 mg a.i./kernel พบว่า ข้าวโพดหวานที่คลุกด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ สามารถควบคุมโรค Stewart's wilt ได้ดีกว่าไม่คลุกสารเคมี โดยสามารถควบคุมการเกิดโรคได้ 50-90 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ที่อัตรา 0.125 mg a.i./kernel สามารถควบคุมโรคได้ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ระดับของการควบคุมเพิ่มขึ้น 1.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราสารที่ใช้เพิ่มขึ้น 0.1 mg a.i./kernel เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่คลุกด้วยสารเคมี clotinidin สามารถควบคุมโรคได้สูงกว่าการใช้ thiamethoxam หรือ imidacloprid 8-9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารเคมีในอัตราเดียวกัน และแนะนำให้ใช้สาร clotinidin 0.25 mg a.i./kernel และ thiamethoxam 0.125 mg a.i./kernel ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

Auther *et al.* (2004) รายงานว่า สารไทอะมีโทแซมมีประสิทธิภาพในการป้องกันเมล็ดข้าวโพดและข้าวสาลีจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ จากนั้นยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดปลวก และสามารถควบคุมหนอนแมลงวันในบลูเบอรี่ได้ด้วย นอกจากนี้สารไทอะมีโทแซมยังเป็นสารยับยั้งการถ่ายเชื้อไวรัสได้ดี เช่น เชื้อไวรัส tomato yellow leaf (TYLCV) ซึ่งถ่ายเชื้อโดยแมลงหวี่ขาวยาสูบ *Bemisia tabaci*

ผลของสารคลุกเมล็ดที่มีต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า

การคลุกสารเคมีในเมล็ดพันธุ์พืชส่วนใหญ่จะใช้สารเคมีในการป้องกันโรคและแมลง ซึ่งเป็นการควบคุมและป้องกันโรคและแมลงที่เกิดขึ้นในขณะเก็บรักษาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าในระยะแรก นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สารเคมีป้องกันโรคและแมลงบางชนิด นอกจากควบคุมโรคและแมลงแล้ว ยังสามารถกระตุ้นการงอก การเจริญเติบโต และการตั้งตัวของต้นกล้าได้ดี (Jardine and Bowden, 2008)

อำพล (2538) ศึกษาการใช้สารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่มีต่อความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ 2 พันธุ์คือ บรบ.2 และนบรบ.9 สารเคมีที่ใช้ได้แก่ Malathion, Culator, Fuji-1, Ditane M-45, Malathion + Culator, Malathion + Fuji-1 และ Malathion + Ditane M-45 โดยเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง (25 °C) นาน 8 เดือน พบว่าทำให้ความงอกและความแข็งแรงลดลงในระดับปานกลาง แต่การใช้ Ditane M-45 พบว่า ให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้งความงอกและความแข็งแรงลดต่ำที่สุด สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดข้าวบาร์เลย์ทั้งสองพันธุ์ในห้องเย็น พบว่า ความงอกและความแข็งแรงโดยทั่วไปสูงกว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง แต่อย่างไรก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ไม่ได้คลุกสารเคมีพบว่ามีคุณภาพสูงกว่าการใช้สารเคมีต่างๆ ได้แก่ Ditane M-45, Culator และ Fuji-1 ซึ่งถึงแม้พบว่าจะสามารถกำจัดเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดได้ก็ตาม ส่วนผลการทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ทั้ง 2 พันธุ์ หลังการเก็บรักษานาน 8 เดือน และเก็บรักษาไว้ในแต่ละสภาพนั้น เมล็ดที่คลุกสารเคมีชนิดต่างๆ และไม่คลุกมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษาผลของ thiamethoxam (50% a.i.) และ imidacloprid (40.7% a.i.) ที่มีต่อความงอก ความงอกในไร่ และผลผลิตของข้าวฟ่างพันธุ์ Pioneer 8212Y, 85Y34 และ 8313 พบว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสารเคมีมีความงอก 94.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคลุกด้วย fluxofenim (74.3% a.i.) เมล็ดที่คลุกสารเคมี thiamethoxam มีความงอกสูงกว่าการคลุกด้วย imidacloprid ส่วนเมล็ดข้าวฟ่างที่คลุกด้วย thiamethoxam + fluxofenim มีผลทำให้ความงอกของข้าวฟ่างไม่แตกต่างกันกับการคลุกด้วย imidacloprid + fluxofenim แต่มีความงอกน้อยกว่าการคลุกด้วย thiamethoxam หรือ imidacloprid เพียงอย่างเดียว สำหรับผลผลิตของเมล็ดที่คลุกและไม่คลุกสารเคมี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างที่คลุกด้วย imidacloprid + fluxofenim ให้ผลผลิตสูงที่สุด ในขณะที่การคลุกด้วย fluxofenim ให้ผลผลิตต่ำที่สุด (Brown *et al.,* 2005)

เมล็ดพันธุ์ฝ้ายลูกผสม NHH-44 ที่ผ่านการคลุกเมล็ดด้วยสาร thiamethoxam 70WS (Cruiser) อัตรา 2.85, 4.28 และ 10.0 กรัม/กิโลกรัมเมล็ด จากนั้นนำไปเก็บรักษาในถุง polyethylene ก่อนปลูกในแปลงพบว่า อัตราและระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ฝ้าย โดยมีความงอกตั้งแต่ 96.21 ถึง 97.95 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับการไม่คลุกเมล็ดด้วยสารเคมีที่มีความงอก 96.45 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตของฝ้ายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการคลุกเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารคลุกเมล็ด 2.85 กรัม/กิโลกรัมเมล็ด ทำให้ได้ผลผลิตฝ้าย 6.96 q/ha และเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารคลุกเมล็ด 10 กรัม/กิโลกรัมเมล็ด ทำให้ผลผลิตฝ้ายเพิ่มขึ้นเป็น 8.14 q/ha (Prasanna *et al*., 2003)

จากการศึกษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่คลุกสารเคมีด้วย imidacloprid และ thiamethoxam พบว่าสามารถลดการเข้าทำลายของ flea beetle และลดการเกิดโรคเหี่ยวได้ 37-83 เปอร์เซ็นต์ ในพันธุ์ข้าวโพดหวาน Sprint ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเกิดโรคเหี่ยว พบว่าการคลุกสารเคมีไม่สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้ผลเท่ากับพันธุ์ต้านทาน ในพันธุ์ Dynamo และ Bonus ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานมีอาการของโรคต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ว่าจะคลุกหรือไม่คลุกสารเคมี สำหรับเมล็ดพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวโพดหวานที่คลุกด้วย imidacloprid แสดงลักษณะเป็นพิษ ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความแข็งแรงของเมล็ด และได้แนะนำว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพสูงควรคลุกเมล็ดด้วยสารเคมี imidacloprid (Kuhar *et al*., 2002)

การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมี thiamethoxam 700 WS และ carbofuran 350TS ร่วมกับการใช้ปุ๋ย NPK ที่มีต่อการงอก การสร้างปม ผลผลิตและการป้องกันกำจัดแมลงในถั่วแดงหลวงพบว่าเมื่อคลุกเมล็ดด้วยสาร thiamethoxam 35 g a.i.+ NPK มีความงอกดีที่สุด การใช้ thiamethoxam 70 g a.i. สามารถควบคุม *Diabrotica speciosa* ได้ดีที่สุด การใช้ thiamethoxam 140 g a.i. + NPK สามารถสร้างปมได้จำนวนสูงที่สุด และผลผลิตของถั่วแดงหลวง (*Phaseolus vulgaris*) สูงสุดเมื่อใช้ปุ๋ย N P K เพียงอย่างเดียว และการคลุกเมล็ดด้วย thiamethoxam 70 g a.i.+ N P K ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด (Kuhar *et al*., 2002)

ในการศึกษาการเคลือบเมล็ดป่าน (flax) ด้วย thiamethoxam 280, 350 และ 600 กรัม/ลิตร พบว่าการเคลือบเมล็ดป่านด้วย thiamethoxam 350 กรัม/ลิตร ที่อัตรา 9.1 และ 18.2 g a.i./kg seed มีผลต่อความเป็นพิษ ส่วนการใช้ thiamethoxam 350 และ 600 กรัม/ลิตร ที่อัตรา 1.1 g a.i./kg seed และอัตราที่สูงกว่า สามารถควบคุม flea beetle ได้ ส่วนการใช้ thiamethoxam 280 กรัม/ลิตร ที่อัตรา 1.1 g a.i./kg seed มีความสามารถในการควบคุม flea beetle ได้ไม่แตกต่างจากการฉีดพ่น และการใช้ thiamethoxam 600 กรัม/ลิตร ที่อัตรา 0.6 g a.i./kg seed ไม่สามารถป้องกับ flea beetle ได้ (Huiting and Ester, 2007)

ธิดารัตน์และบุญมี (2553) ศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันโรคและแมลง ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม พบว่า เมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสมที่ผ่านการเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันโรคและแมลง เช่น เมล็ดที่เคลือบด้วย imidacloprid และเมล็ดที่เคลือบด้วย imidacloprid ที่เก็บรักษาในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม มีความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่า เมล็ดที่ไม่ได้เคลือบสาร

Schulz *et al.* (2007) ศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ได้แก่ สาร thiamethoxam และ imidacloprid ใช้คลุกเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อป้องกันแมลงศัตรู จากการศึกษาในเรือนทดลองและแปลงทดสอบที่ Michican state University ประเมินผลผลิตของถั่วเหลืองและการพัฒนาของพืชได้แก่ ทรงต้น ความสูง ราก ลำต้น และการพัฒนาของใบพบว่า สารทั้ง 2 ชนิด มีผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำให้ถั่วเหลืองมีลำต้นตั้งตรง สูงเร็ว แต่ไม่ทำให้ความเข้มข้นของ Chlorophyll และจำนวนฝักเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการแพร่กระจายของประชากร periodic aphid ด้วย

Huting *et al.* (2007) ศึกษาการเคลือบเมล็ดด้วย thiamethoxam สูตร 280 g/l, 350 g/l และ 600 g/l พบว่าการใช้ thiamethoxam 350 g/l ที่ 9.1 และ 18.2 g a.i/kg seed มีผลต่อความงอก และความเป็นพิษ การใช้ thiamethoxam 350 g/l และ 600 g/l ที่ 1.1 g a.i และ อัตราที่สูงกว่าสามารถควบคุม flea beettle ได้ ส่วนการใช้ thiamethoxam 600 g/l ที่ 0.6 g a.i/kg ไม่สามารถป้องกันได้

สำหรับในเมล็ดพันธุ์ข้าว จากการคลุกเมล็ดด้วยสารเคมี imidacloprid (Gaucho 600FS) เพื่อศึกษาความแตกต่างของอัตราการใช้ที่มีผลต่อความงอกและการเจริญเติบโตในระยะแรกของข้าว พบว่า การใช้ imidacloprid ติดต่อกัน 4 วัน ในอัตรา 2,000 mg a.i/liters ทำให้ความงอกลดลง 18 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบในข้าว 15 พันธุ์ จากการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ 9 วันหลังการเพาะ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการใช้ imidacloprid กับ control ในด้านความยาวยอดและน้ำหนักแห้งของราก (Stevens *et al*., 2008)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระหว่างการงอก

การงอกของเมล็ดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ดข้าว ซึ่งเริ่มเกิดขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกซึมเข้าไปภายในเมล็ดข้าว ทำให้เอนไซม์ถูกกระตุ้นการทำงาน เช่น อะไมเลส ย่อยสารประเภทคาร์โบไฮเดรตให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และโปรตีเอส ย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน ระยะเวลางอกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และเมื่อระยะเวลางอกเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลางอก (Palmiano and Juliano, 1972) ในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดธัญพืช ซึ่งเนื้อเยื่อประกอบด้วยเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ไม่มีการสังเคราะห์เอนไซม์ แต่จะอาศัยการสังเคราะห์เอนไซม์ในเนื้อเยื่อชั้นแอลิวโรน เช่น การสังเคราะห์ แอลฟาอะไมเลส เซลล์ในเอนโดสเปิร์มพวกธัญพืชและพืชตระกูลหญ้า แป้งจะถูกย่อยแบบไฮโดรไลซิส โดยแอลฟาอะไมเลสที่ปลดปล่อยออกมาจากเนื้อเยื่อชั้นแอลิวโรน แอลฟาอะไมเลสจะย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มให้กลายเป็นน้ำตาลซึ่งจะถูกสะคิวเทลลัมดูดเข้าไปเพื่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (Jones and Stoddard, 1977)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suttajit *et al.* (2006) ที่วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก (phenolic compounds) ทั้งหมดในข้าวไทย 49 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าระหว่าง 0.0707-3.636 มิลลิกรัมต่อกรัม ความแตกต่างที่กว้างนี้อาจมีสาเหตุจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกันก็ได้ สารประกอบฟีนอลิก เป็น secondary metabolites ที่พบมากในเมล็ดพืช ผล และเนื้อเยื่อส่วนอื่นของพืช สังเคราะห์ขึ้นโดย Shikimate-phenylpropanoids-flavonoids pathways มีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดสี (pigments) ต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ และช่วยให้พืชมีความต้านทานเชื้อโรค รวมถึงหน้าที่อื่นอีกหลายประการ (Lattanzio *et al*., 2006) สารประกอบฟีนอลิกแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ performed phenolics คือฟีนอลิกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นตามธรรมชาติขณะเจริญเติบโตและพัฒนาตามปกติ กับ induced phenolics คือฟีนอลิกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเมื่อพืชตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น ได้รับบาดแผลทางกายภาพ ถูกเชื้อโรคเข้าทำลาย หรือประสบความเครียดต่างๆ เช่นแสงอุลตราไวโอเล็ต อุณหภูมิไม่เหมาะสม โลหะหนัก เป็นต้น จัดเป็นกลไกการป้องกันตนเองของพืช (defense mechanism) Williams and Hoagland (1982) กล่าวว่าสารประกอบฟีนอลิกอาจเกิดขึ้นอิสระหรืออาจจับกับน้ำตาลก็ได้ มีการศึกษาพบว่าสารฟีนอลิกมีผลต่อหลายกระบวนการในพืช เช่น มีผลยับยั้งการงอก (allelopathic) มีผลต่อการสังเคราะห์แสง การสร้างคลอโรฟิลล์ ปฏิกิริยาการดูดใช้น้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำในพืช การสังเคราะห์โปรตีน การหายใจ และการซึมผ่านเยื่อ (membrane permeability) การสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกมักไปด้วยกันกับการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง สารฟีนอลิกมีผลป้องกันความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidative damage) เป็นสารที่ให้ธาตุโลหะ และเป็นสารประเภท signalling agent นอกจากนี้ Lattanzio *et al*. (2006) ยังรายงานว่าการสังเคราะห์ฟีนอลิกส์ในพืชเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนออกซินด้วย

งานวิจัยเกี่ยวกับสารฟีนอลิกส่วนใหญ่กล่าวถึงสารประกอบฟีนอลิกในทางยับยั้งการงอก ซึ่งมีผลคล้ายกรดแอบซิสสิค (ABA) เช่นในเมล็ดพืชทะเลทรายจะมีสารฟีนอลิกสูงทำให้เมล็ดมีการพักตัว และเมื่อเมล็ดได้รับน้ำเพียงพอ ฟีนอลิกซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้จะถูกชะล้างไปทำให้เมล็ดงอกได้ Williams and Hoagland (1982) พบว่าสารฟีนอลิกเกิดตามธรรมชาติในเมล็ดพืช 9 ชนิด (ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย แคนตาลูป และวัชพืชบางชนิด) เช่น caumarin สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ ในขณะที่ฟีนอลิกบางชนิดไม่มีผลต่อการงอก เขากล่าวว่าสารฟีนอลิกในความเข้มข้นที่สูงไม่มีผลต่อการงอก จึงน่าจะไม่ใช่สารที่มีผลเชิงอัลลีโลพาธีมากนัก Colpas *et al*. (2003) พบว่าสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ caumarin, ferulic acid และ naringenin ยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองได้ แต่มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos (2010) ตรวจวัดปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดพืชที่รับประทานได้ที่กำลังงอก 13 ชนิด เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วเขียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ถั่วเหลือง คะน้า หอม บรอคคอลี พบว่าต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะมีฟีนอลิกสูงกว่าเมล็ดที่กำลังพักตัวและเมล็ดที่เริ่มดูดน้ำ จึงกล่าวได้ว่าเมล็ดงอกของพืชที่รับประทานได้จัดเป็นแหล่งสำคัญของฟีนอลิก ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย

McCue *et al*. (2000) ตั้งสมมุติฐานว่าการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์และการยืดตัวของเซลล์โดยสภาพกรดนั้น ถูกควบคุมด้วยวิถี PPP (pentose-phosphate pathway) จากการทดลองเขาพบว่าสภาพ pH ต่ำและกรดซาลิไซลิกที่ให้แก่เมล็ดถั่วลันเตาทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยมีความยาวและน้ำหนักของต้นกล้ามากกว่าตำรับควบคุม จากการวัดปริมาณฟีนอลิกในใบของต้นกล้าพบว่ามีการสังเคราะห์ฟีนอลิกเพิ่มขึ้น เขาให้เหตุผลว่าสภาพ pH ต่ำและกรดซาลิไซลิกที่ให้แก่เมล็ดถั่วลันเตาทำให้ขบวนการ PPP สร้างสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฟีนอลิก ซึ่งเป็น secondary metabolite ได้สูงขึ้น และจากการวัดเอนไซม์ G6PDH และปริมาณโพรลีน ซึ่งเป็นตัวชี้วัด PPP ก็มีสูงขึ้นด้วย

ปริมาณโปรตีนรวมมีส่วนสำคัญในระหว่างการงอกของเมล็ด การสังเคราะห์โปรตีนมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการงอกของเมล็ด ในเมล็ดแห้งพบว่ามี mRNA อยู่ 2 พวก ได้แก่ 1) residual mRNA เป็น mRNA ที่สร้างขึ้นระหว่างที่เมล็ดกำลังพัฒนา ในช่วงที่เมล็ดแก่ mRNA พวกนี้ไม่จำเป็นต่อการงอกและอาจสลายไปเมื่อเมล็ดมีการดูดน้ำ 2) stored หรือ conserved mRNA เป็น mRNA ที่สะสมตั้งแต่เมล็ดกำลังพัฒนาอยู่บนต้นแม่ และจะทำหน้าที่ทันทีที่เมล็ดมีการดูดน้ำ mRNA นี้จะถูก translate ไปเป็นโปรตีนในระหว่างการงอก (วันชัย, 2553) ในเมล็ดแห้งก่อนการงอกพบว่ามีองค์ประกอบที่สามารถใช้สังเคราะห์โปรตีนได้อยู่แล้ว เช่นไรโบโซม ทรานสเฟอร์อาร์เอนเอ กรดอะมิโนและเอนไซม์บางชนิด เมื่อเมล็ดมีการดูดน้ำก็จะสามารถสร้างโปรตีนได้ การสังเคราะห์โปรตีนเกิดทั้งในต้นอ่อนและในใบเลี้ยงของต้นกล้า ปริมาณโปรตีนที่ตรวจวัดขณะเมล็ดงอกเป็นการวัดปริมาณรวมของเอนไซม์ด้วย ในกรณีของเมล็ดข้าวซึ่งอาหารสะสมส่วนใหญ่อยู่ในเอนโดสเปิร์มซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีชีวิตนั้น เอนโดสเปิร์มจะไม่มีการสังเคราะห์เอนไซม์ แต่จะอาศัยการสังเคราะห์เอนไซม์ในเนื้อเยื่อชั้นแอลิวโรน เช่นการสังเคราะห์แอลฟาอะไมเลสเป็นต้น Brennan *et al*. (2008) กล่าวว่าเมล็ดข้าวที่กำลังงอกจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ อาหารเช่นสตาร์ชที่เก็บสะสมในเมล็ดจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่มีมากขึ้น ทำให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลและนำไปใช้ในการงอก สำหรับในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงที่สุดประมาณ 8 วันหลังเพาะ (วันชัย, 2553) ในเมล็ดข้าวนั้น Palmiano และ Juliano (1972) รายงานว่ากิจกรรมแอลฟาอะไมเลสสูงที่สุดที่ 5 วันหลังเพาะ ส่วนปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โปรตีน (crude protein) ลดลงหลังจาก 2 วันหลังเพาะ ขณะที่โปรตีนที่ละลายน้ำได้ (soluble protein) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 6 วันหลังเพาะ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของโปรตีนที่ละลายน้ำได้นี้ มาจากการย่อยสลายของกลูเตลินโดยเอนไซม์โปรตีเอสและจากการสังเคราะห์เอนไซม์อื่นจากกรดอะมิโนอิสระ นอกจากนี้ในช่วงของการงอก เมล็ดจะสังเคราะห์ดีเอ็นเอและอาร์เอนเอซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนสูงขึ้นด้วย McCue *et al*. (2000) รายงานว่าการให้กรดซาลิไซลิกและ pH ต่ำ ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วลันเตาที่กำลังงอกที่อายุ 8 วันหลังเพาะสูงขึ้น สัมพันธ์กับความแข็งแรงของต้นกล้าที่สูงขึ้นด้วย (ความสูงและน้ำหนักของต้นกล้าเพิ่มขึ้น)

สุดารัตน์ (2548) ศึกษาการงอกที่มีต่อกิจกรรมและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องและ ข้าวกล้องมันปู (ข้าวแดง) การทดลองทำได้โดยแช่ข้าวในน้ำ 6 ชั่วโมง รินน้ำทิ้ง และผันแปรระยะเวลาในการเพาะเป็นเวลา 0, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง นำข้าวที่ได้ไปอบแห้งโดยตู้อบลมร้อน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดโดยใช้หลักการทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ผลการศึกษาพบว่าทั้งตัวอย่างควบคุมและข้าวงอก ข้าวแดงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า ข้าวกล้อง ข้าวทั้งสองชนิดมีปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะ

Tian *et al.* (2004) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดฟีนอลิกในข้าวกล้องระหว่างงอกและวิเคราะห์ปริมาณ soluble phenolic และ insoluble phenolic compound ในข้าวขาว ข้าวกล้อง พบว่า ข้าวมีปริมาณของ insoluble phenolic compound มากกว่า soluble phenolic compound โดย soluble phenolic compound ประกอบด้วยกรดฟีนอลิกอิสระและhydroxycinnamate sucrose esters ในระหว่างกระบวนการงอก ปริมาณ feruloylsucrose และ sinapoxylsucrose ลดลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณกรดเฟอร์รูลิกอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณของ insoluble phenolic compound พบว่า ในข้าวกล้องงอกมีปริมาณ insoluble phenolic compound ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 18.47 mg/100 g flour เป็น 24.78 mg/100 g flour นอกจากนี้ ข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวขาว เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่พบในส่วนที่เป็นรำ (bran) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกในข้าวกล้องงอก เป็นการเพิ่มขึ้นในรูปของกรดฟีนอลิก เมื่อถูกย่อยด้วยด่าง จึงมีผลให้ข้าวกล้องงอกมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) เพิ่มสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัมพร (2543) ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการผลิตเมล็ดพืชงอก พบว่า เมล็ดข้าวงอกที่เวลาเพาะ 72 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (2637.60 mg glucose/100 g wt) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (129 mg glucose/100 g wt) และเมล็ดถั่วลิสงงอกที่เวลาเพาะ 72 ชั่วโมงมีปริมาณโปรตีน (32.91%) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (29.51%) สำหรับเมล็ดข้าวโพดงอกมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใย (9.02% และ 2.61%) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (8.47% และ 2.07%) Lowe *et al*. (1972) รายงานว่ามีความสัมพันธ์อย่างสูงของปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนใน American semidwarf wheat และ Palmiano and Juliano (1972) รายงานว่าระดับโปรตีนในเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดที่งอกในที่มืดมากกว่าในที่มีแสง และความงอกจะเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 6 หลังจากนั้น ความงอกของเมล็ดจะค่อยๆลดลง Baalbaki (1989) พบว่า ในเมล็ดข้าวสาลีเมล็ดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากจะมีโปรตีนสูงกว่าและสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดที่มีน้ำหนักน้อยหรือมีโปรตีนต่ำกว่า และเมื่อนำเมล็ดที่มีโปรตีนสูงไปปลูกจะให้ผลผลิตสูงกว่าเมล็ดที่มีโปรตีนต่ำ

Palmiano and Juliano (1972) รายงานว่า เมื่อระยะเวลางอกเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นทางสถิติ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลางอก ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะย่อยคาร์โบไฮเดรต (อะไมโลส และอะไมโลเพกทิน) ไปเป็นเดกซ์ทรินและมอโนแซ็กคาไรด์เพื่อใช้ในการเจริญของต้นอ่อน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสซึ่งย่อยอะไมเลสและอะไมโลเพกตินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการงอก และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของโปรตีนและแป้งในกิจกรรมการย่อยเอนโดสเปิร์มในข้าว ในช่วงสัปดาห์แรกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในที่มืดมากกว่าที่มีแสง กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการงอกของเมล็ด

นิตย์และคณะ (2550) รายงานว่า ปริมาณแอลฟาอะไมเลสในเมล็ดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความงอกภายหลังการเร่งอายุ แสดงว่าปริมาณแอลฟาอะไมเลสมีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี Nagato *et al.* (1989) รายงานว่า ทั้งอวัยวะและเนื้อเยื่อต้องมีการเหนี่ยวนำแอลฟาอะไมเลสในเอนโดสเปิร์มในการสร้างต้นอ่อนของพืช Akawa and Hara-Mishimura (1985) รายงานว่า ตลอดระยะเวลาการงอกของธัญพืช แอลฟาอะไมเลสใน aleurone layer มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายแป้งไปเป็นน้ำตาลซึ่งจะให้พลังงานสำหรับการเจริญไปเป็นรากและลำต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าว

ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลิตโดยศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

2. อุปกรณ์เพาะเมล็ด

2.1 กระดาษเพาะเมล็ด
2.2 กระถาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว
2.3 ปากคีบ
2.4 ตะกร้าพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว
2.5 ถุงพลาสติกขนาด 8 x 10 นิ้ว
2.6 ถุงโพลีเอทธีลีน

3. อุปกรณ์ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา

3.1 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
3.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิต่ำ (refriguated centrifuge)
3.3 ตู้แช่แข็งควบคุมอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส
3.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS spectophotometer)
3.5 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter)
3.6 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ เช่น ตู้อบลมร้อน (hot air oven) โถดูดความชื้น เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

ศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอก และความแข็งแรง ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผลิตโดยศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ผลของสารคลุกเมล็ดไทอะมีโทแซมต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และ การทดลองที่ 2 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดต่อความงอก ความแข็งแรง และลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลองมีคุณภาพเบื้องต้นดังนี้ เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน 2552 ความชื้นของเมล็ด 10.27 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 2.48 กรัม ความงอกเริ่มต้น 86.5 เปอร์เซ็นต์ ความงอกในสภาพไร่ 85.5 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน 2553 ความชื้นของเมล็ด 10.43 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 2.67 กรัม ความงอกเริ่มต้น 95.5 เปอร์เซ็นต์ ความงอกในสภาพไร่ 85.5 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1 ผลของสารไทอะมีโทแซมต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่คลุกสารไทอะมีโทแซม (Cruiser® 25 WG) 4 อัตรา คือ 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 3 ลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ใส่ลงในถุงพลาสติก จากนั้นเติมสารไทอะมีโทแซมในอัตราที่กำหนด เขย่าถุงเพื่อให้สารเคลือบภายในถุง จากนั้นนำเมล็ดใส่ลงในถุง เขย่าให้เมล็ดคลุกกับสารละลายประมาณ 2-3 นาที จนกระทั่งสารเคลือบอยู่บนผิวของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างทั่วถึง ผึ่งเมล็ดให้มีความชื้นใกล้เคียงระดับเดิม (ตารางผนวกที่ 1) บรรจุเมล็ดในถุงกระดาษ กว้าง 16 x 35 เซนติเมตร นำมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 ความชื้นของเมล็ด (seed moisture content)

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม และไม่ผ่านการคลุกสารจำนวน 20 เมล็ด 4 ซ้ำ ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามมาตรฐานเปียก (wet weight basis)

$$\text{ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \times 100$$

1.2 ความงอกมาตรฐาน (standard germination)

เพาะเมล็ดในกระดาษเพาะแบบ between paper (ISTA, 2006) จำนวน 50 เมล็ด 4 ซ้ำ บนกระดาษ 2 แผ่นปิดทับด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง ม้วนกระดาษวางในตู้เพาะที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นับจำนวนต้นกล้าที่งอกในวันที่ 7 และ 14 วันหลังการเพาะ จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ความงอกของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

1.3 ความงอกในไร่ (field emergence test)

เพาะเมล็ดในกระบะที่บรรจุดินนาจำนวน 50 เมล็ด 4 ซ้ำ นับจำนวนต้นกล้าที่งอกในวันที่ 7, 14 และ 21 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ความงอกในไร่ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

1.4 ความยาวราก (root length) สุ่มตัวอย่างต้นกล้าที่งอกปกติมาซ้ำละ 20 ต้น วัดความยาวราก (ซม.) โดยวัดจากข้อแรกจนถึงปลายรากเมื่อข้าวอายุได้ 7 และ 14 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 ความยาวส่วนยอด (shoot length) สุ่มตัวอย่างต้นกล้าที่งอกปกติมาซ้ำละ 20 ต้น วัดความยาวของต้น (ซม.) โดยวัดจากข้อแรกจนถึงปลายใบ เมื่อข้าวอายุได้ 7 และ 14 วัน

การทดลองที่ 2 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดต่อความงอก ความแข็งแรง และลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

วางใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกได้แก่ สารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ได้แก่ สารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 มิลลิลิตร ต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร และสารอิมิดาคลอพริด อัตรา 5 กรัม ต่อเมล็ด 30 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร ปัจจัยที่สองได้แก่ เมล็ดปกติ (unaged seed) ซึ่งมีความงอกเฉลี่ย 93.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 เดือน กับเมล็ดเร่งอายุ (aged seed) ซึ่งมีความงอกเฉลี่ย 83.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน ตามด้วยการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ปกติ (ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 2 วัน

2.1 วิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซม (Cruiser® 25 WG) อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 3 ลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม และอิมิดาคลอพริด (Gaucho® 70 WS) อัตรา 5 กรัม น้ำ 3 ลิตรต่อเมล็ด 30 กิโลกรัม เติมสารคลุกเมล็ดตามอัตราที่กำหนด เขย่าถุงเพื่อให้สารเคลือบภายในถุง จากนั้นนำเมล็ดใส่ลงในถุง เขย่าให้เมล็ดคลุกกับสารละลายประมาณ 2-3 นาที จนกระทั่งสารเคลือบอยู่บนผิวของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างทั่วถึง ผึ่งเมล็ดให้มีความชื้นใกล้เคียงระดับเดิม (ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดูตารางผนวกที่ 1) บรรจุเมล็ดในถุงโพลีเอทธีลีน ก่อนนำไปศึกษาความงอก ความแข็งแรง และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ

2.2 ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ตามวิธีการในการทดลองที่ 1

2.3 วิเคราะห์ลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการขณะเมล็ดงอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.1 สารประกอบฟีนอลิก

วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินในรูปสารประกอบฟีนอลิก (AOAC, 2000) (ภาคผนวกที่ 2)

นำตัวอย่างเมล็ดหรือต้นกล้าข้าวมาบดด้วยโกร่ง โดยเติมไนโตรเจนเหลว แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วปริมาณ 50 มิลลิกรัม เติมเอทานอล 2.5 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 0°C 48-72 ชั่วโมง ทำให้ตัวอย่างพืชมีความสม่ำเสมอโดยใช้ Tissue Tearer™ (Biospec Products, Bartlesville, OK) จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 18,000 รอบต่อนาที 8-10 นาที ดูดส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำ 5 มิลลิลิตร 50% folin-ciocalteu,s phenol reagent 0.5 มิลลิลิตร (2N, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) จากนั้นนำไป vortex แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติม 5% (w/v) sodium bicarbonate 1 ml นำไป vortex และทิ้งไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไป vortex ก่อนนำไปวิเคราะห์หา phenolic ที่ช่วงแสง 725 nm

กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์สารฟีโนลิคทั้งหมดได้จากการทำ tannic acid ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75, 100, 150 และ 200 µg/ml และสร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 725 nm

2.3.2 ปริมาณโปรตีน

วัดปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Lawry *et al*. (1951) (ภาคผนวกที่ 2)

เตรียม Reagent A และ Reagent B ดังนี้ Reagent A ประกอบด้วย 100 ml ของ 1% $CuSO_4$ $5H_2O$, 100 ml of 2% NaK C_4H_4O $4H_2O$ และ 1,000 ml of 2% Na_2CO_3 ใน 0.1 N NaOH (อัตราส่วน 1:1:100)

Reagent B ประกอบด้วย 1N Folin phenol reagen และ 1(2N Folin phenol reagent): 1 (น้ำกลั่น) วัดปริมาณโปรตีนโดยวิธีเปรียบเทียบกับความเข้มข้นโปรตีนมาตรฐาน BSA (bovina serum albumin) เติม 100 µl ของตัวอย่างลงใน 3 มิลลิลิตร Reagent A ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาทีเติม 300 µl Reagent B ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่า OD ที่ความยาวคลื่น 600 nm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.3 ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (amylase)

วัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลสโดยวิธี DNS method (Nelson-Somogyi method) (Nelson, 1944) (ภาคผนวกที่ 3)

เตรียมสารละลายกลูโคสเจือจางตั้งแต่ 0.3-5 micromoles ต่อมิลลิลิตร จำนวน 10 ระดับปิเปตสารละลาย กลูโคส 1 มิลลิลิตร เติม DNS 1 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาทีและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันอ่านค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ปิเปต 0.5 มิลลิลิตรของสารละลายเอนไซม์ บ่มที่ 25°C 3-4 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาที่แน่นอนเติม สารละลายแป้ง 0.5 มิลลิลิตร (บ่ม 25°C 3 นาที) เติมสารละลาย DNS 1 มิลลิลิตรนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาทีแล้วจึงทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเจือจางสารละลายด้วยน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน อ่านค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับกราฟมาตราฐานของกลูโคส

2.3.4 ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส

$$\text{หนึ่งหน่วยเอนไซม์/มก.} = \frac{\text{ปริมาณของกลูโคสเป็นไมโครโมลที่ถูกย่อยออกมา}}{\text{มิลลิกรัมของเอนไซม์ในสารละลายที่ทำปฏิกิริยา} * 3 \text{ นาที}}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สถานที่ทำการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์และวัชพืช ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

2. เรือนทดลอง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

3. หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีเทคโนโลยีเอนไซม์ และการจัดการของเสีย ฝ่ายนาโนเทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

7. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 เริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2553 ถึง กันยายน 2553

การทดลองที่ 2 เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2553 ถึง เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลของสารคลุกเมล็ดไทอะมีโทแซมต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.1 ความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพไร่

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่า ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตราต่างๆ 3 อัตรา (2.5, 5.0 และ 7.5 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร) และเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การคลุกสารมีแนวโน้มทำให้ความงอกสูงขึ้น โดยเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 มิลลิลิตร มีความงอกมาตรฐานสูงที่สุด คือ 89.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคืออัตรา 2.5, 5.0 และไม่คลุกสาร คือ 87.5, 86.5 และ 85.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับความงอกมาตรฐานคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5 มิลลิลิตร มีค่าความงอกในสภาพไร่สูงที่สุด คือ 86.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 2.5 มิลลิลิตรมีความงอกในสภาพไร่คือ 84.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 7.5 มิลลิลิตร และเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร มีความงอกในสภาพไร่ต่ำที่สุดคือ 83.5 และ 81.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Welty (2007) ศึกษาการคลุกสารไทอะมีโทแซมในเมล็ดฟักทอง รายงานถึงผลของสารไทอะมีโทแซมที่ช่วยเพิ่มความงอกของเมล็ดฟักทองเช่นกัน โดยพบว่า การคลุกเมล็ดฟักทองด้วยสารไทอะมีโทแซมอัตรา 0.4 มิลลิกรัม เมล็ดจะมีความงอกที่เพาะในดินสูงที่สุด คือ 80% รองลงมาคือการคลุกไทอะมีโทแซม อัตรา 0.75 มิลลิกรัม เมล็ดมีความงอกในดิน 67% ขณะที่เมล็ดที่ไม่คลุกสารมีความงอกในดินต่ำที่สุด คือ 62% และจากการทดสอบความงอกในกระดาษเพาะก็ให้ผลในเชิงบวกที่ชัดเจนคือไทอะมีโทแซมที่อัตรา 0.4 มิลลิกรัมทำให้เมล็ดฟักทองมีความงอก 97% ไทอะมีโทแซมอัตรา 0.75 มิลลิกรัม เมล็ดฟักทองมีความงอก 99% ส่วนเมล็ดที่ไม่คลุกสารมีความงอกในกระดาษเพาะเพียง 79% เท่านั้น ผลจากการทดลองนี้อาจเป็นไปได้ว่าสารไทอะมีโทแซมมีส่วนส่งเสริมหรือกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวในทำนองเดียวกับผลการทดลองในเมล็ดฟักทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ชนิดสาร	ความงอกมาตรฐานของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพไร่ (เปอร์เซ็นต์)
ไม่คลุกสาร	85.0	81.5 b[1]
ไทอะมีโทแซมอัตรา 2.5 มล.	87.5	84.0 ab
ไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มล.	89.0	86.5 a
ไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มล.	86.5	83.5 b
ค่าเฉลี่ย	87.0	83.9
F-test	ns	*
C.V. (%)	2.25	2.20

หมายเหตุ [1]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.2 ความยาวรากที่ 7 และ 14 วัน

เมล็ดข้าวที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5 มิลลิลิตร มีความยาวรากที่ระยะ 7 วันหลังเพาะมากที่สุด คือ 10.43 เซนติเมตร รองลงมาคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 7.5 มิลลิลิตร และอัตรา 2.5 มิลลิลิตร เท่ากับ 9.08 และ 8.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารมีความยาวรากน้อยที่สุด คือ 7.33 เซนติเมตร สำหรับความยาวรากที่ 14 วัน พบผลในทำนองเดียวกันคือ เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 มิลลิลิตรมีความยาวรากสูงที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติจากการคลุกในอัตรา 7.5 มิลลิลิตร โดยมีความยาวรากเท่ากับ 15.33 และ 14.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 2.5 มิลลิลิตร และเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารมีความยาวรากน้อยที่สุด คือ 11.65 และ 10.43 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 2) การที่สารไทอะมีโทแซมมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากนี้ อาจเป็นไปได้ว่า สารไทอะมีโทแซมมีส่วนช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาทางสรีรวิทยาบางประการในระหว่างการงอกของเมล็ดข้าว ทั้งนี้ Maienfisch *et al*. (2001) กล่าวว่าสารไทอะมีโทแซมอาจเกิดการแตกตัวทำให้เกิดปฏิกริยาเร่งขบวนการสำคัญในพืช ทำให้พืชแข็งแรง เติบโตดี และระบบรากแข็งแรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวรากที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ชนิดสาร	ความยาวรากที่ 7 วัน (ซม.)	ความยาวรากที่ 14 วัน (ซม.)
ไม่คลุกสาร	7.33 c	10.43 b[1]
ไทอะมีโทแซมอัตรา 2.5 มล.	8.45 b	11.65 b
ไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มล.	10.43 a	15.33 a
ไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มล.	9.08 b	14.03 a
ค่าเฉลี่ย	8.82	12.86
F-test	**	**
C.V. (%)	8.00	10.64

หมายเหตุ [1]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1.3 ความยาวส่วนยอดที่ 7 และ 14 วัน

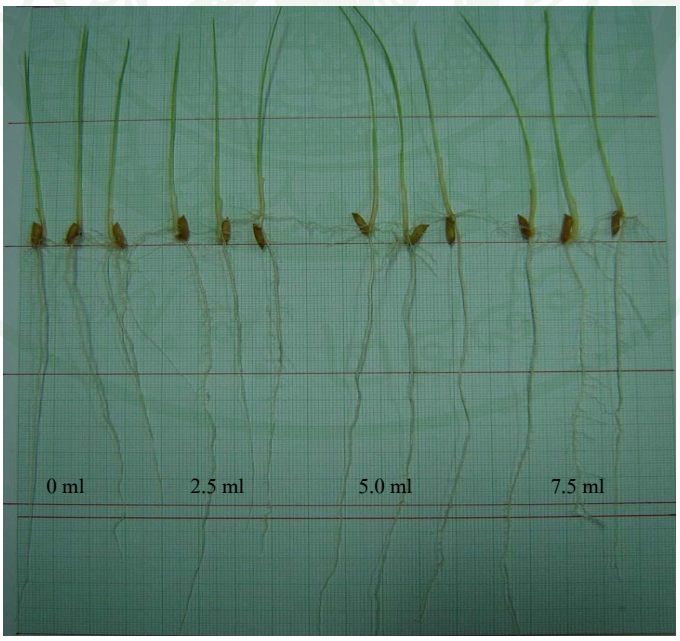
เมล็ดข้าวที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กก. มีความยาวส่วนยอดที่ระยะ 7 วันหลังเพาะมากที่สุด คือ 9.30 เซนติเมตร รองลงมาคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มิลลิลิตร และอัตรา 2.5 มิลลิลิตร เท่ากับ 8.75 และ 8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารมีความยาวส่วนยอดน้อยที่สุด คือ 7.60 เซนติเมตร ส่วนความยาวยอดที่ 14 วัน เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 มิลลิลิตร มีความยาวส่วนยอดมากที่สุดเช่นกันคือ 17.20 เซนติเมตร รองลงมาคือ เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 2.5 มิลลิลิตร เมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร และเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มิลลิลิตรเท่ากับ 13.25 12.25 และ 11.80 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3) ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Horii *et al*. (2007) ซึ่งศึกษาผลของการคลุกสารไทอะมีโทแซมในเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตา ถั่วเหลือง และข้าวโพด พบว่าสารไทอะมีโทแซมสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 3 ชนิดได้ โดยมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด น้ำหนักและความสูงของต้นกล้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวยอดที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ชนิดสาร	ความยาวยอดที่ 7 วัน (เซนติเมตร)	ความยาวยอดที่ 14 วัน (เซนติเมตร)
ไม่คลุกสาร	7.60 c	12.25 b[1]
ไทอะมีโทแซมอัตรา 2.5 มล.	8.30 b	13.25 b
ไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มล.	9.30 a	17.20 a
ไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มล.	8.75 b	11.80 b
ค่าเฉลี่ย	8.49	13.63
F-test	**	**
C.V. (%)	3.80	12.56

หมายเหตุ [1]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 ลักษณะต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตราต่างๆ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่คลุกสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดต่อความงอก ความแข็งแรง และลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

2.1 ความงอกมาตรฐาน

จากการศึกษาผลของสารไทอะมีโทแซมและสารอิมิดาคลอพริด ซึ่งเป็นสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยเปรียบเทียบเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/เมล็ด 25 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราที่ให้ผลดีที่สุดต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวจากการทดลองที่ 1 กับการคลุกสารอิมิดาคลอพริดที่อัตรา 5 กรัม/เมล็ด 30 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 2 ล็อท คือเมล็ดปกติ (ความงอก 93.3 เปอร์เซ็นต์) กับเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ (ความงอก 83.8 เปอร์เซ็นต์) พบผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 กล่าวคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมมีความงอกเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (89.0 กับ 87.4 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริดมีความงอกปานกลาง (88.3 เปอร์เซ็นต์) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารนิโอนีโคตินอยด์กับล็อทเมล็ดพันธุ์ คือพบว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุไม่ตอบสนองต่อสารทั้ง 2 ชนิด ขณะที่เมล็ดปกติตอบสนองต่อการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซม มีผลทำให้ความงอกสูงกว่าการไม่คลุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (94.5 กับ 92.3 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริดมีแนวโน้มว่าความงอกสูงกว่าการไม่คลุกสารเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (93.5 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้จากการศึกษาผลของการคลุกสารไทอะมีโทแซมในเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตา ถั่วเหลือง และข้าวโพดของ Horri *et al.* (2007) ก็พบว่า สารไทอะมีโทแซมมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิดเช่นกัน Jardine and Bowden (2008) กล่าวสอดคล้องกันว่าการใช้สารเคมีป้องกันโรคและแมลงบางชนิด นอกจากควบคุมโรคและแมลงแล้ว ยังสามารถกระตุ้นการงอก การเจริญเติบโต และการตั้งตัวของต้นกล้าได้ดี อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการเร่งอายุกลับไม่ตอบสนองต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาเบื้องต้น ที่พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เสื่อมความงอกไประดับหนึ่ง ตอบสนองดีต่อการใช้สารไทอะมีโทแซม (อัตรา 5 มล./เมล็ด 25 กก.) โดยทำให้ความงอกมาตรฐานเพิ่มจาก 83.0 เป็น 88.0 เปอร์เซ็นต์ (พัชราวลัยและคณะ, 2553) Jardine and Bowden (2008) รายงานทำนองเดียวกันว่า ถ้าอัตราการงอกของเมล็ดค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) การคลุกเมล็ดด้วยสารป้องกันจำกัดแมลงบางชนิดสามารถช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดได้ และการคลุกเมล็ดบางครั้งสามารถช่วยปรับปรุงการตั้งตัวของเมล็ดได้ สำหรับการทดลองนี้อาจเป็นไปได้ว่า เมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุและมีความงอกลดลงไประดับหนึ่งนั้น เป็นเมล็ดที่ผ่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเร่งอายุโดยใช้อุณหภูมิสูง ขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นนั้นเป็นเมล็ดเก่าที่เสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติภายใต้อุณหภูมิปกติ ซึ่งอาจมีผลต่อการตอบสนองต่อสารนีโอนิโคตินอยด์ได้

ตารางที่ 4 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติ (ไม่ผ่านการเร่งอายุ)และเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 92.3 b[2]	B 82.5 a	87.4 b
ไทอะมีโทแซม	A 94.5 a	B 83.5 a	89.0 a
อิมิดาคลอพริด	A 93.5 ab	B 83.0 a	88.3 ab
ค่าเฉลี่ย	A 93.4	B 83.0	C.V. (%) = 12

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.01, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.79, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.36

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

2.2 ความงอกในสภาพไร่

ผลการทดสอบความงอกในสภาพไร่ดังแสดงในตารางที่ 5 ก็พบผลในทำนองเดียวกันกับความงอกมาตรฐาน กล่าวคือเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญต่อการคลุกสารไทอะมีโทแซม ทำให้มีค่าความงอกในสภาพไร่สูงกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร (86.5 กับ 83.5 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่เมล็ดที่ผ่านการคลุกด้วยสารอิมิดาคลอพริดมีความงอกในสภาพไร่ปาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลาง (85.5 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการเร่งอายุนั้น ไม่ตอบสนองต่อสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์เช่นเดียวกับผลการทดสอบความงอกมาตรฐานในตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติ (ไม่ผ่านการเร่งอายุ)และเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความงอกในสภาพไร่(เปอร์เซ็นต์)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 83.5 b[2]	B 77.5 a	80.5 b
ไทอะมีโทแซม	A 86.5 a	B 77.0 a	81.8 a
อิมิดาคลอพริด	A 85.5 ab	B 77.0 a	81.3 ab
ค่าเฉลี่ย	A 85.2	B 77.2	C.V. (%) = 11.5

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.29, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.05, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.82

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

จากการศึกษาผลของ thiamethoxam (50% a.i.) และ imidacloprid (40.7% a.i.) ที่มีต่อความงอก ความงอกในไร่ และผลผลิตของข้าวฟ่างพันธุ์ Pioneer 8212Y, 85Y34 และ 8313 ของ Brown *et al*. (2005) พบว่า เมล็ดที่คลุกสารเคมี thiamethoxam มีความงอกสูงกว่าการคลุกด้วย imidacloprid ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ส่วนเมล็ดข้าวฟ่างที่คลุกด้วย thiamethoxam + fluxofenim มีผลทำให้ความงอกของข้าวฟ่างไม่แตกต่างกันกับการคลุกด้วย imidacloprid + fluxofenim แต่มีความงอกน้อยกว่าการคลุกด้วย thiamethoxam หรือ imidacloprid เพียงอย่างเดียว สำหรับผลผลิตของเมล็ดที่คลุกและไม่คลุกสารเคมีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างที่คลุกด้วย imidacloprid + fluxofenim ให้ผลผลิตสูงที่สุด ในขณะที่การคลุกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

fluxofenim ให้ผลผลิตต่ำที่สุด สำหรับการทดลองในเมล็ดพันธุ์ข้าวบางการทดลองพบว่าสารอิมิดาคลอพริดมีผลลบต่อความงอกได้เช่นกัน Stevens *et al*. (2008) ศึกษาการคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารอิมิดาคลอพริด (imidaclopriid, Gaucho 600FS) ที่มีผลต่อความงอกและการเจริญเติบโตในระยะแรกของข้าวพบว่า การใช้ imidacloprid ติดต่อกัน 4 วัน ในอัตรา 2,000 มิลลิกรัมสารออกฤทธิ์ต่อลิตรทำให้ความงอกลดลง 18 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบในข้าว 15 พันธุ์ ส่วนที่ 9 วันหลังเพาะไม่มีความแตกต่างของการใช้ imidacloprid ในด้านความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งของรากเมื่อเทียบกับ control

2.3 ความยากรากที่ 7 วัน

สำหรับผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อความยากรากที่ 7 วันหลังเพาะ พบว่าการคลุกสารอิมิดาคลอพริดและไทอะมีโทแซมทำให้ความยาวรากที่ 7 วัน ยาวกว่าการไม่คลุกสารคือ 15.0 14.7 และ 14.0 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมล็ดเร่งอายุมีความยาวรากเฉลี่ยน้อยกว่าเมล็ดปกติ (14.83 กับ 14.33 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยพบปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัย คือในเมล็ดปกติ ไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดให้ผลดีใกล้เคียงกัน (ไม่แตกต่างกันทางสถิติ) ขณะที่ในเมล็ดเร่งอายุ พบว่าอิมิดาคลอพริดทำให้รากยาวกว่าไทอะมีโทแซมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.4 ความยาวรากที่ 14 วัน

การคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด ทำให้ความยาวรากที่ 14 วันหลังเพาะยาวกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร คือ 17.1, 16.8 และ 15.7 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยพบปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยคือ ในเมล็ดปกติ เมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม มีค่าความยาวรากสูงที่สุดคือ 17.3 เซนติเมตร รองลงมาคือเมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริด คือ 16.8 เซนติเมตร ส่วนเมล็ดที่ไม่คลุกสารมีความยาวรากน้อยที่สุดคือ 16.2 เซนติเมตร ส่วนในเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม และอิมิดาคลอพริด มีความยาวรากที่ 14 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ยาวกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ เมื่อได้รับสารนีโอนิโคตินอยด์แม้จะไม่ส่งผลให้ความงอกและความงอกในไร่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4 และ 5) แต่ทั้งสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดส่งผลชัดเจนต่อความยาวรากที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะ โดยที่สารทั้งสองชนิดทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวได้ว่าไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดช่วยเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าและเร่งการเจริญเติบโตของรากข้าวได้ ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Anonymous (2006) กล่าวว่าการศึกษาเกี่ยวกับสารคลุกเมล็ดที่มีต่อรากนั้น การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงบางชนิด เช่น สารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์สามารถช่วยปกป้องเมล็ดขณะที่เมล็ดงอก จนไปถึงระยะต้นกล้า โดยจะมีผลต่อรากและต้นอ่อนของพืชทำให้มีการเจริญเติบโตและการตั้งตัวที่ดีขึ้น

ตารางที่ 6 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวรากที่ 7 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความยาวราก (ซม.)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 14.2 b[2]	B 13.8 c	14.0 c
ไทอะมีโทแซม	A 15.2 a	B 14.2 b	14.7 b
อิมิดาคลอพริด	A 15.1 a	B 15.0 a	15.0 a
ค่าเฉลี่ย	A 14.83	B 14.33	C.V. (%) = 13.0

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.15, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.12, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.22

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

2.5 ความยาวส่วนยอดที่ 7 วัน

สำหรับความยาวส่วนยอดที่ 7 วันหลังเพาะ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 4) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างเมล็ดที่ไม่คลุกสาร กับเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม และเมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริด อีกทั้งความยาวส่วนยอดที่ 7 วันของเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 9.6-9.7 เซนติเมตร จึงกล่าวได้ว่าสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของส่วนยอดต้นกล้าในระยะสัปดาห์แรกแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวรากที่ 14 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความยาวราก (ซม.)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 16.2 c[2]	B 15.2 b	15.7 c
ไทอะมีโทแซม	A 17.3 a	B 16.8 a	17.1 a
อิมิดาคลอพริด	A 16.8 b	A 17.0 a	16.8 b
ค่าเฉลี่ย	A 16.8	B 16.3	C.V. (%) = 9.3

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.16, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.13, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.23

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

2.6 ความยาวส่วนยอดที่ 14 วัน

สำหรับความยาวส่วนยอดที่ 14 วันหลังเพาะ กลับพบผลชัดเจนว่าสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดสามารถเพิ่มความยาวส่วนยอดของต้นกล้าข้าวทั้งในเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุได้ โดยค่าความยาวส่วนยอดเฉลี่ยของเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซมสูงสุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอิมิดาคลอพริด แต่สูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร (13.2, 13.0 และ10.2 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 9 และภาพที่ 5) และเมื่อเปรียบเทียบเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็พบว่าเมล็ดเร่งอายุมีความยาวส่วนยอดที่ 14 วันต่ำกว่าเมล็ดปกติ แสดงให้เห็นว่าเมล็ดข้าวที่ได้จากการปลูกแปลงเดียวกันเมื่อผ่านการเร่งอายุย่อมส่งผลต่อความแข็งแรงของต้นกล้า ทำให้มีผลต่อความยาวส่วนยอดของต้นกล้า อย่างไรก็ตามทั้งเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุ เมื่อคลุกด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดจะทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตดีขึ้น โดยเห็นผลชัดเจนในช่วงการเจริญเติบโตในช่วง 7-14 วันหลังเพาะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำให้มีความยาวส่วนยอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อตรวจวัดที่ 14 วันหลังเพาะ ซึ่ง Schulz *et al.* (2007) ศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (Neonicotinoid) ได้แก่สารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดกับเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อป้องกันแมลงศัตรู จากการศึกษาในเรือนทดลองและแปลงทดสอบพบว่าสารทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้ถั่วเหลืองมีลำต้นตั้งตรง สูงเร็ว แต่ไม่ทำให้ความเข้มข้นของ Chlorophyll และจำนวนฝักเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ Nault *et al*. (2004) ยังรายงานว่าในพืชตระกูลถั่ว สารไทอะมีโทแซมจะมีผลในการควบคุมแมลงได้ดี และสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นถั่วได้อีกด้วย

ตารางที่ 8 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ที่มีต่อความยาวส่วนยอดที่ 7 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความยาวส่วนยอด (ซม.)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 9.7 a[2]	B 9.5 a	9.6 a
ไทอะมีโทแซม	A 9.7 a	A 9.6 a	9.7 a
อิมิดาคลอพริด	A 9.7 a	B 9.5 a	9.6 a
ค่าเฉลี่ย	A 9.7	A 9.6	C.V. (%) = 13.0

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.11, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.87, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.15

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด (ที่อัตรา 5 มิลลิลิตร/25 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตรและ 5 กรัม/ 30 กิโลกรัมเมล็ด น้ำ 3 ลิตร ตามลำดับ) ทีมีต่อความยาวยอดที่ 14 วันหลังเพาะ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ข้าวเร่งอายุ

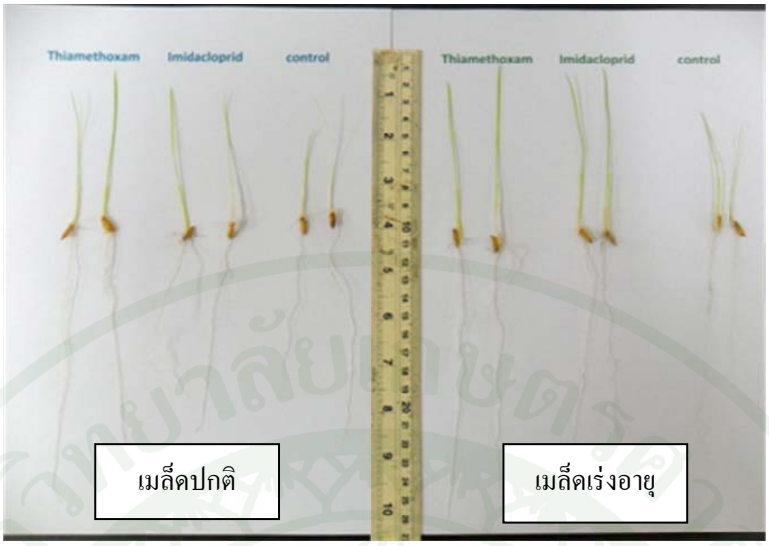
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ความยาวส่วนยอด (ซม.)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 10.6 b[2]	B 9.8 b	10.2 b
ไทอะมีโทแซม	A 13.7 a	B 12.6 a	13.2 a
อิมิดาคลอพริด	A 13.4 a	B 12.5 a	13.0 a
ค่าเฉลี่ย	A 12.6	B 11.6	C.V. (%) = 12.9

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.37, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.31, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.53

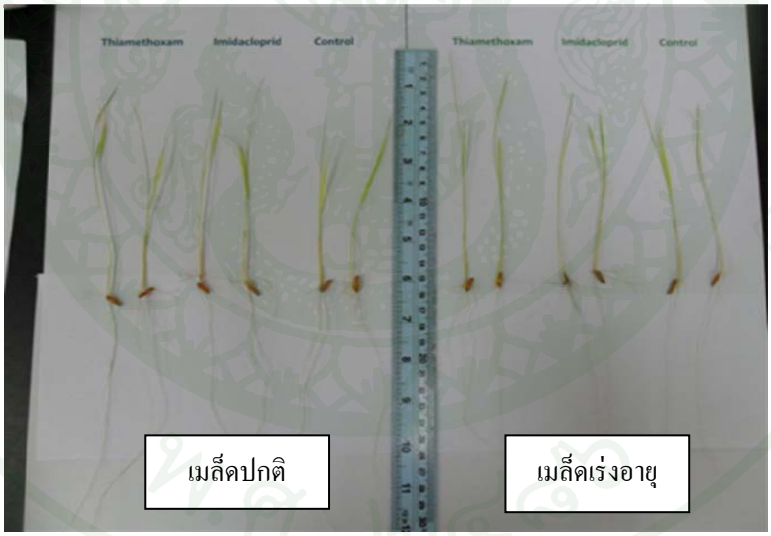
[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นกล้าที่อายุ 7 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติและเมล็ดเร่งอายุ เมื่อคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และไม่คลุกสาร



ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นกล้าที่อายุ 14 วันหลังเพาะของเมล็ดพันธุ์ข้าวปกติและเมล็ดเร่งอายุ เมื่อคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และไม่คลุกสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

จากผลการทดลองแรกซึ่งพบว่าการคลุกสารไทอะมีโทแซมในอัตรา 5.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร ทำให้เมล็ดข้าวงอกเพิ่มขึ้น มีความยาวรากและความยาวส่วนยอดเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตราอื่นและการไม่คลุกสาร ในการทดลองที่ 2 ซึ่งผนวกการศึกษาสารอิมิดาคลอพริดเพิ่มเติมเปรียบเทียบกับสารไทอะมีโทแซม โดยทั้ง 2 ชนิดเป็นสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ด้วยกัน ผลการทดลองก็ไปในทิศทางเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีผลต่อความงอก ความงอกในไร่ ความยาวรากและความยาวส่วนยอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดปกติที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ พบว่าสารไทอะมีโทแซมมีแนวโน้มที่ให้ผลดีกว่าสารอิมิดาคลอพริด ทั้งนี้ผลของสารที่มีต่อความแข็งแรงของต้นกล้า ซึ่งสะท้อนได้จากการตรวจวัดความยาวรากและความยาวส่วนยอด ก็พบว่ามีความชัดเจนโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการตรวจวัดสารประกอบบางอย่างที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาการงอกของเมล็ดข้าวเพื่อสามารถอธิบายปรากฏการณ์การตอบสนองด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณโปรตีนรวม ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.1 ปริมาณฟีนอลิก

จากการศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ 2 ชนิดคือไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1-5 วันหลังเพาะ โดยเปรียบเทียบเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร พบผลการทดลองดังนี้

จากการตรวจวัดที่ 1 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม มีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุก และการคลุกสารอิมิดาคลอพริดเท่ากับ 16.82, 12.29 และ 11.35 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 10) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและล็อทเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุ การคลุกเมล็ดด้วยสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่ไม่คลุกสาร และอิมิดาคลอพริดมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดต่ำที่สุด คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

16.95, 14.75 และ 12.83 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ ขณะที่ในเมล็ดเร่งอายุ เมล็ดที่ไม่คลุกสารมีฟีนอลิกต่ำมากคือ 9.82 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด การให้สารอิมิดาคลอพริดไม่สามารถเพิ่มฟีนอลิกได้ (9.86) แต่การให้สารไทอะมีโทแซมทำให้มีปริมาณฟีนอลิกภายในเมล็ดที่ 1 วันหลังเพาะสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (16.69) ทั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมล็ดปกติมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ (ตารางที่ 10)

การตรวจวัดที่ 2 วันหลังเพาะพบว่า จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติการคลุกสารอิมิดาคลอพริด และเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม มีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร คือ 23.32, 23.30 และ 20.44 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ส่วนในเมล็ดเร่งอายุ ไทอะมีโทแซมไม่มีผลต่อสารฟีนอลิกเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่คลุกสาร ขณะที่เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริดทำให้ฟีนอลิกลดลง (13.87, 13.52 และ 11.19 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็พบว่าเมล็ดปกติมีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าเมล็ดเร่งอายุอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]A 14.75 b[2]	B 9.82 b	12.29 b
ไทอะมีโทแซม	A 16.95 a	A 16.69 a	16.82 a
อิมิดาคลอพริด	A 12.83 c	B 9.86 b	11.35 c
ค่าเฉลี่ย[3]	A 14.84	B 12.13	C.V. (%) = 3.37

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.79, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.64, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.11

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดปกติ	
ไม่คลุกสาร	[1]A 20.44 b[2]	B 13.87 a	17.15 a
ไทอะมีโทแซม	A 23.30 a	B 13.52 a	18.41 a
อิมิดาคลอพริด	A 23.32 a	B 11.19 b	17.25 a
ค่าเฉลี่ย	A 22.35	B 12.86	C.V. (%) = 3.87

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.18, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.96, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.67

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การตรวจวัดที่ 3 วันหลังเพาะพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์อีกเช่นกัน คือเมล็ดปกติจะตอบสนองต่อสารนีโอนิโคตินอยด์ ขณะที่เมล็ดเร่งอายุไม่ตอบสนองแต่อย่างใด (ตารางที่ 12) ในเมล็ดปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุ การคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดทำให้เมล็ดมีปริมาณสารฟีนอลิกในต้นกล้าอายุ 3 วันหลังเพาะสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร คือ 21.31, 19.83 และ 12.80 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ ส่วนในเมล็ดเร่งอายุ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่าเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการคลุกเมล็ดด้วยสารอิมิดาคลอพริด และการไม่คลุกเมล็ดมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดต่ำที่สุด คือ17.62, 15.99 และ 13.27 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ และเช่นเดียวกับต้นอ่อนอายุ 1 และ 2 วันหลังเพาะ ปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดปกติมีมากกว่าเมล็ดเร่งอายุอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]A 12.80 b[2]	A 13.75 a	13.27 c
ไทอะมีโทแซม	A 21.31 a	B 13.92 a	17.62 a
อิมิดาคลอพริด	A 19.83 a	B 12.15 a	15.99 b
ค่าเฉลี่ย[3]	A 17.98	B 13.27	C.V. (%) = 5.29

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 1.43, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.17, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 2.02

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การตรวจวัดที่ 4 วันหลังเพาะ ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร โดยมีการคลุกสารอิมิดาคลอพริดอยู่ระหว่างกลางไม่แตกต่างทางสถิติกับไทอะมีโทแซมและการไม่คลุกสาร คือ 21.92, 18.88 และ 20.22 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ (ตารางที่ 13) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุก็พบผลเช่นเดียวกับต้นอ่อนอายุ 1-3 วันคือเมล็ดปกติมีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ (ตารางที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	21.32	16.45	18.88 b[2]
ไทอะมีโทแซม	23.59	20.25	21.92 a
อิมิดาคลอพริด	22.03	18.41	20.22 ab
ค่าเฉลี่ย[2]	[1]A 22.31	B 18.37	C.V. (%) = 5.78

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 2.04, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.66, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = ns

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การตรวจวัดที่ 5 วันหลังเพาะ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมและสารอิมิดาคลอพริด มีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร คือ 23.68, 22.86 และ 16.72 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ (ตารางที่ 14) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ จึงกล่าวได้ว่าในต้นกล้าอายุ 5 วันหลังเพาะ การให้สารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดทำให้มีปริมาณสารฟีนอลิกในต้นกล้าอายุ 5 วันสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเช่นเดียวกับต้นกล้าอายุ 1-4 วัน เมล็ดปกติมีปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดมากกว่าเมล็ดเร่งอายุอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	21.78	11.66	16.72 b[2]
ไทอะมีโทแซม	27.03	20.33	23.68 a
อิมิดาคลอพริด	28.38	17.35	22.86 a
ค่าเฉลี่ย	[1]A 25.73	B 16.44	C.V.(%) = 12.70

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 4.64, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 3.78, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ ns

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารฟีนอลิกในต้นกล้าอายุ 1- 5 วันหลังเพาะ ดังแสดงในภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดที่คลุกสารมีแนวโน้มสูงกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร แสดงว่าเมล็ดมีการตอบสนองต่อสารคลุกเมล็ด ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในช่วง 2 ถึง 5 วันหลังเพาะ ส่วนในเมล็ดเร่งอายุแม้จะพบว่าในช่วง 1-3 วันหลังเพาะ การสร้างฟีนอลิกตอบสนองน้อยต่อการคลุกสารแต่ก็เห็นผลในเชิงกระตุ้นในช่วง 4 และ 5 วันหลังเพาะ (ภาพที่ 7) โดยไทอะมีโทแซมให้ผลที่ชัดเจนกว่าอิมิดาคลอพริด

สาเหตุที่สารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้เมล็ดข้าวที่กำลังงอกสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นนั้น อาจเป็นเพราะสารนีโอนิโคตินอยด์มีผลเชิงกระตุ้นให้ต้นอ่อนที่กำลังงอกสร้างสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ซึ่ง Lattanzio *et al*. (2006) กล่าวว่าสารประกอบฟีนอลิกมี 2 กลุ่มคือสารฟีนอลิกที่พืชสร้างขึ้นตามปกติขณะเจริญเติบโตและพัฒนา กับสารฟีนอลิกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เป็นกลไกการป้องกันตัว (defense mechanism) เช่น การเกิดบาดแผลทางกายภาพ การถูกเชื้อโรคเข้าทำลาย หรือเกิดจากความเครียดจากสาเหตุอื่น

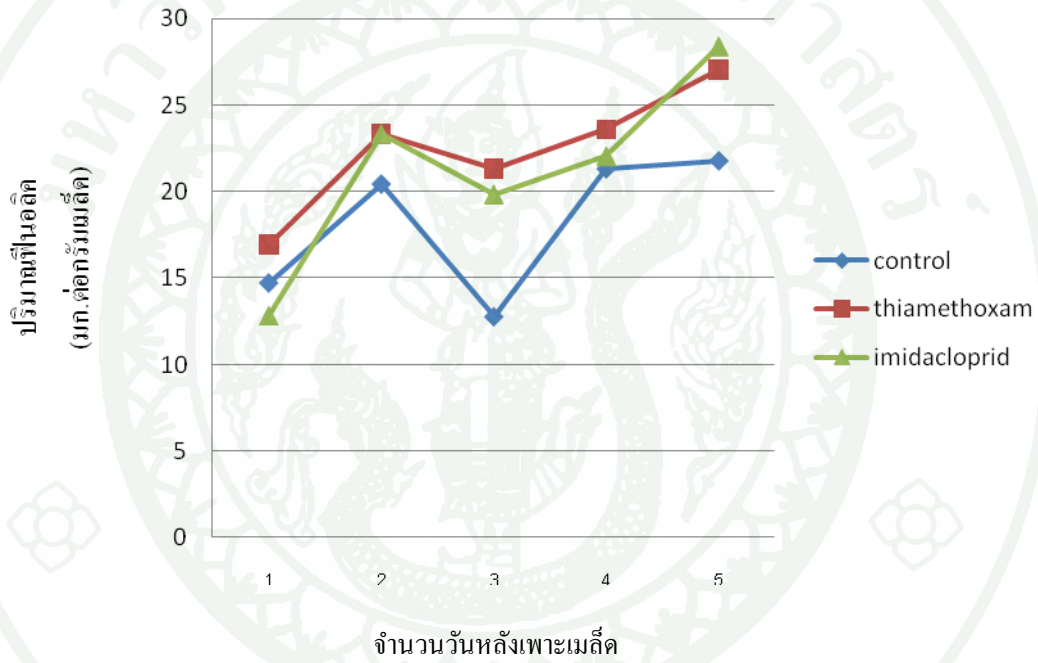
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้แก่ แสงอุลตราไวโอเล็ต อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม หรือจากโลหะหนักต่างๆ ในการทดลองนี้ สารนีโอนิโคตินอยด์ทั้งสอง สามารถกระตุ้นให้เมล็ดสร้างฟีนอลิกสูงขึ้น การที่เมล็ดข้าวที่กำลังงอกสร้างสารฟีนอลิกมากขึ้น ย่อมมีส่วนสัมพันธ์กับการที่ฟีนอลิกมีส่วนช่วยป้องกันการทำลายจากขบวนการออกซิเดชั่น นอกจากนี้ฟีนอลิกยังเป็นสาร secondary metabolite ที่สังเคราะห์ในเมล็ด ที่มักสังเคราะห์ไปพร้อมๆ กับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง มีผลช่วยป้องกันความเสียหายจากขบวนการออกซิเดชั่น (oxidative damage) และมีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วย (Lattanzio *et al*., 2006) จึงกล่าวได้ว่า ในสภาพการสร้างฟีนอลิกในเมล็ดงอกนั้น การให้สารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดจะทำให้ต้นกล้าสร้างฟีนอลิกได้สูงขึ้นอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งไทอะมีโทแซมให้ผลชัดเจนกว่าอิมิดาคลอพริด สารฟีนอลิกที่สูงขึ้นนี้สัมพันธ์กับความงอกและความแข็งแรงที่สูงขึ้นของเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารทั้งสองดังที่กล่าวมาแล้ว (ตารางที่ 4-9 ภาพที่ 3-5) ซึ่งเห็นได้ชัดว่าการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทำให้ความงอก ความงอกในไร่ ความยาวราก และความยาวส่วนยอดสูงขึ้น โดยเฉพาะไทอะมีโทแซมให้ผลชัดเจนกว่าอิมิดาคลอพริด ทั้งนี้สารฟีนอลิกนอกจากจะช่วยในกระบวนการสรีรวิทยาภายในเมล็ด ได้แก่การสร้างเอนไซม์ และการมีคุณสมบัติเป็น antioxidant แล้ว ยังอาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการป้องกันเชื้อโรค (Colpas *et al*., 2003) และทนต่อความเครียดต่างๆ เช่นแสงอุลตร้าไวโอเล็ต และอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมได้ดังกล่าวมาแล้วอีกด้วย ทั้งยังพบผลการทดลองอย่างชัดเจนอีกว่าเมล็ดปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุซึ่งเป็นเมล็ดที่แข็งแรง มีการสังเคราะห์ฟีนอลิกระหว่างการงอก 1-5 วันสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ ซึ่งอ่อนแอกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เป็นการยืนยันว่าปริมาณฟีนอลิกในระหว่างเมล็ดงอกมีความสำคัญและมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเมล็ดข้าวอย่างเด่นชัด

จากรายงานการตรวจวัดฟีนอลิกในเมล็ดพืชต่างๆ เช่นสุดารัตน์ (2548) ศึกษาการงอกที่มีต่อกิจกรรมและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องและ ข้าวกล้องมันปู (ข้าวแดง) การทดลองทำได้โดยแช่ข้าวในน้ำ 6 ชั่วโมง และวิเคราะห์ที่ 0, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมงหลังเพาะ พบว่าทั้งตัวอย่างควบคุมและข้าวงอก ข้าวแดง มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า ข้าวกล้อง และข้าวทั้งสองชนิด และมีปริมาณฟีนอลิคเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ นอกจากนี้ Cevallos-Casals และ Cisneros-Zevallos (2010) ก็พบคล้ายกันว่าเมล็ดพืช 13 ชนิดที่กำลังงอก (หลังการเพาะ 7 วัน) มีฟีนอลิกสูงกว่าเมล็ดที่กำลังพักตัวและเมล็ดที่กำลังดูดน้ำระยะแรก สำหรับในเมล็ดข้าว Suttajit *et al.* (2006) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกในข้าวไทย 49 สายพันธุ์ พบว่ามี ค่าระหว่าง 0.0707-3.636 มิลลิกรัมต่อกรัมและ Tian และคณะ (2004) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดฟีนอลิก (phenolic acid) ในข้าวกล้องระหว่างการงอก

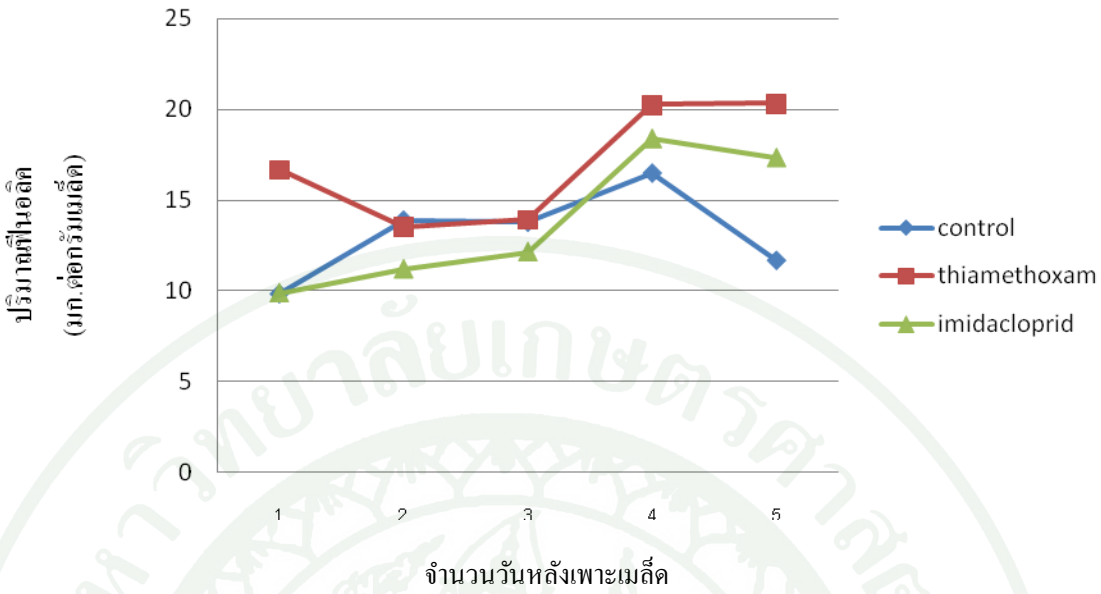
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่าข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวขาว เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่พบในส่วนที่เป็นรำ (bran) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกในข้าวกล้องงอกเป็นการเพิ่มขึ้นในรูปของกรดฟีนอลิก เมื่อถูกย่อยด้วยด่างจึงมีผลให้ข้าวกล้องงอกมีฟีนอลิกสูงขึ้น Milazzo *et al.* (1999) รายงานว่าโปรตีนปลาไฮโดรไลเสทกระตุ้นการสร้างยอดของต้นกล้าและการสังเคราะห์โพรลีนในเมล็ด และยังกระตุ้นการต้านออกซิเดชั่น และเพิ่มปริมาณฟีนอลิกของถั่วปากอ้า (faba bean) ตั้งแต่เพาะจนถึง10 วันหลังงอกอีกด้วย (Randir และ Shatty, 2003)



ภาพที่ 6 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกระหว่างการงอก (1 – 5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดเร่งอายุ

3.2 ปริมาณโปรตีนภายในเมล็ด

จากการศึกษาผลของสารนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1-5 วันหลังเพาะ โดยเปรียบเทียบเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริดและเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร พบผลดังนี้

จากการตรวจวัดปริมาณโปรตีนในเมล็ดที่ 1 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริดและสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร คือ 437.63, 420.40 และ 399.89 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 15) เมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุตอบสนองต่อการคลุกสารเคมีในทิศทางเดียวกัน โดยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็พบว่า ในเมล็ดปกติมีปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ (ตารางที่ 15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	426.82	372.95	399.89 b[2]
ไทอะมีโทแซม	436.04	404.75	420.40 ab
อิมิดาคลอพริด	484.28	390.98	437.63 a
ค่าเฉลี่ย	A[1] 449.05	B 389.56	C.V. (%) = 3.81

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 27.62, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 22.55, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = ns

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ 2 วันหลังเพาะ ผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริด มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยในเมล็ดสูงที่สุด ขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้คลุกสารกับเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน (439.58, 407.65 และ 405.27 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ) (ตารางที่ 16) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดเร่งอายุ การคลุกสารอิมิดาคลอพริด และการคลุกสารไทอะมีโทแซมทำให้ต้นอ่อนที่ 2 วันหลังเพาะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการไม่คลุกสารตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดปกตินั้น เมล็ดที่คลุกไทอะมีโทแซมกลับมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร และเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริด (452.42, 485.81 และ 481.21 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าเมล็ดเร่งอายุซึ่งมีปริมาณต่ำลง ตอบสนองต่อนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยให้เมล็ดที่เริ่มเสื่อมสภาพจากการเร่งอายุนี้ มีความแข็งแรงสูงขึ้นได้เมื่อได้รับการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 485.81 a[2]	B 329.50 c	407.65 b
ไทอะมีโทแซม	A 452.42 b	B 358.13 b	405.27 b
อิมิดาคลอพริด	A 481.21 a	B 397.95 a	439.58 a
ค่าเฉลี่ย	A 473.14	B 361.86	C.V. (%) = 2.27

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 16.40, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 13.39, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 23.20

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ 3 วันหลังเพาะ พบผลการทดลองที่แตกต่างไปจากการวัดที่ 1 และ 2 วันหลังเพาะ กล่าวคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารโดยเฉพาะอย่างยิ่งไทอะมีโทแซมทำให้มีปริมาณโปรตีนลดลง (ตารางที่ 17) โดยมีปฏิกิริยาสัมพันธ์คือในเมล็ดเร่งอายุซึ่งมีโปรตีนต่ำกว่านั้น สารทั้ง 2 ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงใกล้เคียงกัน ขณะที่ในเมล็ดปกติ ไทอะมีโทแซมมีผลในทางลบต่อปริมาณโปรตีน แต่อิมิดาคลอพริดไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างทางสถิติจากการไม่คลุกสาร

ผลการตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ 4 วันหลังเพาะ พบว่าโดยเฉลี่ยเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริด มีปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร และเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม (627.95, 579.12 และ 533.28 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ด ตามลำดับ) (ตารางที่ 18) พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารกับเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติซึ่งมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุนั้น การคลุกสารกลับทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงเช่นเดียวกับที่ 3 วันหลังเพาะ โดยไทอะมีโทแซมทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงมากกว่า ในทางตรงกันข้ามกับเมล็ดเร่งอายุซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเมล็ดปกตินั้น กลับพบการตอบสนองของการสร้างโปรตีนต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิด โดยอิมิดาคลอพริดทำให้ต้นกล้ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าไทอะมีโทแซมและการไม่คลุก ซึ่งสอดคล้องกับวันที่ 2 หลังเพาะ

ตารางที่ 17 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 663.06 a[2]	B 443.46 a	553.26 a
ไทอะมีโทแซม	A 483.22 b	B 387.29 b	435.26 c
อิมิดาคลอพริด	A 645.70 a	B 384.15 b	514.93 b
ค่าเฉลี่ย	A 597.33	B 404.98	C.V. (%) = 2.88

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 24.95, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 20.37, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 35.29

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

สำหรับการตรวจวัดปริมาณโปรตีนในวันที่ 5 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม และเมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริด มีปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร (532.99, 511.01 และ 419.69 มิลลิกรัมต่อกรัมเมล็ดตามลำดับ) (ตารางที่ 19) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดที่คลุกสารมีปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นสลับกันระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุ ทั้งนี้เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม และเมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริด มีปริมาณโปรตีนที่ 5 วันหลังเพาะสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสารทั้งในเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุ ผลการทดลองที่ 5 วันหลังเพาะสอดคล้องกับที่ 1 และ 2 วันหลังเพาะ ในภาพรวมของปริมาณโปรตีนที่ตรวจวัดในต้นกล้างอกอายุ 1-5 วันของเมล็ดข้าวแสดงให้เห็นถึงผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของนีโอนิโคตินอยด์ที่ทำให้ต้นกล้าข้าวที่กำลังงอกมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสาร

ตารางที่ 18 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 751.69 a[2]	B 406.55 c	579.12 b
ไทอะมีโทแซม	A 590.34 c	B 476.21 b	533.28 c
อิมิดาคลอพริด	A 705.17 b	B 550.73 a	627.95 a
ค่าเฉลี่ย	A 682.40	B 477.83	C.V. (%) = 3.18

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 31.87, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 26.02, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 45.07

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	B[1] 395.73 c[2]	A 443.64 c	419.69 b
ไทอะมีโทแซม	A 527.58 a	B 494.43 b	511.01 a
อิมิดาคลอพริด	B 471.79 b	A 594.18 a	532.99 a
ค่าเฉลี่ย	B 465.04	A 510.75	C.V. (%) = 3.11

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 26.23, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 21.42, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 37.10

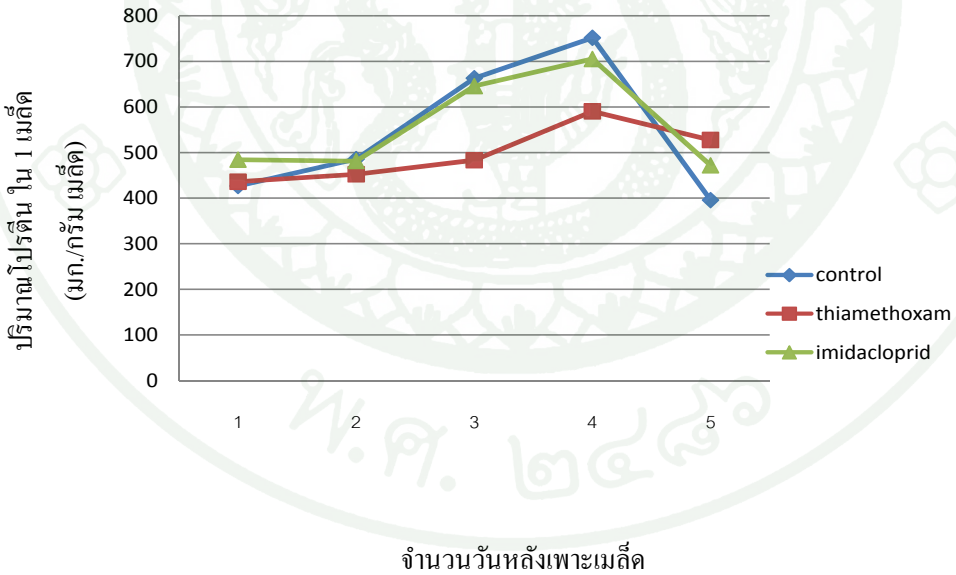
[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

เมื่อพิจารณากราฟการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนของต้นกล้าที่กำลังงอก 1-5 วันหลังเพาะดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 จะเห็นได้ว่าในต้นกล้าของเมล็ดปกติ (เมล็ดมีความงอก 93.3 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งโปรตีนรวมในต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 2-5 วันหลังเพาะ (ภาพที่ 8) เพิ่มสูงมากกว่าในต้นกล้าของเมล็ดเร่งอายุ ซึ่งไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงนักในช่วง 1-3 วันหลังเพาะ แต่เพิ่มขึ้นชัดเจนในวันที่ 4 และ 5 หลังเพาะ (ภาพที่ 9) ผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่า ปริมาณโปรตีนในเมล็ดเร่งอายุซึ่งเป็นเมล็ดที่เริ่มมีความเสื่อมสภาพ (มีความงอก 83.8 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดข้าวเร่งอายุนี้ตอบสนองต่อนีโอนิโคตินอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความแตกต่างเห็นได้ชัดในวันที่ 4 และ 5 หลังเพาะ อย่างไรก็ตามในเมล็ดปกติซึ่งเป็นเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูง (มีความงอก 93.3 เปอร์เซ็นต์) ต้นกล้าที่อายุ 5 วันหลังเพาะ ก็ตอบสนองต่อการคลุกนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 อย่างมีนัยสำคัญ Palmiano and Juliano (1972) รายงานว่าระดับโปรตีนในเมล็ดที่กำลังงอกจะเพิ่มขึ้น โดยโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 6 วันหลังเพาะ ในการทดลองนี้เมล็ดปกติปริมาณโปรตีนสูงสุดที่ 4 วันหลังเพาะ ขณะที่เมล็ดเร่งอายุ ปริมาณโปรตีนยังเพิ่มขึ้นแม้ในวันที่ 5 หลังเพาะ Lowe *et al*. (1972) รายงานว่ามีความสัมพันธ์อย่างสูงของปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเมล็ดข้าวสาลี ขณะที่ Baalbaki

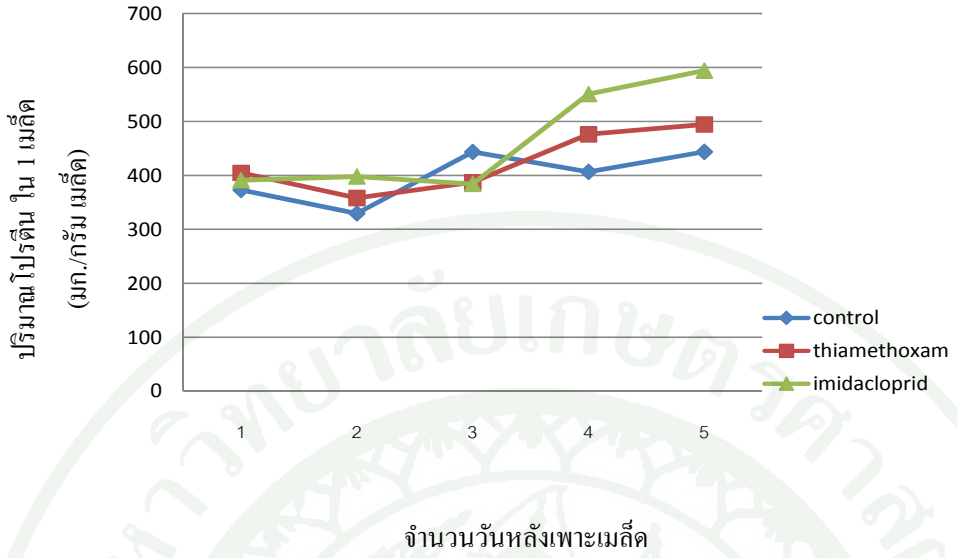
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1989) พบว่า ในเมล็ดข้าวสาลีเมล็ดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากจะมีโปรตีนสูงกว่าและสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดที่มีน้ำหนักน้อยหรือมีโปรตีนต่ำกว่า โปรตีนที่ละลายน้ำได้มีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดมาก ทั้งนี้เพราะในระยะแรกของการงอกโปรตีนที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ เอนไซม์มากมายหลายชนิดมีส่วนสำคัญในกระบวนการงอก การที่สารนีโอนิโคตินอยด์ทั้งไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด ช่วยให้ต้นกล้าข้าวมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นในวันที่ 5 หลังเพาะ ซึ่งจะเป็นช่วงที่ต้นกล้ามีปริมาณโปรตีนสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดเร่งอายุ จึงน่าจะมีส่วนสัมพันธ์กับความแข็งแรงของต้นกล้าที่สูงขึ้นจากการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ ในเมล็ดที่เร่งอายุ (ความแข็งแรงต่ำ) แม้ว่าการคลุกสารจะมีผลไม่ชัดเจนต่อความงอกและความงอกในไร่ แต่ส่งผลเด่นชัดต่อความยาวรากและความยาวส่วนยอด แสดงว่าปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในเมล็ดเร่งอายุในวันที่ 4-5 หลังเพาะนั้นน่าจะมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความแข็งแรงของต้นกล้าที่เพิ่มขึ้นในการทดลองนี้ จากการศึกษาในเมล็ดถั่วลันเตาของ McCue *et al*. (2000) ก็พบเช่นกันว่าการให้กรดซาลิไซลิกและ pH ต่ำ ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วลันเตาที่กำลังงอกที่อายุ 8 วันหลังเพาะสูงขึ้น สัมพันธ์กับความแข็งแรงของต้นกล้าที่สูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 8 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณโปรตีนเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเร่งอายุ

3.3 ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ด

จากผลการศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระหว่างวันที่ 1-5 หลังจากเพาะ โดยเปรียบเทียบเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม สารอิมิดาคลอพริด และเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสาร ได้ผลดังนี้

ผลการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่ 1 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริดมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซม และเมล็ดที่ไม่ได้คลุกสารมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำที่สุด (ตารางที่ 20) พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติ การคลุกสารอิมิดาคลอพริดทำให้มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดหลังเพาะ 1 วันสูงที่สุด ในขณะที่เมล็ดเร่งอายุนั้น เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารไทอะมีโทแซมมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุ ก็เห็นได้ชัดเจนว่าเมล็ดเร่งอายุมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดปกติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]B 1052.92 c[2]	A 1546.39 c	1299.66 c
ไทอะมีโทแซม	A 1863.98 b	B1735.82 a	1799.90 b
อิมิดาคลอพริด	A 2503.93 a	B 1611.49 b	2057.71 a
ค่าเฉลี่ย	A 1806.95	B 1631.23	C.V. (%) 1.06

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์= 31.41, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 25.64, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 44.42

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ผลการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่ 2 วันหลังเพาะพบผลการทดลองที่ต่างไปจาก 1 วันคือ การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดทำให้มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสเฉลี่ยต่ำกว่าการไม่คลุกสาร (ตารางที่ 21) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็พบว่าเมล็ดปกติมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]B 4383.74 a[2]	A 5080.97 a	4732.35 a
ไทอะมีโทแซม	A 2895.07 c	A 2930.98 c	2913.02 c
อิมิดาคลอพริด	B 3050.37 b	A 3171.22 b	3110.80 b
ค่าเฉลี่ย	B 3443.06	A 3727.72	C.V.(%) 1.06

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 65.78, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 53.71, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 93.03

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การตรวจวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่ 3 วันหลังเพาะพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุ การคลุกสารอิมิดาคลอพริดและไทอะมีโทแซมทำให้ต้นกล้าที่ 3 วันหลังเพาะมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดสูงกว่าการไม่คลุกสารอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ (ตารางที่ 22) ในขณะที่เมล็ดเร่งอายุกลับพบว่าการคลุกสารทำให้ต้นกล้าอายุ 3 วัน มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำลง แสดงว่าเมล็ดปกติตอบสนองต่อการให้สารนีโอนิโคตินอยด์ และโดยเฉลี่ยก็พบว่าต้นกล้าอายุ 3 วันของเมล็ดปกติมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดมากกว่าเมล็ดเร่งอายุ (ตารางที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]A 6387.11 c[2]	B 5409.52 a	5898.31 a
ไทอะมีโทแซม	A 6524.05 b	B 4895.36 b	5709.70 b
อิมิดาคลอพริด	A 6998.64 a	B 4758.00 c	5878.32 a
ค่าเฉลี่ย	A 6636.60	B 5020.96	C.V. (%) 0.73

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 74.04, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 60.46, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 104.71

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ผลการตรวจวัดเอนไซม์อะไมเลสที่ 4 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการคลุกสารอิมิดาคลอพริดและไทอะมีโทแซมทำให้ต้นกล้าอายุ 4 วันมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ (ตารางที่ 23) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารและเมล็ดพันธุ์ คือเมล็ดปกติตอบสนองอย่างเด่นชัดต่อการคลุกสารอิมิดาคลอพริดและไทอะมีโทแซมตามลำดับ แต่เมล็ดเร่งอายุตอบสนองต่ออิมิดาคลอพริดเท่านั้น ส่วนการคลุกไทอะมีโทแซมพบว่าทำให้ต้นกล้าอายุ 4 วันหลังเพาะมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดลดลง

จากการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่ 5 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสารอย่างมีนัยสำคัญ โดยอิมิดาคลอพริดและไทอะมีโทแซมให้ผลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 24) และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารกับเมล็ดพันธุ์ คือในเมล็ดปกติ การคลุกสารอิมิดาคลอพริดทำให้ต้นกล้าที่ 5 วันมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือการคลุกสารไทอะมีโท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แซม ส่วนในเมล็ดเร่งอายุ พบว่าไทอะมีโทแซมเท่านั้นที่ทำให้ต้นกล้าอายุ 5 วันมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงที่สุด สูงกว่าการคลุกอิมิดาคลอพริดและการไม่คลุกสาร (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]B 3074.39 c[2]	A6220.84 b	4647.62 c
ไทอะมีโทแซม	A 7736.14 b	B 5622.63 c	6679.38 b
อิมิดาคลอพริด	A 8143.86 a	B 6893.08 a	7518.47 a
ค่าเฉลี่ย	6318.13	6245.52	C.V. (%) 1.16

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 125.75, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = ns, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 177.84

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	[1]B 5784.32 b[2]	A 5864.24 b	5824.28 b
ไทอะมีโทแซม	B 5967.41 ab	A 6271.98 a	6119.69 a
อิมิดาคลอพริด	A 6116.39 a	B 5901.78 b	6009.08 a
ค่าเฉลี่ย	5956.04	6012.66	C.V. (%) 1.26

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 130.13, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = ns, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 184.03

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

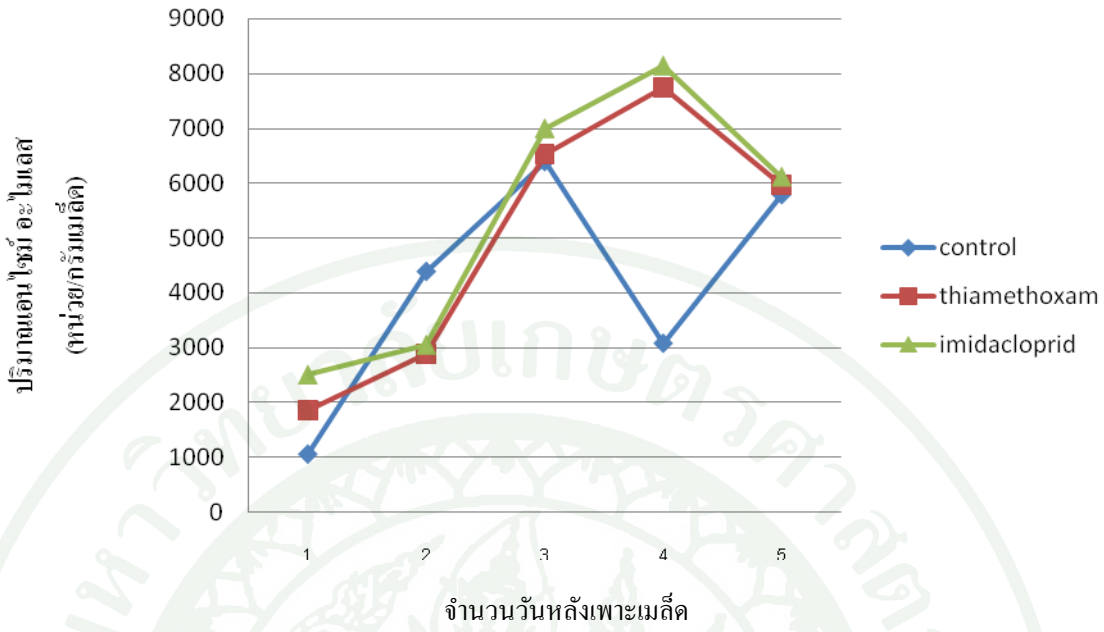
ดังนั้นในภาพรวมเห็นได้ว่าในต้นกล้าของเมล็ดปกติจะมีเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 1 และ 3 วันหลังเพาะ ขณะที่ในต้นกล้าอายุ 4 และ 5 วันไม่แตกต่างกัน การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทำให้ต้นกล้าที่อายุ 1, 4 และ 5 วันหลังเพาะมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่าการไม่คลุกสาร แสดงถึงการตอบสนองที่ดีของต้นกล้าต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ (ตารางที่ 20, 23 และ 24) แต่เมื่อแยกกราฟระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุ (ภาพที่ 10 และ 11) การตอบสนองต่อนีโอนิโคตินอยด์ไม่เด่นชัดนัก พบการตอบสนองของเมล็ดปกติต่อการคลุกสารเฉพาะที่ 4 วันหลังเพาะเท่านั้น (ภาพที่ 10)

ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสเป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการงอกของเมล็ด Palmiano and Juliano (1972) รายงานว่าเมื่อระยะเวลางอกเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการงอก เอนไซม์อะไมเลสจะย่อยคาร์โบไฮเดรต (อะไมโลสและอะไมโลเพกทิน) ไปเป็นเดกซ์ทรินและมอโนแซ็กคาไรด์เพื่อใช้ในการเจริญของต้นอ่อน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งย่อยอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการงอก ในช่วงสัปดาห์แรกของการงอกของเมล็ดข้าวจะพบการ

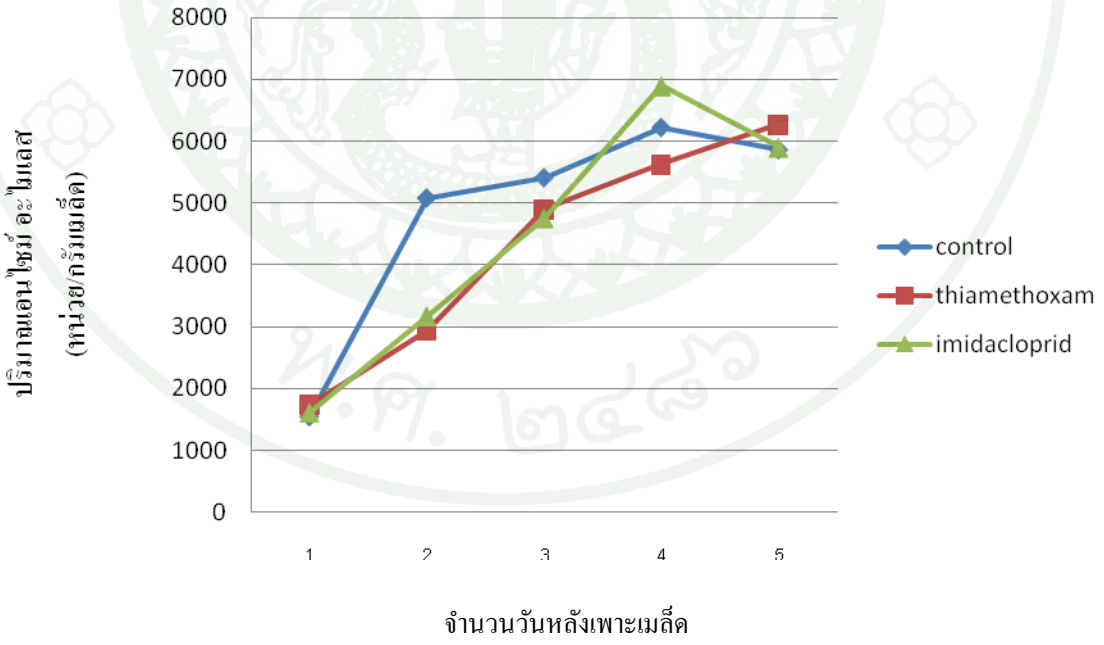
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของโปรตีนและแป้งในกิจกรรมการย่อยเอนโดสเปิร์มที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่มืดจะมีกิจกรรมเอนไซม์มากกว่าในที่มีแสง Nagato *et al.* (1989) รายงานว่า ทั้งส่วนต่างๆและเนื้อเยื่อของเมล็ดต้องเกิดการชักนำการสร้างแอลฟาอะไมเลสในเอนโดสเปิร์มเพื่อการสร้างต้นอ่อน Akawa and Hara-Mishimura (1985) รายงานสอดคล้องกันว่าตลอดระยะเวลาการงอกของเมล็ดธัญพืช แอลฟาอะไมเลสใน aleurone layer มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายแป้งไปเป็นน้ำตาลซึ่งจะให้พลังงานสำหรับการเจริญของรากและลำต้น สำหรับเมล็ดที่มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน นิตย์และคณะ(2550) รายงานว่า ปริมาณแอลฟาอะไมเลสในเมล็ดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความงอกภายหลังการเร่งอายุ แสดงว่าปริมาณแอลฟาอะไมเลสมีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี จากการทดลองนี้กล่าวได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเมื่อนำไปเพาะพบว่าปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าที่อายุ 1 และ 3 วันหลังเพาะมีน้อยกว่าเมล็ดปกติซึ่งมีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดทำให้ต้นกล้าที่อายุ 1, 4 และ 5 วันหลังเพาะมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารซึ่งสะท้อนได้จากการวัดความยาวรากและความยาวส่วนยอด จึงกล่าวได้ว่าการคลุกสารไทอะมีโทแซมและสารอิมิดาคลอพริดที่ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงขึ้นนั้น มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์อะไมเลสด้วย จากการตรวจวัดเอนไซม์อะไมเลสในสะคิวเทลลัมของเมล็ดข้าวสาลีโดย Das และ Sen-Mandi (1992) ก็พบเช่นกันว่าเมล็ดข้าวสาลีที่มีความงอกและความแข็งแรงสูง จะมีเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่าเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต้นกล้าอายุ 1.5 และ 2 วันหลังเพาะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ



ภาพที่ 11 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดเร่งอายุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส

การศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการงอกที่ 1-5 วันหลังเพาะพบผลดังนี้

การวิเคราะห์ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสที่ 1 วันหลังเพาะพบว่า เมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริดมีปริมาณ specific activity ของเอนไซม์ภายในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม ส่วนเมล็ดที่ไม่คลุกสารมีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดต่ำที่สุด (1.729, 1.556 และ 1.458 หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ) โดยมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสารกับเมล็ดพันธุ์ คือ ในเมล็ดปกติ เมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริดมีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม ขณะที่เมล็ดไม่คลุกสารมีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำที่สุด (2.143, 1.424 และ 0.997 หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ) แต่ในเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ เมล็ดที่ไม่คลุกสารมีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซม ขณะที่เมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริดค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำที่สุด (1.920, 1.687 และ 1.315 หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ มีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดสูงกว่าเมล็ดปกติ (ตารางที่ 25)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ(หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	B[1] 0.997 c[2]	A 1.920 a	1.458 c
ไทอะมีโทแซม	B 1.424 b	A 1.687 b	1.556 b
อิมิดาคลอพริด	A 2.143 a	B1.315 c	1.729 a
ค่าเฉลี่ย	B 1.521	A 1.641	C.V. (%) = 1.11

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.03, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.03, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.04

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

การวิเคราะห์ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสที่ 2 วันหลังเพาะพบว่าทั้งเมล็ดที่คลุกสารไทอะมีโทแซมและเมล็ดที่คลุกสารอิมิดาคลอพริดมีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร (ตารางที่ 26) โดยที่เมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุตอบสนองต่อสารทั้ง 2 สลับกัน อย่างไรก็ตาม โดยเฉลี่ยยังพบว่า เมล็ดปกติจะมี specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสที่ 2 วันหลังเพาะสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ ซึ่งสะท้อนถึงความแข็งแรงของเมล็ดปกติที่สูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ(หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 4.321 a[2]	B 4.141 a	4.231 a
ไทอะมีโทแซม	A 2.863 c	A 2.884 b	2.873 b
อิมิดาคลอพริด	A 2.986 b	B 2.549 c	2.767 c
ค่าเฉลี่ย	A 3.390	B 3.190	C.V. (%) = 1.13

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.07, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.05, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.09

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

จากการวิเคราะห์ค่า specific activity ของต้นกล้าที่ 3 วันหลังเพาะพบว่า การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทำให้ค่าเฉลี่ย specific activity ต่ำลง (ตารางที่ 27) อย่างไรก็ตาม พบปฏิกิริยาสัมพันธ์โดยเมล็ดปกติ การคลุกสารทั้ง 2 จะทำให้เมล็ดงอกอายุ 3 วันมี specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่าการไม่คลุก ซึ่งตรงกันข้ามกับเมล็ดเร่งอายุ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุก็พบว่าค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดเร่งอายุสูงกว่าเมล็ดปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสที่ 4 วันหลังเพาะพบว่า การคลุกสารอิมิดาคลอพริดทำให้มีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสลดลง (ตารางที่ 28) อย่างไรก็ตาม พบผลการทอลองที่คล้ายกับที่อายุ 1 และ 3 วันหลังเพาะ คือสำหรับในเมล็ดปกติ การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทำให้ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสสูงขึ้นมากกว่าการไม่คลุกสาร ขณะที่ในเมล็ดเร่งอายุพบผลตรงกันข้าม ในเมล็ดที่เร่งอายุพบว่าค่าเฉลี่ยของ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสมีสูงกว่าในเมล็ดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวัดที่ 3 วันหลังเพาะ

ตารางที่ 27 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ(หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	B[1] 3.158 c[2]	A 5.105 a	4.131 a
ไทอะมีโทแซม	A 4.027 a	B 3.639 b	3.833 b
อิมิดาคลอพริด	A 3.559 b	B 3.270 c	3.414 c
ค่าเฉลี่ย	B 3.581	A 4.005	C.V.(%) = 0.81

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.05, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.04, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.08

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ(หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	B[1] 1.958 c[2]	A 5.668 a	3.813 a
ไทอะมีโทแซม	A 3.836 a	A 3.870 b	3.853 a
อิมิดาคลอพริด	B 3.152 b	A 3.361 c	3.256 b
ค่าเฉลี่ย	B 2.982	A 4.300	C.V. (%) = 1.77

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.11, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.09, $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ x เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 1.16

[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

จากการวิเคราะห์ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าอายุ 5 วันหลังเพาะพบว่า การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิดทำให้มีค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 29) โดยที่มีแนวโน้มว่าทั้งในเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุ การคลุกสารจะทำให้ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสน้อยกว่าการไม่คลุกสาร อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุ พบว่าค่าเฉลี่ยของ specific activity ของต้นกล้าอายุ 5 วันที่ได้จากเมล็ดปกติจะมีสูงกว่าในเมล็ดเร่งอายุ ซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับระดับความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดด้วย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสระหว่างการงอกที่ 1-5 วันหลังเพาะ โดยแยกกราฟของเมล็ดปกติกับเมล็ดเร่งอายุดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13 ตามลำดับ พบว่าในต้นกล้าอายุ 1, 3 และ 4 วันหลังเพาะของเมล็ดปกติ การคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทำให้ค่า specific activity สูงกว่าการไม่คลุกสาร โดยที่ไม่พบแนวโน้มนี้ในต้นกล้าอายุ 2 และ 5 วัน ส่วนในเมล็ดเร่งอายุ พบว่าแนวโน้มว่าการคลุกสารทั้ง 2 ทำให้ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสลดลงตลอดระยะเวลาการงอก 1-5 วัน (ภาพที่ 13) จากผลการทดลองนี้ อาจกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้ว่าค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดปกติซึ่งมีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ จะตอบสนองต่อการคลุกสารทั้ง 2 โดยมีนัยสำคัญที่ 1, 3 และ 4 วันหลังเพาะ (ภาพที่ 12) อาจสะท้อนได้ว่าเอนไซม์อะไมเลสมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของต้นกล้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ช่วงอายุ 3- 4 วัน ในขณะที่ค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสในต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ กลับลดลงเมื่อคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นการตอบสนองในด้านความยาวรากและยอดของต้นกล้าของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุที่มีความแข็งแรงสูงขึ้นเมื่อคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดนั้น อาจเป็นผลมาจากการกระตุ้นทางสรีรวิทยาอื่น นอกเหนือจากกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส หรืออาจเป็นเพราะมีเอนไซม์ชนิดอื่นที่มีบทบาทในการตอบสนองต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ ซึ่งน่าจะศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เอนไซม์ที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกและขบวนการหายใจทางเลือกในวิถี Pentose-phosphate pathway เช่น G6PDH เป็นต้น

ตารางที่ 29 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

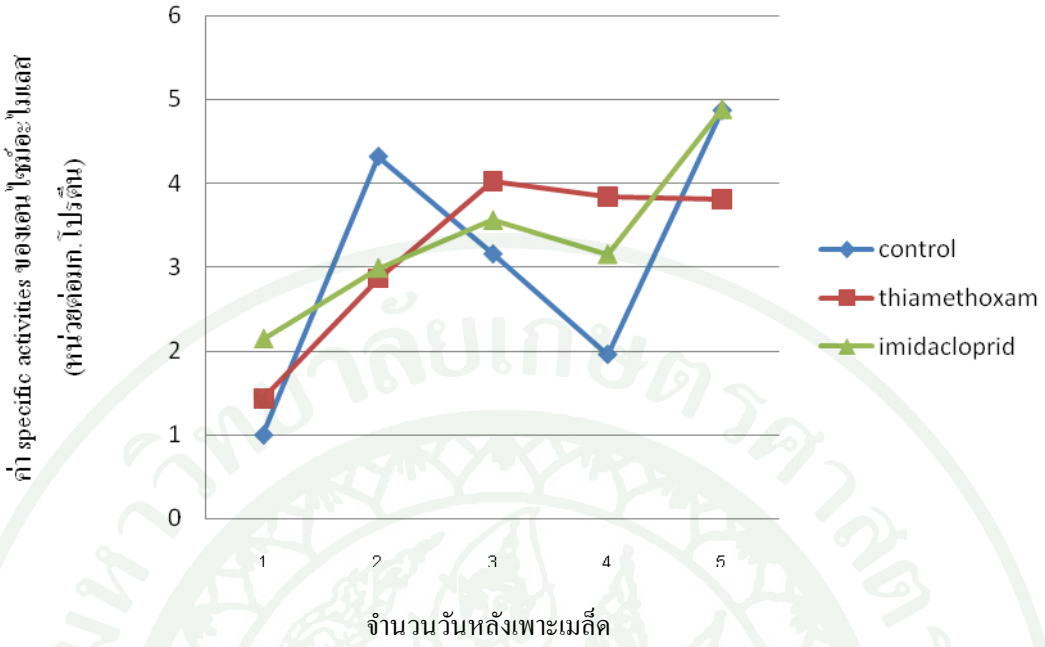
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์	ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ(หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน)		ค่าเฉลี่ย
	เมล็ดปกติ	เมล็ดเร่งอายุ	
ไม่คลุกสาร	A[1] 4.871 a[2]	B 4.349 a	4.610 a
ไทอะมีโทแซม	B 3.806 b	A 3.992 b	3.899 c
อิมิดาคลอพริด	A 4.883 a	B 3.618 c	4.251 b
ค่าเฉลี่ย	A 4.520	B 3.987	C.V. (%) = 1.09

หมายเหตุ $LSD_{.05}$ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.08, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ = 0.07, $LSD_{.05}$ เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ x สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ = 0.11

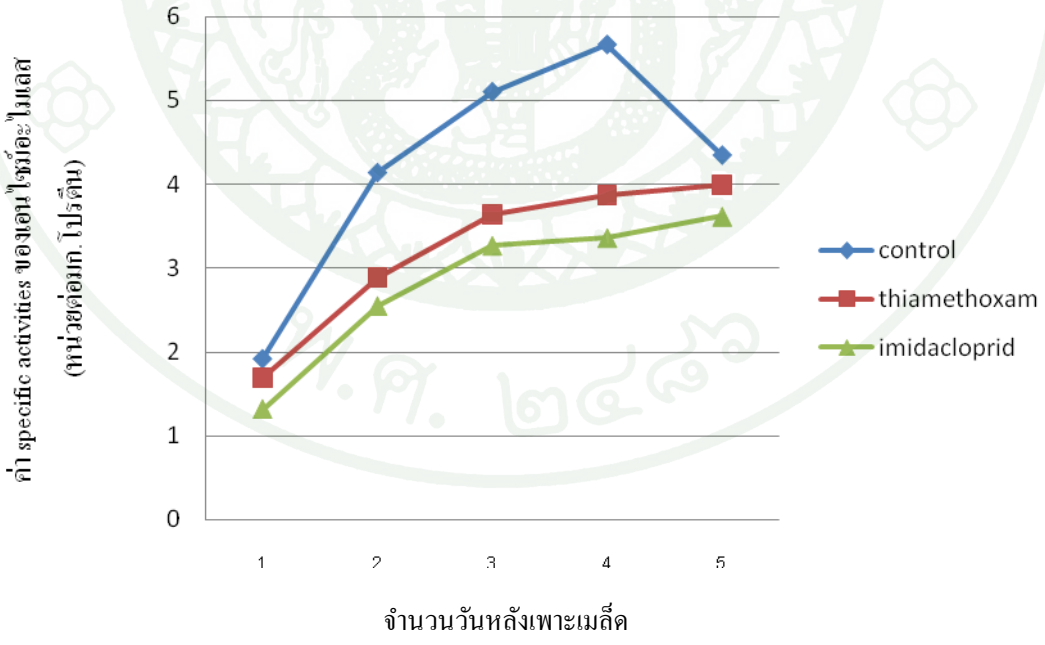
[1]ค่าเฉลี่ยที่นำหน้าที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

[2]ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดปกติ



ภาพที่ 13 ผลของสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดที่มีต่อค่า specific activity ระหว่างการงอก (1-5 วันหลังเพาะ) ของเมล็ดเร่งอายุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการทดลองศึกษาผลของการคลุกสารไทอะมีโทแซมในอัตราต่าง ๆ และการเปรียบเทียบผลของการคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ที่มีต่อความงอก ความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการในเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวที่ได้จากการวัดความยาวรากและความยาวส่วนยอดที่อายุ 7 และ 14 วันหลังเพาะสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการคลุกสารไทอะมีโทแซมที่อัตรา 2.5 และ 7.5 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร และการไม่คลุกสาร โดยที่อัตรา 2.5 และ 7.5 มิลลิลิตรก็มีผลต่อความแข็งแรงแต่ไม่เด่นชัดเท่าที่อัตรา 5.0 มิลลิลิตร

2. การคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มิลลิลิตร (ผลิตภัณฑ์สารในรูปของเหลว ชื่อการค้า Cruiser® 25 WG) ต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 3 ลิตร และการคลุกสารอิมิดาคลอพริดอัตรา 5.0 กรัม (ผลิตภัณฑ์สารในรูปผง ชื่อการค้า Gaucho® 70 WS) กับเมล็ดข้าว 2 ล็อท ซึ่งเป็นข้าวที่เก็บเกี่ยวจากแปลงเดียวกัน แต่แบ่งเป็นเมล็ดปกติ (unaged seed) กับเมล็ดเร่งอายุ (aged seed) พบว่าการคลุกสารทั้ง 2 ชนิดทำให้ความงอกมาตรฐานและความงอกในไร่ของเมล็ดปกติสูงกว่าการไม่คลุกสาร โดยที่ไทอะมีโทแซมให้ผลเด่นชัดกว่า ในขณะที่เมล็ดเร่งอายุไม่พบความแตกต่างของความงอกมาตรฐานและความงอกในไร่ระหว่างเมล็ดที่คลุกสารกับเมล็ดไม่คลุกสาร สำหรับผลของสารที่มีความแข็งแรงที่ตรวจวัดด้วยความยาวรากและความยาวส่วนยอดที่ 7 และ 14 วันหลังเพาะ พบว่าทั้งเมล็ดปกติ และเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุตอบสนองต่อการคลุกสารทั้ง 2 ชนิด กล่าวคือการคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดทำให้ต้นกล้าทั้งของเมล็ดปกติและเมล็ดเร่งอายุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยที่ความยาวรากเห็นผลชัดเจนทั้งที่ 7 และ 14 วัน ขณะที่ความยาวส่วนยอดเห็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลชัดเจนที่ 14 วัน สารทั้ง 2 ให้ผลใกล้เคียงกันต่อความยาวส่วนยอด แต่ไทอะมีโทแซมให้ผลดีกว่าต่อความยาวรากที่ 14 วัน

3. การคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริดมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน เอนไซม์อะไมเลส และ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลส ในระหว่างการงอกของเมล็ดข้าวในช่วง 1-5 วันหลังเพาะ โดยทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าการไม่คลุกสาร โดยเฉพาะไทอะมีโทแซมให้ผลเด่นชัดกว่าอิมิดาคลอพริด และทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 หลังจากเพาะ สารทั้ง 2 ชนิดทำให้ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของต้นกล้าอายุ 1, 4 และ 5 วันหลังเพาะสูงกว่าการไม่คลุกสาร ส่วน specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสตอบสนองเฉพาะในเมล็ดปกติที่ไม่ผ่านการเร่งอายุ โดยต้นกล้าอายุ 1, 3 และ 4 วันหลังเพาะมี specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสสูงขึ้นเมื่อคลุกสาร แต่ในเมล็ดเร่งอายุนั้นการคลุกสารทำให้ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสลดลงตลอด 1-5 วันหลังเพาะ

4. ในเมล็ดปกติซึ่งเป็นเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุ มีปริมาณสารฟีนอลิกและปริมาณโปรตีนสูงกว่าเมล็ดเร่งอายุอย่างเด่นชัดตลอดการงอก 1-5 วัน แสดงถึงความสำคัญของฟีนอลิกและโปรตีน (ที่ละลายน้ำได้) ที่มีต่อความแข็งแรงของต้นกล้า ขณะที่ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสและ specific activity ของเอนไซม์อะไมเลสที่ตรวจวัด 1-5 วัน ส่วนใหญ่ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับเมล็ดเร่งอายุ แสดงถึงการมีบทบาทร่วมของเอนไซม์อื่นในการตอบสนองของเมล็ดข้าวต่อสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองศึกษาการคลุกสารไทอะมีโทแซมและอิมิดาคลอพริด พบว่ามีผลต่อความงอก ความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการในเมล็ดพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตาม แนวทางการศึกษาผลของสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ต่อไป ควรศึกษาในแนวทางดังนี้

1. ควรศึกษากับเมล็ดข้าวที่มีระดับความงอกและความแข็งแรงต่างๆ กัน ในระดับที่กว้างขึ้น เช่นศึกษาในเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีระดับความงอกและความแข็ง 3 ระดับ ได้แก่ สูง กลาง และต่ำ เป็นต้น

2. ควรตรวจวัดปริมาณและ specific activity ของเอนไซม์อื่น ที่น่าจะมีบทบาทตอบสนองต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์ เช่นเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH) และ guaiacol peroxidase (GPX) เป็นต้น ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในวิถี pentose phosphate pathway ที่อาจตอบสนองต่อการคลุกสารนีโอนิโคตินอยด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติ วงศ์พิเชษฐ์. 2546. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์.** ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2521. **คู่มือบรรยายเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 105 น.

_____. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 210 น.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2525. **ระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ กข.7 และ กข. 10.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **ข้าว : การผลิตและการค้า**. สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว . กรุงเทพฯ.

ธิดารัตน์ แก้วคำ และบุญมี ศิริ. 2553. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันโรคและแมลงต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม. **ว. วิทย. กษ.** 41: 1(พิเศษ): 480-483.

ประพาส วีระแพทย์. ม.ป.ป. **ลักษณะของข้าวที่สำคัญทางการเกษตร**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 3.

พัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี วันชัย จันทร์ประเสริฐ จุฑามาศ ร่มแก้วและ สุคุนธรส ธาดากิตติสาร. 2553. ผลของสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความงอก ความแข็งแรงและความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว. หน้า 125-132 *ใน* "**รายงานการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์แห่งชาติครั้งที่ 7**". สมาคมเมล็ดพันธุ์แห่งประเทศไทยและคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นันทวัน บุญยะประภัศร วิมล ศรีสุข อรัญญา จุติวิบูลย์สุข ประพินศรา สอนเล็ก วิไลวรรณ ทองใบน้อย วงศ์สถิต ฉั่วกุล Fong H.S. Pezzuto J. และ Kosmeder J. 2545. ผักพื้นบ้านในป่าชายเลน. **วารสารสมุนไพร**. 9(1).

นิตย์ ศกุนรักษ์ เอกวิทย์ ตรีเนตร และพึ่งพร เนียมทรัพย์. 2550. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีไทยที่ปลูกในบางท้องที่ของภาคเหนือตอนบน. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**. 24(2): 1-13.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. **การตรวจสอบและการสกัดสารสาคัญจากสมุนไพร**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 276 น.

_____. 2553. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ฝ่ายโรงพิมพ์ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 2540. **องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมคิด ดิสถาพร. 2532. **ชาวนาปราบโรคข้าว.** กลุ่มงานวิจัยโรคข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 116 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช.** จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 252 น.

สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. 2548. การศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวมีสีที่ผ่านการทำให้งอก**. ผลงานวิชาการ งานวิจัย สวทช.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุปราณี งามประสิทธิ์ สุนันทา จันทกูล ถมยา ทองเหลือง แอนนา สายมณีรัตน์ แสงแข น้าวานิช พิทยาภรณ์ บุญใหญ่ และกิตติภัต สุภรพัฒน์. 2546. ผลของสารอิมิดาคลอดพริด (F600 FS) ต่อความงอก และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน, น. 625-634. *ใน* **รายงานการประชุมข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 31.** นครปฐม.

สุภาณี จงดี กฤษณา สุดทะสาร และรานี เคนเหลี่ยม. 2551. โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก. **วารสารวิชาการข้าว**. 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2551): 61-70.

อภิชาติ เถาว์โท เสริมศักดิ์ อาวะกุล. 2542**. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกข้าว.** *อ้างถึง* เบนิโต เอส เวอการา. 2522. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกข้าว. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

อัมพร แซ่เอียว. 2543. **คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์จากเมล็ดพืชงอก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. **เคมีธัญญาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำพล เฟื่องแก้ว. 2538. **ผลของสารเคมีคลุกเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Akawa J. and Hara-Mishimura. 1985. Topagraphic aspects of biosynthesis. extraceiiular section and intracellular storage of proteins in plant cells. **Annu Rev Plant Physiol.** 70: 441-472.

Agrawal P.K., Canvin D.T. 1971. Contribution of the pentose phosphate pathway in developing castor bean endosperm. **Can J Bot**. 49: 267-272.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Anonymous. 2006. **Method for improving harvested seed quality**. World IntellectualProperty Organization. Available. source: http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.htm, January 27, 2009.

Antunes-Kenyon, S.E. and G. Kennedy. 2001. **Thiamethoxam**. Massachusetts Pesticide Bureau, Department of Food and Agriculture, USA.

A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis**. 18th ed., The Association of Official Analyical Chemists Arlington, Virginia.

Auther, F.H., B. Yue and G.E. Wilde. 2004. Susceptibility of stored-product bettles on wheat and maize treated with thiamethoxam: effects ofconcentration, exposure interval, and temperature. **J. Stored Prod. Res**. 40: 527-546.

Babasahed B. Desai. 2004. **Seed Handbook Biology Production Processing and storage**. Marcel Dekker,Inc., USA.

Baalbaki, R.Z. 1989. The effect of seed size, density and protein content on field performance, vigourand storability of twowinter wheat varieties. **Sci. and Eng**. 50: 815B.

Beasley, Z. 2004. Soaking brown rice increase its nutritional value. **American Chemical Society**, December 16, 2000.

Brennan, M. A., I. Mert, J. Monro, J. Woolnough and C. S. Brennan. 2008. Impact of guar gum and wheat bran on the physical and nutritional quality of extruded breakfast cereals. **Starch/starke**. 60: 248-256.

Brown, E.D., J. Trybom, W.A. Colette, R.C. Homason and B.B.Pendleton. 2005. Effects of systematic seed treatment insecticides imidacloprid and thiamethoxam on sorghum hybrids. **International Sorghamand Millets Newsletter**, 42.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Calafiori, M. H. and A. A. Barbieri. 2006. **Effects of seed treatment with insecticide On the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus vulgaris L.)* culture**. available source: http: // www.unipinhal.edu.br/ojs/ecossistema/rst/rst, January 27, 2009.

Carpenter, W. J. 1989. Salvia splendens seed pregermination and priming for rapid and uniform plant emergence. **J.Amer Soc. Hort. Sci**. 114: 247-250.

Cevallos-Casals, B. A. And L. Cisneros-Zevallos. 2010. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. **Food Chemistry**. 119(4): 1485-1490.

Colpas, F. T., E. O. Ono, J. D. Rodrigues and J. R. S. Passos. 2003. Effects of soem phenolic compounds on soybean seed germination and on seed-borne fungi. **Braz. Arch. Biol. Technol**. 46(2): 155-161.

Cox, W. J., E. Shields, D. J. R. Cherney and J. H. Cherney. 2007. Seed-applied insecticides inconsistently affect corn forage in continuous corn**. Agronomy Journal.** 99: 1640-1644.

Dahal, P. and K. J Bradford. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. **J. Exp. Bot.** 41(232): 1441-1453.

Das, G. and S. Sen-Mandi. 1992. Scutellar amylase activity in naturally aged and accelerated aged wheat seeds. **Ann. Bot**. 69: 497-501.

Desai B.B., P.M. Kotecha and D.K. Salunkhe 2004. **Seed Treatment**. Seeds Handbook Biology, Production, Processing and Storage. Marcel Dekker Inc., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gregg, R.C., J.M. Petrie, D.L.Taylor and D.F. John. 1970. **Geological report on Endeavour Inlet.** Te Puke Goldfields Ltd. Unpublished open-file mining company report, Institute of Geological and Nuclear Sciences Limited MR8, Ministry of Commerce M0828.

Heatherly, L.G., M.M. Kenty and T.C. Kilen. 1995. Effect of storage environment and duration impermeable seed coat in soybean. **Field Crop Res**. 40: 57-62.

Heldt, H.W. (ED.). 1999. **Pflanzenbiochemie**,second ed. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, Berlin.

Horii, a., P. McCue and K. Shetty. 2007. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**. 98: 623-632.

Huiting, H. F. and A. Ester. 2007. Effects of seed coatings with thiamethoxam on germination and flea beetle control in flax. **Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.** 72(3): 595-601.

IRRI. 2005. **Rice seed to market: Rice knowledge bank**. The International Rice Research Institute, Available source: http://www.knowledgebank.irri.org/Rice/Ricedefault.htm, July 31, 2009.

ISTA. 2003. **International Rules for Seed Testing Edition 2003**. Seed Science and Technology, Zurich, Switzerland.

Iwasa, T., N. Motoyama, J.T. Ambrose and R.M. Roe. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in honey bee, *Apis mellifera*. **Crop prot**. 23: 371-378.

Horii, a., P. McCue and K. Shetty. 2007. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**. 98: 623-632.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Huting , H.F. and A. Ester. 2007. Effect of seed coating with thiamethoxam on germination and flea bettle control in flax. **Commun. Agric. Appl. Biol. Sci**. 72: 595-601.

Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S., Radosavljevic, M. and Kasemsuwan, T. 1999. **Effects of amylopectin branch chain length and amylase content on the gelatinization and pasting properties of starch**. Cereal Chem. 76: 629-637.

Jardine, D. J. and R. L. Bowden. 2008. **Wheat seed treatments**. Department of Plant Pathology, Kansas State University. available source: http: // www. plantpath.ksu.edu/DesktopDefault.aspx?tabid=536, October 16, 2008.

Jones, RL. And J.L. Stoddard. 1977. Gibberellins and seed germination. *In* '**The physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination'**, pp.77-109, Edited by A. A. Khan, North-Holland, Amsterdam.

Karen S. H., A. A. Hoffmann and K. S. Powell. 2008. Assaying the potential benefits of thiamethoxam and imidacloprid or phylloxera suppression and improvement to grapevine vigour. **Crop. Prot**. 27: 1229- 1236.

Komatsuzaki, N., T. Kikuichi, T. Hidechika, S. Tadanao,S. Naoto and K. Toshinori. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. **J. Food Eng**. 78: 556-560.

Kuhar, T. P., L. J. Stivers-Young, M. P. Hoffmann and A. G. Taylor. 2002. Control of corn flea beetle and Stewart's wilt in sweet corn with imidacloprid and thiamethoxam seed treatments. **Crop Protection**. 21(1): 25-31.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lattanzio. V., V.M.T. Lattanzio and A. Cardinali. 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. **Phytochemistry: Adv. Res. Research Signpost.** 37/661, 23-67.

Lowe, D.J., R. Lynden-Bell and R.C. Bray. 1972. **Biochem.J**. 130: 239-249.

Lowry, O. H., N.J. Rasebrough, A. L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenal reagent**. J. Biol. Chem**. 193: 256-275.

Maienfisch, P., M. Angst, F. Brandl, W. Fischer, D. Hofer, H. Kayser, W. Kobel, A. Rindlisbacher, R. Senn, A. Steinemann and H. Widmer. 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest manag. Sci**. 57**(**10): 906-913.

Mason G., M. Rancati and Bosco D. 2000. The Effect of Thiamethoxam, A Second Generation Neonicotinoid Insecticide in Preventing Transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Germinivirus (TYLCV) by The Whitefly Bemisia tabaci (Gennadius). **Crop Prot**. 19: 473- 479.

McCue, P., Z. Zheng, J. L. Pinkham and K. Shetty. 2000. A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. **Process Biochem**. 35: 603-613.

McPherson R. M., D. C. Jones, P. E. Bertrand and Csinos A. S. 2002. Impact of Thrips (Thysanoptera: Tripidae) Management Practice on Suppression Tomato Spotted Wilt Virus and Aphid (Homoptera: Aphididae) Control in Flue-Cured Tobacco. **J. Entomol. Sci**. 37: 143-153.

McPherson R. M., D. C. Jones, H. R. Puppu and Moore J. M. 2003. Reducing The Risk of Spotted Wilt Virus in Tobacco with Selected Thrips (Thysanoptera: Tripidae) Control Practice. **J. Agric. Urban Entomol**. 20: 11-23.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mowry F. J. 2005. Insecticidal Reduction of Potato Leafroll Virus Transmission by *Myzus persicae*. **Ann. Appl. Biol.** 146: 81-88.

Mua, J. P and Jackson, D. S. 1997. Relationships between functional attributes and molecular structures of amylose and amylopectin fractions from corn starch. **J. Agric. Food Chem.** 45: 3848-3854.

Munkvold G. and M. rice. 2001. **Corn seed treatments in 2001**. Available source: http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2001/4-9 2001/cornseedtreat.htmlintegrated Crop Management is pubilshed by the Department of Entomology,Iowa State University, Ames,Iowa, 5/21/2003.

Nagato Y., H. Litano, O Kamijima., S Kikuchi and H. Satoh. 1989. Developmental mutants showing abnormal organ differentiation in rice embryo. **Theor Appl Genet.** 78: 11-15.

Nault, B. A., A. G. Taylor, M. Urwiler, T. Rabaey and W. D. Hutchison. 2004. Neonicotinoid seed treatments for managing potato leafhopper infestations in snap bean. **Crop Protection**. 23(2): 147-154.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **J. Biol. Chem**. 153: 375-380.

Palmiano, E.P. and B.O. Juliano. 1972. Biochemical changes in the rice grain during germination. **Plant Physiol.** 49: 751-756.

Pataky, J. K., P. M. Michener and N. D. Freeman. 2005. Rates of seed treatment insecticides and control of Stewart's wilt in sweet corn. **Plant Disease**. 89(3): 262-268.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Prasanna R, U. Tripathi, T.K. Dominic, A.K. Singh, A.K. Yadav and P.K. Singh. 2003. An improvised technique formeasurement of nitrogen fixation by blue-green algae and Azolla using intact soil cores. **Experimental Agriculture.** 39: 145-150.

Sannino L., F. Porrone, M. C. Biondani, M. Contiero, A. Cersosimo and A. Balbiani. 2003. Tobacco aphid control by soil and spray applications. **Bull. Entomol. Res.** 93: 131-135.

Schulz, J. H., X. GAO, J. J. Millspaugh and A. J. Bermudez. 2007. Experimental lead pellet ingestion in Mourning Doves (*Zenaida macroura*). **American Midland Naturalist.** 158: 177-190.

Sigma-Aldrich. 2011. **Thiamethoxam and Imidacloprid**. Available source: http://www.sigmaaldrich.com/catalog/ Product Detail, October 12, 2011.

Somogyi, S. and N. Nelson. 1944. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **J. Biol. Chem**. 153: 375-380.

Shettey, K.. 2004. Role of proline-linked pentose phosphate pathway in bio-synthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: a review. **Process Biochem**. 39: 789-803.

Shi, Y. C. and Seib, P. A. 1995. Fine structure of maize starches from four wx-containing genotypes of the W64A inbred line in relation to gelatinization and retrogradation. **Carbohydrate Polymers**. 26: 141-147.

Stevens, M. M., R. F. Reinke, N. E. Coombes S.Helliwell and J. Mo. 2008. Influence of imidacloprid seed treatments on rice germination and early seedling growth. **Pest Management Science**. 64(3): 215-222.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suttajit, M., S. Immark, S. Teerajan, S. Suttajit and C. Chiyasut. 2006. Antioxidative activity and polyphenol content in different varieties of Thai rice grains. **Asia Pac J Clin Nutr**. 15(Suppl): 78.

Taylor, A.G. and C .G. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annu. Rev.Phytopathol**. 28 : 321-339.

Taylor, A.G. and G.C. Harman, 2001. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annu. Rev. Phytopathol**. 28: 321-339.

Tian, S., K. Nakamura, T. Cui and H. Kayahara. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. of Agriculture Food Chemistry, 52 : 4808-4813.Tryon, T. 1994. Why coated seed. **Seed World**. 132(11): 42-44.

Tyron, T. 1994. **Why coat seed? Seed World**, (Oct) p.42-44.

Tyler, L., S. G. Thomas,, J. Hu, A. Dill, J. M. Alonso, J.R. Ecker and T. P. Sun. 2004. DELLA proteins and gibberellinregulatedseed germination and floral development in arabidopsis. **Plant Physiol**. 135: 1008-1019.

Walker, P.T. 1961. Insecticide studies on East African agriculture pests. III. Seed dressings for the control of beanfly, *Melanagromyza phaseoli (Cog)* in Tanganyka. **Bull. Ent. Res.** 50: 781-793.

Welty, C. 2007. **Systemic seed treatments and soil insecticides for pumpkin insect management**. Ohio State University, January 2007. Available (November 2009) at http://bugs.osu.edu/welty/pp%20pdf/CucurbitSeedTrtJan2007.ppt%20.pdf.

Williams, R. D. and R. E. Hoagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds on seed germination. **Weed Sci**. 30(2): 206-212.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Williams, T., J. Valle, and E. Vinuela. 2003. Is the naturallyderived insecticide spinosad compatible with insect natural enemies?. **Biocontrol Sci. Technol**. 13: 459-475.

World Intellectual Property Organization. 2006. **Method for improving harvested seed quality**. World Intellectual Property Organization. Available source: http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.htm, January 27, 2009.

Wu, Q. J., J.Z. Zhoa, A. G. Taylor and A. M. Shelton. 2006. Evaluation of insecticides and application methods against *Contarinia nasturtii* (Diptera: *Cecidomyiida*e), a new invasive insect pest in United States. **J. Econ. Ento**. 99(1): 117-122.

Yamamoto, I., G. Yabuta , M. Tomizawa ,T. Saito,T. Miyamoto ,and S.Kagabu . 1995. Molecular mechanism for selective toxicity of nicotinoids and neonicotinoids. **J. Pest. Sci**. 20: 33-40.

Yoshimoto, Y., J. Tashiro, T. Takenouchi and Y. Takeda. 2000. Molecular structure and some physicochemical properties of high-amylose barley starches. **Cereal Chem**. 77: 279-285.

Youn, Y.N., M.J. Soe, J.G. Shin, C. Jang and Y.M. Yu. 2003. Toxicity of greenhouse pesticide to multicolored Asian lady bettles, *Hermonia axyridis* (*Coleoptera: Coccinellidae*). **Biological Control.** 28: 164-170.

Yuan, R. C., Thompson, D.B. and Boyer, C.D. 1993. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chem**. 70: 81-89.

Yuan, Y.V. and Walsh, N.A. 2006. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Extracts from a Variety of Edible Seaweeds. **Food and Chemical Toxicology**. 44: 1144-115.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการเตรียมตัวอย่างเมล็ด

เพาะเมล็ดในกระดาษเพาะแบบ between paper (ISTA, 2006) จำนวน 50 เมล็ด 4 ซ้ำ บนกระดาษ 2 แผ่นปิดทับด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง ม้วนกระดาษวางในตู้เพาะที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างเมล็ด (ต้นกล้า) ทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำไปสกัดตัวอย่าง เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการระหว่างการงอกของเมล็ด

วิธีการตรวจวิเคราะห์ Total phenolic assay

1. ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Chander and Dodds (1983)

1.1 นำตัวอย่างพืช 500 มิลลิกรัม เติมเอทานอล 8 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 48-72 ชั่วโมง

1.2 บดตัวอย่างในโกร่ง เติมไนโตรเจนเหลว จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที 8-10 นาที

1.3 ดูดส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง 300 ไมโครลิตร

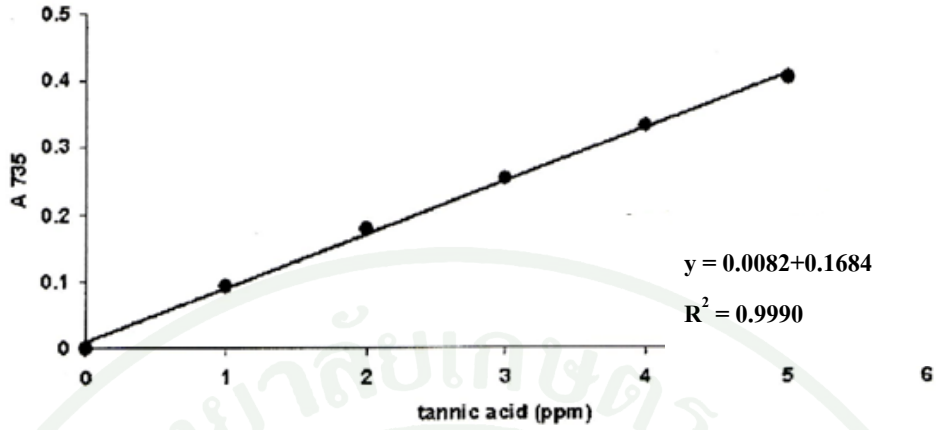
1.4 เติม 1.5 มิลลิลิตร 50% folin-ciocalteu, s phenol reagent 0.5 มิลลิลิตร (2N, sigma chemical co.,st. Louis, MO)

1.5 เติม 7.5% sodium bicarbonate 1.2 มิลลิลิตร นำไป ปั่นเหวี่ยง และทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที

1.6 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง ก่อนนำไปวัดค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 735 nm

กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์สารฟีโนลิคทั้งหมดได้จากการทำ tannic acid ที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm และสร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 735 nm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตราฐานของ gallic acid ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 735 nm

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (AOAC, 2000)

1. สารเคมี

1.1 Folin-cioculteu

1.2 กรดแทนนิค

1.3 โซเดียมคาร์บอเนต 7.5 %

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 เตรียมสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐานเริ่มต้น 100 ppm

2.2 เตรียมสารละลายกรดแทนนิคมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm โดยการดูดสารละลายกรดแทนนิคเริ่มต้นในข้อ ก. มาจำนวน 30, 60, 90, 120 และ 150 ไมโครลิตร เติมน้ำให้มีปริมาตร 300 ไมโครลิตร

2.3 เติมสารละลาย Folin-cioculteu (เจือจาง 10 เท่า) จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ข้อ 2.2 พร้อมเขย่า

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% จำนวน 1.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองข้อ 2.2 พร้อมเขย่า

2.5 ตั้งสารละลายทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

2.7 วิเคราะห์ตัวอย่างโดยการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสมแล้วดูดสารละลายมา 300 ไมโครลิตร ใส่ลงหลอดทดลอง จากนั้นดำเนินการตามข้อ 2.3 ถึง 2.6

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของกรดแทนนิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)} = \frac{\text{A735 x ค่าการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}}$$

การสกัดเอนไซม์และโปรตีน

ตัวอย่างพืช 0.6 g ในสารบัฟเฟอร์สกัดเอนไซม์ (0.5% PVP, 3 mM EDTA, และ 0.1 M Potassium Phosphate ที่ pH7.5) จำนวน 6 ml จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที 10 นาที ที่อุณหภูมิ 2-5 c เก็บไว้ในตู้เย็น

ภาพผนวกที่ 2 โกร่งบดตัวอย่างพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์โปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยนำตัวอย่างของสารละลายที่สกัดได้มาตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (Lowry, 1958) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน BSA (Bovine serum albumin)

1. สารเคมี

1.1 สารละลาย CuSo4. 5H2O 1% จำนวน 100 มิลลิลิตร

1.2 สารละลายโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรต 2% จำนวน 100 มิลลิลิตร

1.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2% ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จำนวน 1 ลิตร

1.4 สารละลาย A (ด่างคอพเพอร์) เตรียมโดยใช้สารละลาย ก:ข:ค อัตราส่วน 1:1:100

1.5 สารละลาย B โดยใช้สารละลาย Folin-Ciocuten reagent เจือจาง 2 เท่า

1.6 สารละลายโปรตีนมาตรฐาน โดยใช้ BSA (bouine serum albumin) ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร เจือจางให้มีความเข้นข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 เตรียมสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว หรือสารละลายโปรตีนมาตรฐาน จำนวน 100 ไมโครลิตร

2.2 เติมสารละลาย A จำนวน 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

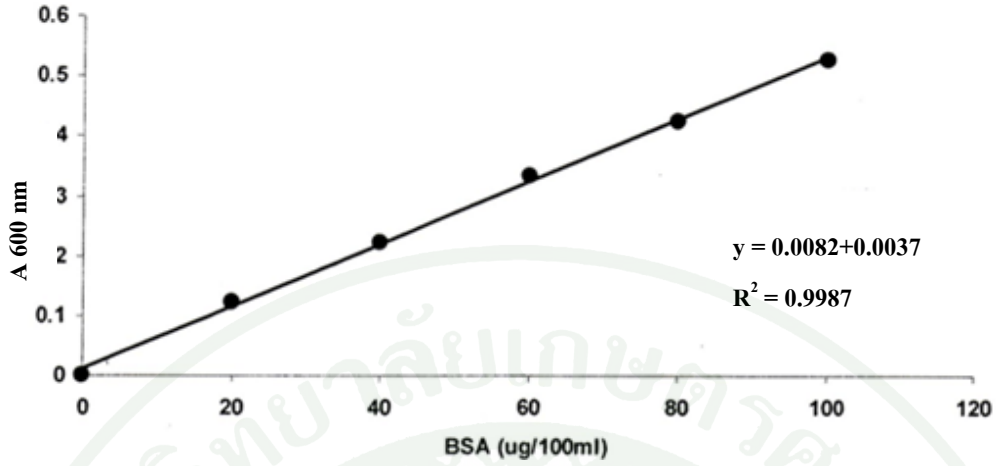
2.3 เติมสารละลาย B จำนวน 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 30 นาที

2.4 วัดค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

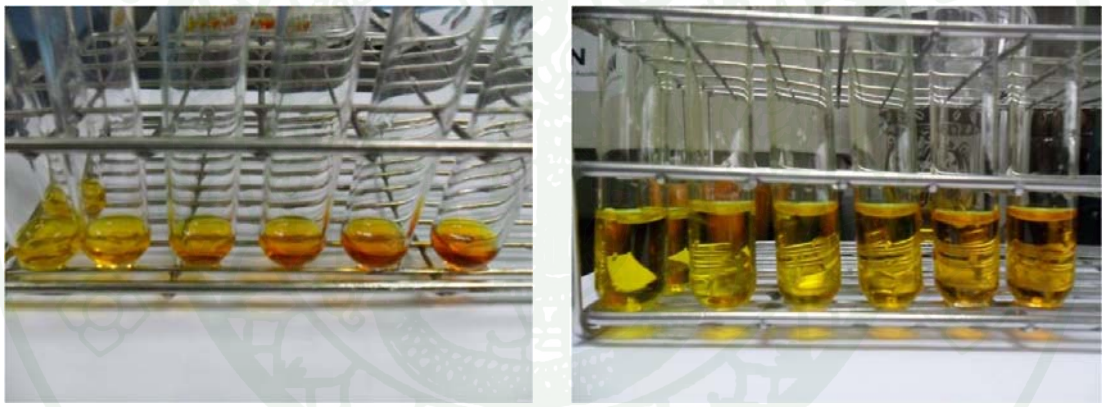
การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัมต่อ 100 ไมโครลิตร)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 3 กราฟมาตราฐานมาตรฐาน BSA (Bovine serum albumin) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/ 100 ml สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 600 nm



ภาพผนวกที่ 4 ความเข้มของสีส้มที่เกิดจากการตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (Lowry, 1958)

การวิเคราะห์แอลฟาอะไมเลส

1. ใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคส เป็นสารมาตรฐาน

หนึ่งหน่วยเอนไซม์คือปริมาณของเอนไซม์ที่ย่อยให้ 1 มิลลิโมล ของกลูโคสจากแป้งที่ละลายน้ำได้ต่อนาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 สารเคมี

1.1.1 0.02 M Sodium phosphate buffer, pH 6.9 with 0.006 M sodium chloride

1.1.2 2 N Sodium hydroxide

1.1.3 Dinitrosalicylic acid color reagent (DNS)

1.2 วิธีการเตรียม Dinitrosalicylic acid color reagent (DNS)

1.2.1 ละลาย 3,5-dinitrosalicylic acid 1.0 กรัม ในน้ำกลั่น50 มล.

1.2.2 เติมโซเดียมโพแทสเซียมตาเตรตเตตระไฮเดรต 30.0 กรัม อย่างช้าๆ

1.2.3 เติม 2 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 มิลลิลิตร

1.2.4 เจือจางให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.3 วิธีการเตรียม สารละลายแป้ง 1%

1.3.1 ละลายแป้ง 1.0 กรัม

1.3.2 ผสม 100 มิลลิลิตร 0.02 โมล โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์, pH 6.9 กับ 0.006 โมล โซเดียวคลอไรด์

1.3.3 นำไปต้มจนเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั้น

1.4 วิธีการเตรียม สารละลาย กลูโคส Stock Solution

เตรียมโดยละลายกลูโคส 180 มิลลิกรัม (MW 360.3) ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมตัวอย่างของเอนไซม์อะมัยเลส

โดยนำสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 1-10 ไมโครกรัม ควรใช้ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันสามระดับมก./ มล. = ค่าการดูดแสงที่ 280 นาโนเมตร*0.38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 วิธีการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

โดยการนำสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่นำมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย DNSที่เตรียมไว้ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

เตรียม สารละลายกลูโคสเจือจางตั้งแต่ 0.3-5 ไมโคลโมล ต่อมิลลิลิตร จำนวน 10 ระดับ

2.1.1 ปิเปตสารละลาย กลูโคส 250 ไมโครลิตร เติม DNS 250 ไมโครลิตร

2.1.2 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาทีและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2.1.3 เติมน้ำกลั่น 2.5 µl ในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน

2.1.4 อ่านค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

2.2 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส

2.2.1 ปิเปตสารละลายเอนไซม์ 0.125 ไมโครลิตรบ่มที่ 25 °C 3-4 นาที

2.2.2 เติม สารละลายแป้ง 0.125 ไมโครลิตร (บ่ม 25°C 3 นาที)

2.2.3 เติมสารละลาย DNS 250 ไมโครลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2.2.4 เจือจางสารละลายด้วยน้ำ 2.5 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.2.5 อ่านค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับ กราฟมาตรฐานของกลูโคส

การคำนวณ

$$\text{หนึ่งหน่วยเอนไซม์/มก.} = \frac{\text{ปริมาณของกลูโคสเป็นไมโครโมลที่ถูกย่อยออกมา}}{\text{มิลลิกรัมของเอนไซม์ในสารละลายที่ทำปฏิกิริยา} * 3 \text{ นาที}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 5 กราฟมาตรฐานของกลูโคส ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 1และ 200 µg/ml สร้างกราฟการดูดกลืนช่วงแสง 540 nm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ความชื้น (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ภายหลังการคลุกสารไทอะมีโทแซมอัตรา 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเมล็ด 25 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร

สาร	ความเขียวของใบ (leaf greenness)
ไม่คลุกสาร	10.59
ไทอะมีโทแซมอัตรา 2.5 มล.	10.64
ไทอะมีโทแซมอัตรา 5.0 มล.	10.67
ไทอะมีโทแซมอัตรา 7.5 มล.	10.66
ค่าเฉลี่ย	10.64
F-test	ns
CV (%)	4.45

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และ ค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปกติ

Treatment	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ (หน่วยต่อมก.โปรตีน)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
ไม่คลุกสาร ที่ 1 วันหลังเพาะ	14.83051	14.66102	433.6441	420.0000	1070.922414	1034.922414	1.01433	0.980232
ไทอะมีโทแซม ที่ 1 วันหลังเพาะ	16.77966	17.11864	446.5678	425.5169	1866.694915	1861.271186	1.42625	1.422106
อิมิดาคลอพริด ที่ 1 วันหลังเพาะ	12.55833	13.10833	503.1583	465.3917	2505.901639	2501.967213	2.144501	2.141134
ไม่คลุกสาร ที่ 2 วันหลังเพาะ	21.07500	19.80000	482.7966	488.8136	4383.737705	4383.737705	4.321117	4.321117
ไทอะมีโทแซม ที่ 2 วันหลังเพาะ	23.7.000	22.90000	446.5833	458.2500	2882.344828	2907.793103	2.850692	2.875861
อิมิดาคลอพริด ที่ 2 วันหลังเพาะ	24.22414	22.41379	486.5517	475.8621	3043.322034	3057.423729	2.97949	2.993296
ไม่คลุกสาร ที่ 3 วันหลังเพาะ	12.96610	12.62712	668.5932	657.5339	6375.344828	6398.87931	3.151941	3.163577
ไทอะมีโทแซม ที่ 3 วันหลังเพาะ	20.33898	22.28814	497.2881	469.1525	6505.473684	6542.631579	4.015724	4.038661
อิมิดาคลอพริด ที่ 3 วันหลังเพาะ	19.56897	20.08621	652.6667	638.7333	7015.241379	6982.034483	3.567656	3.550768
ไม่คลุกสาร ที่ 4 วันหลังเพาะ	21.27966	21.35593	772.2881	731.1017	3078.098361	3070.688525	1.96004	1.955322

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Treatment	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ (หน่วยต่อมก.โปรตีน)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
ไทอะมีโทแซม ที่ 4 วันหลังเพาะ	23.54386	23.64035	590.5678	590.1102	7700.578947	7771.692982	3.818834	3.854101
อิมิดาคลอพริด ที่ 4 วันหลังเพาะ	24.06780	20.00000	726.7881	683.5424	8139.724138	8148.000000	3.150511	3.153714
ไม่คลุกสาร ที่ 5 วันหลังเพาะ	17.84746	25.70339	405.9153	385.5508	5787.711864	5780.932203	4.873689	4.867980
ไทอะมีโทแซม ที่ 5 วันหลังเพาะ	27.62712	26.44068	514.3220	540.8475	5967.500000	5967.313559	3.805660	3.805541
อิมิดาคลอพริด ที่ 5 วันหลังเพาะ	26.00000	30.75000	459.5000	484.0833	6114.426230	6118.360656	4.881298	4.884439

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณโปรตีน ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และ ค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เร่งอายุ

Treatment	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ (หน่วยต่อมก.โปรตีน)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
ไม่คลุกสาร ที่ 1 วันหลังเพาะ	9.824561	9.824561	420.0000	363.0328	1559.016393	1533.770492	1.935287	1.903948
ไทอะมีโทแซม ที่ 1 วันหลังเพาะ	15.97500	17.40000	425.5169	416.2583	1749.655172	1721.982759	1.700687	1.673789
อิมิดาคลอพริด ที่ 1 วันหลังเพาะ	9.864407	9.864407	465.3917	386.5574	1628.877193	1594.096491	1.329239	1.300856
ไม่คลุกสาร ที่ 2 วันหลังเพาะ	13.84211	13.89474	488.8136	336.9500	5085.931034	5076.000000	4.144664	4.136571
ไทอะมีโทแซม ที่ 2 วันหลังเพาะ	13.61017	13.42373	458.2500	346.2295	2994.844828	2867.112069	2.946357	2.820692
อิมิดาคลอพริด ที่ 2 วันหลังเพาะ	11.18966	11.18966	475.8621	397.0492	3175.775862	3166.672414	2.552202	2.544886
ไม่คลุกสาร ที่ 3 วันหลังเพาะ	13.41667	14.08333	657.5339	431.8333	5409.590164	5409.442623	5.105124	5.104985
ไทอะมีโทแซม ที่ 3 วันหลังเพาะ	14.65517	13.18966	469.1525	387.1667	4964.035714	4826.678571	3.690243	3.588132
อิมิดาคลอพริด ที่ 3 วันหลังเพาะ	11.55000	12.74167	638.7333	398.7000	4753.789474	4762.210526	3.266855	3.272642
ไม่คลุกสาร ที่ 4 วันหลังเพาะ	16.37705	16.52459	731.1017	408.8361	6100.229508	6341.459016	5.558379	5.778181

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Treatment	ปริมาณสารฟีนอลิก (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณโปรตีน (มก.ต่อกรัมเมล็ด)		ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส (หน่วยต่อกรัมเมล็ด)		ค่าแอคติวิตี้จำเพาะ (หน่วยต่อมก.โปรตีน)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
ไทอะมีโทแซม ที่ 4 วันหลังเพาะ	20.17500	20.32500	590.1102	483.0750	5621.949153	5623.305085	3.869291	3.870225
อิมิดาคลอพริด ที่ 4 วันหลังเพาะ	18.36207	18.44828	683.5424	542.1393	6894.711864	6891.457627	3.361495	3.359909
ไม่คลุกสาร ที่ 5 วันหลังเพาะ	11.72881	11.59322	385.5508	439.6721	5861.286885	5867.188525	4.346682	4.351059
ไทอะมีโทแซม ที่ 5 วันหลังเพาะ	20.49180	20.16393	540.8475	486.0656	6257.263158	6286.692982	3.983048	4.001781
อิมิดาคลอพริด ที่ 5 วันหลังเพาะ	17.06897	17.63793	484.0833	607.3443	6031.116667	5772.433333	3.697746	3.539145

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

Source of variation	ความงอกมาตรฐานของเมล็ด				ความงอกในสภาพไร่			
	Df	Sum of squares	Mean squares	F-value	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
Replication	3	4.00	1.33	0.29 ns	3	14.75	4.92	1.69 ns
Treatment	3	34.00	11.33	2.43 ns	3	50.75	16.92	5.80*
Error	9	42.00	4.67		9	26.25	2.92	
Total	15	80.00			15	91.75		
CV (%)	2.48				2.04			

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวรากที่ 7 และ 14 วันหลังงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

Source of variation	ความยาวรากที่ 7 วัน				ความยาวรากที่ 14 วัน			
	Df	Sum of squares	Mean squares	F-value	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
Replication	3	0.247	0.082	0.13 ns	3	3.657	1.219	0.58 ns
Treatment	3	20.051	6.684	10.51**	3	59.307	19.769	9.47**
Error	9	5.726	0.636		9	18.796	2.088	
Total	15	26.024			15	81.759		
CV (%)	9.04							

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารไทอะมีโทแซมที่มีต่อความยาวยอดที่ 7 และ 14 วันหลังงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

Source of variation	ความยาวยอดที่ 7 วัน				ความยาวยอดที่ 14 วัน			
	Df	Sum of squares	Mean squares	F-value	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
Replication	3	0.293	0.098	0.92 ns	3	13.385	4.462	1.85 ns
Treatment	3	6.208	2.069	19.45**	3	72.570	24.190	10.01**
Error	9	0.958	0.106		9	21.755	2.417	
Total	15	7.458			15	107.710		
CV (%)	3.84				11.41			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	68.45489578	34.22744789	165.83**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	22.15050790	22.15050790	107.32**
N x S	2	10.95070131	5.47535065	26.53**
Error	6	1.2383809	0.2063968	
Total	11	102.7944859		
CV (%)	3.37			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	3.8915765	1.9457883	4.18 ns
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	270.3974776	270.3974776	581.45**
N x S	2	15.5835741	7.7917870	16.76**
Error	6	2.7902518	0.4650420	
Total	11	292.6628800		
CV (%)	3.87			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	38.53318140	19.26659070	28.22**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	66.45350742	66.45350742	97.32**
N x S	2	48.09380424	24.04690212	35.22**
Error	6	4.0969492	0.6828249	
Total	11	157.1774423		
CV (%)	5.29			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	18.53307983	9.26653991	6.69*
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	46.71123350	9.26653991	33.74**
N x S	2	1.31355022	0.65677511	0.47 ns
Error	6	8.30689854	1.38448309	
Total	11	74.86476209		
CV (%)	5.78			

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 11 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	115.8919663	57.9459831	8.07*
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	258.3920978	258.3920978	36.00**
N x S	2	10.3545602	5.1772801	0.72 ns
Error	6	43.0677087	7.1779515	
Total	11	427.7063329		
CV (%)	12.70			

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	2856.22526	1428.11263	5.61*
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	10614.89766	10614.89766	41.67**
N x S	2	1969.44600	984.72300	3.87 ns
Error	6	1528.41940	254.73657	
Total	11	16968.98832		
CV (%)	3.81			

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	2935.70294	1467.85147	16.33**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	37151.20208	37151.20208	413.39**
N x S	2	3101.41089	1550.70544	17.25**
Error	6	539.22070	89.87012	
Total	11	43727.53661		
CV (%)	2.27			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	28989.2808	14494.6404	69.70**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	111008.6086	111008.6086	533.80**
N x S	2	14828.5594	7414.2797	35.65**
Error	6	1247.7465	207.9577	
Total	11	156074.1952		
CV (%)	2.88			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	17932.1393	8966.0696	26.43**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	125544.1449	125544.1449	370.02**
N x S	2	30455.4214	15227.7107	44.88**
Error	6	2035.7343	339.2891	
Total	11	175967.4399		
CV (%)	3.18			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	28878.93354	14439.46677	62.82**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	6268.80091	6268.80091	27.27**
N x S	2	12104.68363	6052.34181	26.33**
Error	6	1379.18075	229.86346	
Total	11	48631.59883		
CV (%)	3.11			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	1188470.462	594235.231	1803.58**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	92625.752	92625.752	281.13**
N x S	2	963776.627	481888.314	1462.59**
Error	6	1976.856	329.476	
Total	11	2246849.697		
CV (%)	1.06			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	7971337.807	3985668.903	2757.67**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	243098.815	243098.815	168.20**
N x S	2	258922.324	129461.162	89.57**
Error	6	8671.814	1445.302	
Total	11	8482030.760		
CV (%)	1.06			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	85872.004	42936.002	23.45**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	7830907.219	7830907.219	4276.22**
N x S	2	797893.420	398946.710	217.85**
Error	6	10987.600	1831.267	
Total	11	8725660.242		
CV (%)	0.73			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	17431920.88	8715960.44	1650.11**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	15817.41	15817.41	2.99 ns
N x S	2	15915698.90	7957849.45	1506.58**
Error	6	31692.35	5282.06	
Total	11	33395129.54		
CV (%)	1.16			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 21 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลสภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	178207.2016	89103.6008	15.75**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	9618.4379	9618.4379	1.70 ns
N x S	2	135592.8237	67796.4119	11.99**
Error	6	33939.7447	5656.6241	
Total	11	357358.2079		
CV (%)	1.26			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 1 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	0.15016934	0.07508467	243.36**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	0.04263242	0.04263242	138.18**
N x S	2	1.56247535	0.78123767	2532.13**
Error	6	0.00185118	0.00030853	
Total	11	1.75712829		
CV (%)	1.11			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 23 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 2 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	5.32729434	2.66364717	1910.03**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	0.11924150	0.11924150	85.50**
N x S	2	0.10546021	0.05273011	37.81**
Error	6	0.00836736	0.00139456	
Total	11	5.56036341		
CV (%)	1.13			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 24 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	1.03764660	0.51882330	545.80**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	0.53748621	0.53748621	565.44**
N x S	2	3.48881009	1.74440504	1835.12**
Error	6	0.00570339	0.00095057	
Total	11	5.06964629		
CV (%)	0.81			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 25 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 4 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	0.88992284	0.44496142	107.67**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	5.20736417	5.20736417	1260.03**
N x S	2	8.60579871	4.30289935	1041.18**
Error	6	0.02479636	0.00413273	
Total	11	14.72788209		
CV (%)	1.77			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 26 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ที่มีต่อค่า specific activities ของเอนไซม์อะไมเลส ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ 5 วันหลังเพาะ

Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (N)	2	1.01063904	0.50531952	237.17**
เมล็ดปกติ เมล็ดเร่งอายุ (S)	1	0.85287781	0.85287781	400.30**
N x S	2	1.05323436	0.52661718	247.17**
Error	6	0.01278353	0.00213059	
Total	11	2.92953475		
CV (%)	1.09			

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวพัชราวลัย เฉลิมชัยมนตรี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 มกราคม 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ประวัติการทำงาน	1 กรกฎาคม 2553 – 28 กุมภาพันธ์ 2554 เจ้าหน้าที่สมาคมวิทยาการวัชพืชแห่งประเทศไทย 1 มีนาคม 2554 – 30 กันยายน 2554 พนักงานจ้างเหมาราชการ กลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 1 ตุลาคม 2554 – ปัจจุบัน พนักงานฝ่ายประชาสัมพันธ์และสารสนเทศ บริษัทโซตัสอินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์