บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ศึกษาการเลือกเมล็ดข้าวอาศัย และการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวในข้าวสาร 20 พันธุ์

จากตาราง 1 หลังจากปล่อยด้วงงวงข้าว 2,000 ตัว ให้เลือกเข้าทำลายข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 20 พันธุ์ พบจำนวนแมลงแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ที่ทำการทดลอง พันธุ์ที่พบจำนวนแมลงมากที่สุดคือพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น จำนวน 242 ตัว รองลงมาคือพันธุ์ K-58 จำนวน 184 ตัว ส่วนพันธุ์ที่พบจำนวนแมลงในระดับปานกลางมีประมาณ 89-140 ตัว และพบจำนวนแมลงน้อยในอันดับต้น ๆ ในข้าวพันธุ์ กข 6, ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, กข 7, กข 23, ชัยนาท 1, ปทุมธานี 1, หอมสกลนคร และหอมสุพรรณบุรี มีจำนวนแมลง 46, 48, 49, 58, 61, 62, 64, 67 และ 70 ตัว ตามลำดับ

จากการสังเกต พบว่า จำนวนแมลงในข้าวก่ำ พันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นมากสูงสุดถึง 242 ตัว ซึ่งมีจำนวนมากจนสามารถเรียกได้ว่ามีจำนวนด้วงงวงข้าวมากที่สุดได้ ส่วนข้าวก่ำพันธุ์ มะลิแดง และหอมนิล ที่มีจำนวนด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย 89 และ 111 ตัว ตามลำดับ โดยทั้งคู่มีจำนวนแมลงระดับปานกลาง

ข้าวจ้าวชาวเขา คือ ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน, ขาวสั้น ศ.นกน้อย, ข้าวขาว ศ.ปางอู๋ และ K-58 ที่มีด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย 110, 134, 140 และ 184 ตัว ตามลำดับ สามารถจัดกลุ่มตามจำนวนด้วงงวงข้าวได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ข้าวพันธุ์ K-58 และ 2) ข้าวพันธุ์ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน, ขาวสั้น ศ.นกน้อย, ข้าวขาว ศ.ปางอู๋

ด้านข้าวเหนียวทั้ง 4 พันธุ์ สามารถจัดได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ข้าวแพร่ มีจำนวนด้วงงวงข้าวเลือกเข้าทำลาย 100 ตัว และ 2) กข 6, เหนียวสันป่าตอง และหอมสกลนคร มีจำนวนด้วงงวงข้าวเลือกเข้าทำลาย 46, 49 และ 67 ตัว ตามลำดับ

ส่วนข้าวจ้าวสามารถจัดกลุ่มตามการเข้าทำลายได้ถึง 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากส่วนใหญ่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง คือ พิษณุโลก 2, หอมคลองหลวง และ หอมสุพรรณบุรี 90 มีจำนวนด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย 89, 90 และ 94 ตัว ตามลำดับ และกลุ่มที่มีจำนวนด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อยในข้าวจ้าวมีทั้งหมด 6 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105, กข 7, กข 23, ชัยนาท 1, ปทุมธานี 1 และหอมสุพรรณบุรี มีจำนวนด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย 48, 58, 61, 62, 64 และ 70 ตัวตามลำดับ

จำนวนแมลงมาก - น้อย แตกต่างกันนั้นขึ้นกับความเหมาะสม หรือไม่เหมาะสมของข้าวพันธุ์นั้น (antixenosis) พันธุ์ที่มีจำนวนแมลงมากอาจเป็นเพราะข้าวพันธุ์นั้นมีปัจจัยที่แมลงชอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่น กลิ่น รูปร่างสัณฐานวิทยาของเมล็ด และลักษณะอื่น ๆ ซึ่งอาจจะเหมาะต่อการเป็นอาหาร วางไข่ หรือเป็นที่หลบซ่อนกำบังมากกว่าพันธุ์ที่มีจำนวนแมลงน้อย

โดยส่วนใหญ่ ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวจ้าวชาวเขา และข้าวก่ำมาก อาจเป็นเพราะเมล็ดข้าวมีขนาดใหญ่ และมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งจากการทดลองของ Leuschener (2000) พบว่า ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมากในเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ และอ่อน นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าด้วงงวงข้าวเข้าทำลายเมล็ดที่มีกลิ่นมากกว่าเมล็ดที่ไม่มีกลิ่น ยกเว้นกลิ่นนั้นมาจากพันธุ์ต้านทาน (Seifelnasr, 1991) Chunni and Singh (1996) พบว่าการเข้าทำลายมาจากสารอาหารในข้าวด้วย ซึ่งด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมากเมื่อมีปริมาณโปรตีนมาก และการที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมีผลให้ ปริมาณไขมัน, เถ้า และ reducing sugar ลดลง (Sudhakar and Pandey, 1987) ดังนั้น ในข้าวจ้าวชาวเขาน่าจะมีปัจจัยบางอย่างที่ดึงดูดให้ด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย

น้ำหนักของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่สูญเสียจากการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว (ตาราง 2) พบว่ามีข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น เพียงพันธุ์เดียวเท่านั้นที่มีการลดลงของน้ำหนักข้าวสารมากที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักที่สูญเสียไป 1.4357 กรัม ข้าวที่มีน้ำหนักสูญเสียไปมาก มีแนวโน้มเป็นข้าวก่ำ และข้าวจ้าวชาวเขา ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวสูง การลดลงของน้ำหนักก็จะแปรผันตามจำนวนตัวของด้วงงวงข้าวในการเข้าทำลาย ซึ่งกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากก็มีแนวโน้มน้ำหนักสูญเสียไปมาก และกลุ่มที่มีการเข้าทำลายน้อยก็มีน้ำหนักสูญเสียไปน้อย การที่ข้าว กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 ต้องใช้แรงมากในการกดเมล็ดให้แตก และมีปริมาณโปรตีนมากกว่า ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 อาจทำให้น้ำหนักที่สูญเสียลดลงน้อย เนื่องจากไม่เหมาะกับการกิน ซึ่งคล้ายกับรายงานของ Chunni and Singh (1996) ว่าความแข็งของเมล็ดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณโปรตีนในเมล็ด และการไม่ต้านทานด้วงงวงข้าว แต่ปริมาณโปรตีนก็มีส่วนทำให้อาหารที่มีอยู่ในเมล็ดมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Gomez, 1983) การที่มีโปรตีนในเมล็ดมากจึงมีส่วนในการกำหนดพฤติกรรมการกินของด้วงงวงข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 จำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

ลำดับที่	พันธุ์ข้าว	ลักษณะข้าว	จำนวนด้วงงวงข้าว(ตัว)
1	กข 6	เหนียว	46 a
2	ขาวดอกมะลิ 105	จ้าว	48 a
3	เหนียวสันป่าตอง	เหนียว	49 a
4	กข 7	จ้าว	58 ab
5	กข 23	จ้าว	61 ab
6	ชัยนาท 1	จ้าว	62 ab
7	ปทุมธานี 1	จ้าว	64 ab
8	หอมสกลนคร	เหนียว	67 abc
9	หอมสุพรรณบุรี	จ้าว	70 abc
10	มะลิแดง	ก่ำ	89 bcd
11	พิษณุโลก 2	จ้าว	89 bcd
12	หอมคลองหลวง	จ้าว	90 bcd
13	หอมสุพรรณบุรี 90	จ้าว	94 bcd
14	ข้าวแพร่	เหนียว	100 cd
15	ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน	จ้าว	110 de
16	หอมนิล	ก่ำ	111 de
17	ขาวสั้น ศ.นกน้อย	จ้าว	134 e
18	ข้าวขาว ศ. ปางอู๋	จ้าว	140 e
19	K-58	จ้าว	184 f
20	ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	ก่ำ	242 h

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 น้ำหนักของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ลดลงจากการที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลาย

ลำดับที่	พันธุ์ข้าว	น้ำหนักที่หายไป 10 วันหลังจากแมลงเข้าทำลาย (กรัม)
1	ชัยนาท 1	0.0506 a
2	เหนียวสันป่าตอง	0.0600 a
3	กข 7	0.0632 a
4	กข 23	0.0719 a
5	ขาวดอกมะลิ 105	0.0785 a
6	ปทุมธานี 1	0.0847 a
7	หอมสกลนคร	0.1059 ab
8	หอมสุพรรณบุรี	0.1259 ab
9	มะลิแดง	0.1628 abc
10	ข้าวแพร่	0.1802 abc
11	กข 6	0.1856 abc
12	พิษณุโลก 2	0.1867 abc
13	หอมคลองหลวง	0.2028 abc
14	หอมสุพรรณบุรี 90	0.2966 abc
15	ขาวสั้น ศ.นกน้อย	0.3790 abc
16	ข้าวขาว ศ. ปางอู๋	0.5262 abc
17	หอมนิล	0.5769 bc
18	ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน	0.5809 bc
19	K-58	0.6349 c
20	ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	1.4357 d

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1

เมื่อทิ้งข้าวที่ถูกเข้าทำลายไว้จนลูกรุ่นที่ 1 ออกมาจากเมล็ดข้าว แล้วนับจำนวนด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 พบว่าจำนวนลูกรุ่นที่ 1 ที่เจาะออกมาจากเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ (ตาราง 3) ซึ่งพันธุ์ข้าวที่มีจำนวนด้วงงวงข้าวลูกรุ่นที่ 1 มากที่สุด คือ ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และหอมนิล มีจำนวนด้วงงวงข้าวลูกรุ่นที่ 1 จำนวน 112 และ 102 ตัว ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ที่มีลูกรุ่นที่ 1 น้อยมี 16 พันธุ์ คือ กข 23, ชัยนาท 1, กข 7, ขาวดอกมะลิ 105, หอมสุพรรณบุรี 90, กข 6, พิษณุโลก 2, หอมสุพรรณบุรี, หอมสกลนคร, ปทุมธานี 1, เหนียวสันป่าตอง, ข้าวขาว ศ. ปางอู๋, ข้าวแพร่, หอมคลองหลวง, ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน และ K-58 มีจำนวน 0-44 ตัว

จากการทดลองพบว่า ข้าวที่มีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 มากนั้นเป็นข้าวก่ำที่มีเมล็ดใหญ่ทั้งหมด อาจเพราะด้วงงวงข้าวเลือกเข้าทำลายข้าวเมล็ดใหญ่ (Leuschener, 2000) และตัวเมียด้วงงวงข้าววางไข่บนเมล็ดที่กว้างจำนวนมาก และเร็วกว่าเมล็ดที่แคบ (Campbell, 2002) หรือในข้าวก่ำมีสิ่งกระตุ้นให้มีการวางไข่ โดย Arakaki and Takahashi (1982) พบว่า ด้วงงวงข้าวจะเลือกวางไข่บนเอ็มบริโอ และจะไม่วางไข่บนก้อนเมล็ดข้าวที่ทำขึ้นถ้าไม่ได้ผสม aleurone layer และเอ็มบริโอลงไปด้วย เพราะทั้งสองเป็นสิ่งกระตุ้นให้มีการวางไข่

เมื่อเทียบระหว่างจำนวนลูกรุ่นที่ 1 ของพันธุ์ที่มีจำนวนมาก และน้อย พบว่า มีความแตกต่างกันประมาณ 5 เท่า การที่จำนวนลูกมีความแตกต่างกันมากนั้น อาจเป็นเพราะมีปัจจัยบางอย่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ จากการทดลองของ Gursharan and Thapar (1998) พบว่า ข้าวพันธุ์ Jaya และ IR8 มีจำนวนด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 น้อย ซึ่งทั้งคู่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5 และ 4.7 ตามลำดับ และยังพบอีกว่าความแข็งของเมล็ดมีส่วนในการรอดเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวด้วย โดยอัตราส่วนของการรอดเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวในข้าวฟ่างพันธุ์ที่มีเมล็ดแข็งกับอ่อนต่างกันมากถึง 1 : 5 (Russell, 1966)

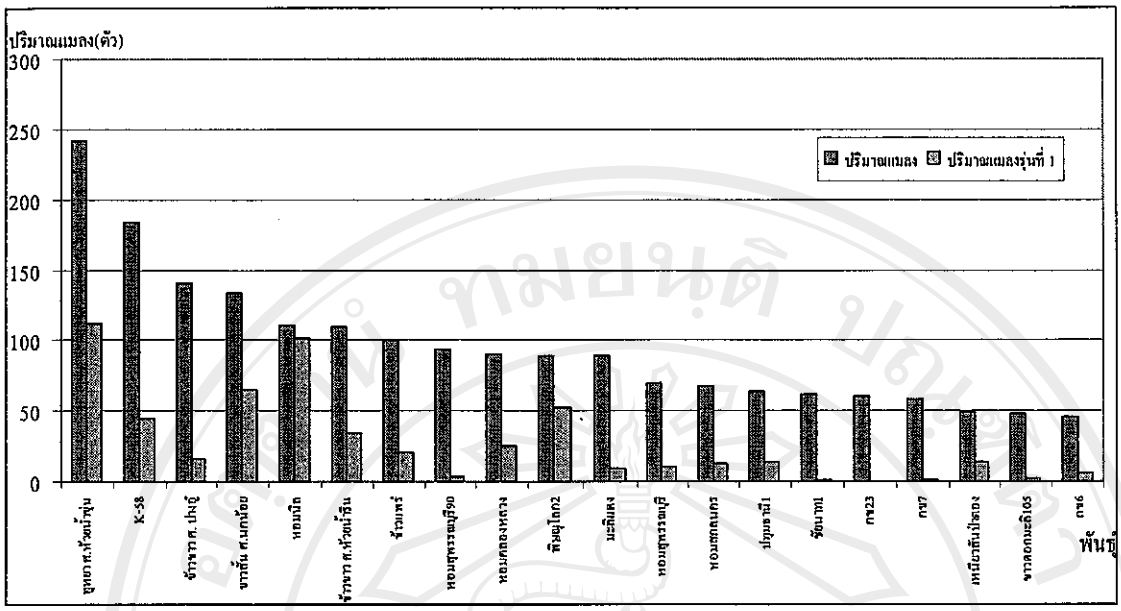
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3 จำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

ลำดับที่	พันธุ์ข้าว	ลักษณะข้าว	จำนวนด้วงงวงข้าว(ตัว)
1	กข 23	จ้าว	0 a
2	กข 7	จ้าว	1 a
3	ชัยนาท 1	จ้าว	1 a
4	ขาวดอกมะลิ 105	จ้าว	2 a
5	หอมสุพรรณบุรี 90	จ้าว	3 a
6	กข 6	เหนียว	6 ab
7	พิษณุโลก 2	จ้าว	9 ab
8	หอมสุพรรณบุรี	จ้าว	10 ab
9	หอมสกลนคร	เหนียว	12 ab
10	ปทุมธานี 1	จ้าว	14 ab
11	เหนียวสันป่าตอง	เหนียว	14 ab
12	ข้าวขาว ศ. ป่างอู๋	จ้าว	16 ab
13	ข้าวแพร่	เหนียว	21 abc
14	หอมคลองหลวง	จ้าว	25 abc
15	ข้าวขาว ศ.ห้วยน้ำริน	จ้าว	34 abc
16	K-58	จ้าว	44 abc
17	มะลิแดง	ก่ำ	52 bc
18	ขาวสั้น ศ.นกน้อย	จ้าว	65 cd
19	หอมนิล	ก่ำ	102 de
20	ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	ก่ำ	112 e

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 9 เปรียบเทียบจำนวนด้วงงวงข้าวที่เข้าทำลายข้าวสารกับจำนวนลูกรุ่นที่ 1

จากภาพ 9 สามารถเห็นความแตกต่างของจำนวนด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 ได้อย่างชัดเจน ซึ่งข้าวที่มีจำนวนด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 น้อยได้กระจายอยู่ในทุกกลุ่มของการเข้าทำลาย แม้ข้าวบางพันธุ์จะมีจำนวนแมลงที่เข้าทำลายมาก แต่ก็พบว่า จำนวนของลูกที่เกิดออกมาไม่เป็นไปตามจำนวนของรุ่นพ่อ-แม่ เช่น ข้าวพันธุ์ K-58 ซึ่งมีการเข้าทำลายมาก แต่มีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 น้อย ดังนั้นในข้าวที่มีการเข้าทำลายมากจึงไม่จำเป็นต้องมีจำนวนด้วงงวงข้าวรุ่นที่ 1 มากตาม เพราะความเหมาะสมในการวางไข่ และการเจริญเติบโตแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์

ในข้าวพันธุ์หอมนิลมีการเข้าทำลายค่อนข้างมาก แต่จำนวนด้วงงวงข้าวก็ไม่มากจนเป็นพันธุ์อ่อนแอ แต่จากการที่มีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 มากนั้น สามารถสรุปได้ว่า เมล็ดข้าวพันธุ์หอมนิลมีความต้านทานแบบ antixenosis อย่างเดียว จากการศึกษาพบว่าข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ที่มีการเลือกเข้าทำลายน้อย มีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 ในน้อยด้วย ทำให้ทราบว่า ข้าวทั้ง 9 พันธุ์มีความต้านทานด้วงงวงข้าว 2 แบบ คือ antixenosis และ antibiosis (ตาราง 4) ส่วนในข้าว K-58 พบมีการเข้าทำลายมาก จึงไม่พบความต้านทานแบบ antixenosis แต่การที่ K-58 มีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 น้อย จึงสามารถสรุปได้ว่าเมล็ดข้าวพันธุ์ K-58 มีความต้านทานแบบ antibiosis อย่างเดียว และข้าวพันธุ์ในทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นที่อ่อนแอทั้งการเข้าทำลาย และมีจำนวนลูกรุ่นที่ 1 มาก จึงไม่พบความต้านทานแบบใดเลยในเมล็ดข้าวพันธุ์นี้ ซึ่งถือว่าเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4 สาเหตุความต้านทานของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์	สาเหตุความต้านทาน	
	antixenosis	antibiosis
ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	X	X
K-58	X	√
กข 7	√	√
เหนียวสันป่าตอง	√	√
ขาวดอกมะลิ 105	√	√
กข 6	√	√

√ = พบความต้านทาน

X = ไม่พบความต้านทาน

4.3 วงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวในข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ

ทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทาน และไม่ต้านทานด้วงงวงข้าวแบบ antixenosis จำนวน 6 พันธุ์ คือ ข้าวพันธ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น, K-58, กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105, และ กข 6 เพื่อศึกษาวงจรชีวิตแมลงในเมล็ดข้าว พบว่า ด้วงงวงข้าวมีวงจรชีวิตระยะไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในข้าวทุกพันธุ์ที่คัดเลือก (ตาราง 5) โดยมีระยะไข่ประมาณ 9-11 วัน

ในระยะตัวอ่อนพบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนวันในการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวกับพันธุ์ข้าว จะเห็นได้ว่าด้วงงวงข้าวมีระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วงระยะตัวอ่อนน้อยในข้าวพันธุ์ กข 6, ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และเหนียวสันป่าตอง ใช้เวลา 20.0, 20.3 และ 20.3 วันตามลำดับ ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการเจริญเติบโตช่วงระยะตัวอ่อนยาวนานที่สุดถึง 33.2 วัน การที่ด้วงงวงข้าวเจริญเติบโตแตกต่างกันนั้น อาจมาจากการใช้ธาตุอาหารคนละชนิด หรือ ใช้ธาตุอาหารชนิดเดียวกันแต่ในปริมาณที่แตกต่างกันในการเติบโต จึงทำให้เวลาที่เป็นตัวอ่อนที่แตกต่างกันทางสถิติ Gomez (1983) รายงานว่า กลูโคสทำให้การเจริญเติบโตระยะตัวอ่อนสั้น และขนาดของดักแด้ใหญ่ขึ้น และ Sudhakar and Pandey (1987) ยังพบว่ากรดยูริคมีผลต่อการเติบโตของลูกรุ่นที่ 1 ธาตุอาหารจึงมีส่วนอย่างมากในการเจริญเติบโต จากการที่พบตัวอ่อนเพียงตัวเดียวในเมล็ดข้าวสาร 1 เมล็ด ทั้ง ๆ ที่ ด้วงงวงข้าวตัวเมียวางไข่ 4-6 ฟองต่อข้าว 1 เมล็ด (ชูวิทย์, 2543) เป็นเพราะด้วงงวงข้าวที่ฟักออกจากไข่จะกินกันเอง ส่งผลให้ภายในเมล็ดข้าวหนึ่งเมล็ดจะมีตัวอ่อนเพียงตัวเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่านั้น (Arakaki and Takahash, 1982) เพราะฉะนั้น อาหารที่จำกัด กลิ่น และสภาพทางชีววิทยาจึงไม่ใช่ปัจจัยหลักในการควบคุมความหนาแน่นของประชากรตัวอ่อนด้วงงวงข้าว

ส่วนระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนวันในการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถแบ่งการเจริญเติบโตได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สามารถเข้าดักแด้ได้ และกลุ่มที่ไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ของด้วงงวงข้าว ในกลุ่มที่สามารถเข้าดักแด้ได้ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น, K-58, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105, และ กข 6 และกลุ่มที่ด้วงงวงข้าวเสียชีวิตก่อนเข้าดักแด้ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข 7 การที่ด้วงงวงข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยได้ อาจเป็นเพราะขาดสารอาหารบางอย่างที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต จากการทดลองจึงทำให้ทราบว่า ในข้าวพันธุ์ กข 7 ขาดสารอาหารที่จำเป็นกับการพัฒนาเป็นดักแด้ของด้วงงวงข้าว

ตาราง 5 วงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวในข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วงจรชีวิต(วัน)		
	ระยะไข่	ระยะตัวอ่อน	ระยะดักแด้
ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	9.5 a	20.3 b	6.3 b
K-58	9.7 a	23.7 b	5.2 b
กข 7	10.2 a	0[(1)] a	0[(1)] a
เหนียวสันป่าตอง	10.8 a	20.3 b	5.2 b
ขาวดอกมะลิ 105	9 a	33.2 c	5.3 b
กข 6	11 a	20 b	5.5 b

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

[(1)] = ไม่เข้าดักแด้

เมื่อนับจำนวนวัน ตั้งแต่ด้วงงวงข้าวเริ่มวางไข่บนเมล็ดข้าวจนถึงระยะต่าง ๆ เพื่อดูระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าว (ตาราง 6) พบความแตกต่างทางสถิติของพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์กับเวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่จนเป็นดักแด้ ซึ่งทุกพันธุ์ที่สามารถเข้าดักแด้ได้จะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 29.8-42.2 วัน พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนวันตั้งแต่เป็นไข่จนเข้าดักแด้นานถึง 42.2 วัน ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวที่มีระยะเวลาของการเจริญเติบโตที่ยาวนานจนแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายน้อยเหมือนกัน อาจเพราะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีกลูโคสเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบน้อย ดังรายงานของ Sudhakar and Pandey (1987) ว่ากลูโคสมากทำให้การเจริญเติบโตระยะตัวอ่อนสั้น และจากการวิเคราะห์ พบว่าปริมาณไขมันในเมล็ดน้อยมีผลทำให้การเจริญเติบโตระยะตัวอ่อนยาวนานขึ้น ส่วนข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น, กข 6, เหนียวสันป่าตอง และ K-58 มีเวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่จนเป็นดักแด้ใกล้เคียงกันจนไม่แตกต่างทางสถิติ ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 29.8, 31.0, 31.2 และ 33.3 วันตามลำดับ ดังนั้น สารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่เป็นไข่จนเริ่มเข้าดักแด้ควรจะใกล้เคียงกันจึงส่งผลต่อวงจรชีวิตคล้ายกัน

เมื่อนับจำนวนวันที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่เป็นไข่จนเป็นตัวเต็มวัย พบว่า ข้าวทั้ง 7 พันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติของจำนวนวันในการเจริญเติบโตจนสามารถแบ่งได้ถึง 3 กลุ่ม ในจำนวนข้าวที่นำมาทดลอง ด้วงงวงข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ใน กข 7 จึงทำให้เวลาในการเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยมีค่าเท่ากับ 0 และจากผลการทดลองการเลือกเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว และจำนวนลูกรุ่นที่ 1 ที่ กข 7 จัดอยู่ในกลุ่มน้อยทั้งคู่นั้น ส่งผลให้ทราบว่า กข 7 มีลักษณะบางประการที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ของด้วงงวงข้าวจึงถือว่าเป็นพันธุ์ต้านทานแบบ antibiosis ส่วนในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีวันในการเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยนานถึง 47.5 วัน ซึ่งยาวนาน และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่น อาจมีลักษณะประจำพันธุ์บางชนิดที่ทำให้การเจริญเติบโตของด้วงยาวนานขึ้นเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น จึงถือว่าเป็นพันธุ์ต้านทานแบบ antibiosis ด้วย ในข้าวที่มีการเข้าทำลายมาก (ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58) มีจำนวนวันในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับเหนียวสันป่าตอง และ กข 6 ที่มีการเข้าทำลายน้อย ดังนั้นทั้ง 4 พันธุ์ข้างต้น น่าจะมีลักษณะที่จำเป็นในการเจริญเติบโตจนครบวงจรใกล้เคียงกัน

เมื่อสังเกตการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในแต่ละระยะของวงจรชีวิต พบว่า ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น, K-58, เหนียวสันป่าตอง และ กข 6 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการเจริญเติบโตในทุกระยะของวงจรชีวิต แต่ ขาวดอกมะลิ 105 พบความแตกต่างในระยะตัวอ่อนจึงส่งผลให้วงจรชีวิตมีความยาวนานกว่าทุกพันธุ์ ด้าน กข 7 นั้นด้วงงวงข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ จึงไม่สามารถระบุได้ว่าด้วงงวงข้าวมีวงจรชีวิตนานเท่าใดในข้าวพันธุ์นี้ จากรายงานของชูวิทย์ (2543) กล่าวว่า ด้วงงวงข้าวมีระยะไข่ 3-6 วัน ระยะตัวอ่อน 20-30 วัน และระยะดักแด้ 3-7 วัน การที่เวลาในการเจริญเติบโตผิดปกติไปนั้น ขึ้นอยู่กับสารอาหารในข้าวพันธุ์ที่ด้วงงวงข้าวอาศัยอยู่ เพราะเมื่อตัวอ่อนฟักออกมาจากไข่ ก็อาศัยกัดกินอยู่ในเมล็ด ไม่มีการย้ายที่อยู่อาศัย หากข้าวมีการขาดสารอาหารใดก็จะส่งผลกระทบจนครบวงจรชีวิต ทิพย์วดี (2533) กล่าวว่า การที่วงจรชีวิตผิดปกติอาจมีผลมาจากขาดคาร์โบไฮเดรต, ขาดธาตุอาหาร และขาดวิตามิน การแสดงอาการขาดสารตัวใดก็ขึ้นอยู่กับว่าด้วงงวงข้าวอยู่ในช่วงระยะใดของวงจรชีวิต และปริมาณความต้องการธาตุอาหารนั้น ๆ มากน้อยเพียงใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 6 แสดงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	วงจรชีวิต(วัน)		การเกิดตัวเต็มวัย
	ไข่-ดักแด้	ไข่-ตัวเต็มวัย	(%)
ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	29.8 b	36.2 b	100
K-58	33.3 b	38.5 b	80
กข 7	0[(1)] a	0[(1)] a	0
เหนียวสันป่าตอง	31.2 b	34.7 b	13.3
ขาวดอกมะลิ 105	42.2 c	47.5 c	20
กข 6	31 b	36.5 b	43.3

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

[(1)] = ไม่เข้าดักแด้

จากการที่ในข้าวแต่ละพันธุ์มีผลกระทบกับวงจรชีวิตแมลงต่างกัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวแตกต่างกันด้วย พบว่าไข่ที่แมลงวางในเมล็ดข้าวนั้นไม่สามารถฟัก และเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยได้ทุกเมล็ด จากการทดลอง พบว่า ข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวในกลุ่มมากนั้น มีเปอร์เซ็นต์การเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้มากกว่าข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวในกลุ่มน้อย ในข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น มีอัตราการเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าทุกเมล็ดที่มีการวางไข่มีแนวโน้มที่ไข่จะสามารถฟัก และเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ทุกเมล็ด ในข้าว K-58 ก็มีเปอร์เซ็นต์การเติบโตเป็นตัวเต็มวัยสูงเช่นกัน ซึ่งมีสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ในเมล็ดข้าวที่ถูกวางไข่ 100 เมล็ด สามารถฟัก และเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ถึง 80 ตัว ส่วนข้าวในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวน้อยนั้น มีเปอร์เซ็นต์การเติบโตเป็นตัวเต็มวัยน้อย ซึ่งมีไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ และ กข 7 ไม่พบการเติบโตเป็นตัวเต็มวัยเลย ในข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 มี 13.3, 20 และ 43.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่พันธุ์ข้าวมีความต้านทานแบบ antibiosis เหมือนกันใน K-58, กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 นั้น ไม่จำเป็นที่ทุกพันธุ์จะต้องส่งผลกระทบต่อด้วงงวงข้าวเหมือนกัน เช่น ในข้าวพันธุ์ กข 7 มีผลกระทบต่อวงจรชีวิต ทำให้ด้วงงวงข้าวไม่สามารถเข้าดักแด้ได้, ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีผลกระทบทำให้ระยะตัวอ่อนนานขึ้น และ ในข้าวพันธุ์ กข 6 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดเป็นตัวเต็มวัยน้อย เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่ำ เนื่องมาจากการขาดสารอาหารประเภทอินทรีย์ เช่น ขาดคาร์โบไฮเดรต, ไขมัน, โปรตีน, ธาตุอาหาร และแร่ธาตุ เป็นต้น (ทิพย์วดี, 2533) ซึ่งส่งผลให้ระบบต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตผิดปกติ หรืออาจมีสารบางอย่างที่ส่งผลต่อวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว เช่น สาร protein-rich ชื่อ Bonneville มีปริมาณเพียง 1 % ทำให้ด้วงงวงข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ (Kumar, 2004)

การที่ด้วงงวงข้าวมีการเข้าทำลายน้อยนั้น นอกจากลักษณะทางกายภาพของข้าวจะทำให้ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อยแล้วปัจจัยทางเคมีที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ของด้วงงวงข้าวก็อาจเป็นเหตุผลหนึ่งของการเข้าทำลาย

4.4 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายแตกต่างกัน

ลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อการเข้าทำลายนั้นมีอยู่หลายสาเหตุ คือ ความขรุขระของพื้นผิวเมล็ดข้าว, ขนาดของเมล็ดข้าว, ความชื้นของเมล็ด, ความโปร่งแสง, สีของเมล็ด และความแข็งของเมล็ดข้าวเมื่อกดด้วยเครื่อง texture analysis (ตาราง 7)

ความขรุขระของเมล็ดข้าวมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ข้าว ในข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นมีความขรุขระของผิวเมล็ดข้าวน้อยที่สุด 6.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวพันธุ์ K-58 มีความขรุขระของผิวเมล็ดข้าวมากที่สุด 31.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, กข 6, กข 7 และเหนียวสันป่าตอง มีลักษณะพื้นผิวขรุขระของเมล็ด 11.1, 18.1, 18.4 และ 21.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลักษณะของพื้นผิวข้าวของเมล็ดข้าวนั้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว เพราะไม่ว่าข้าวจะมีพื้นผิวเช่นไร ด้วงงวงข้าวก็ยังมีการเข้าทำลายที่ไม่แตกต่างกัน ดังเห็นได้จากกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากมีทั้งพื้นผิวที่มีความขรุขระมากที่สุด และพื้นผิวที่มีความขรุขระน้อยที่สุด การที่พื้นผิวไม่มีผลต่อการเข้าทำลายอาจเพราะสภาพการเก็บเมล็ดในโรงเก็บมีแสงสว่างน้อย ด้วงงวงข้าวจึงใช้ปัจจัยอื่นในการเข้าทำลาย และยังเก็บรักษาข้าวในรูปที่กะเทาะเปลือกออกแล้ว หากเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นข้าวเปลือกปัจจัยนี้จะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง ดังรายงานของ Virmani *et al.* (1980) ว่าด้วงงวงข้าวเข้าทำลายพันธุ์ข้าวที่เมล็ดที่มีผิวเรียบมากกว่าพันธุ์ที่เมล็ดมีขน

ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายเมล็ดข้าวที่มีความกว้าง สังเกตได้จากข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 (ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมาก) มีความกว้างของเมล็ดมากกว่าข้าวพันธุ์ กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 (ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อย) ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Leuschener (2000) ที่พบว่า ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายเมล็ดที่มีขนาดใหญ่จำนวนมาก และการที่เมล็ดกว้างมีผลทำให้ตัวเมียด้วงงวงข้าวเลือกวางไข่มากกว่าเมล็ดแคบ (Campbell, 2002) จึงส่งผลให้จำนวนด้วงงวงข้าวที่เข้าทำลายเมล็ดที่กว้างมากกว่าเมล็ดแคบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนความยาวของแต่ละเมล็ดนั้นพบความแตกต่างทางสถิติของความยาวเมล็ดในแต่ละพันธุ์ โดยข้าวพันธุ์ K-58 เมล็ดสั้นที่สุดขนาด 5.98 มิลลิเมตร ส่วนข้าวในกลุ่มที่เมล็ดยาว คือ ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง, กข 7 และขาวดอกมะลิ 105 มีความยาว 6.81, 6.84 และ 7.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในข้าวที่มีความยาวระหว่าง 6.66-6.84 มิลลิเมตร ถือว่าความยาวของเมล็ดข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมี ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น, กข 6, เหนียวสันป่าตอง และ กข 7 มีความยาว 6.66, 6.69, 6.81 และ 6.84 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้ง 4 พันธุ์นี้มีทั้งข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวในกลุ่มที่มาก และกลุ่มที่น้อย ดังนั้นจึงถือว่าความยาวไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว เพราะข้าวที่ยาวเท่ากันมีการเข้าทำลายต่างกัน อย่างไรก็ตามข้าวที่มีการเข้าทำลายมากมีแนวโน้มเมล็ดสั้นกว่าทั้ง 4 พันธุ์ที่มีการเข้าทำลายน้อย ดังนั้น ลักษณะภายนอกที่กระตุ้นให้ด้วงงวงข้าวเข้าหาเมล็ดข้าว คือ ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดกว้าง และค่อนข้างสั้น

ด้านความชื้นเมล็ด พบว่า ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายเมล็ดข้าวที่มีความชื้นสูง ได้แก่ ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 ซึ่งเป็นข้าวที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายจนแตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์อื่น โดยด้วงงวงข้าวจะเข้าทำลายได้ดีที่ความชื้นเมล็ด 14-16 เปอร์เซ็นต์ (Haque *et al.*, 1996)

ส่วนความโปร่งแสงของเมล็ดข้าวนั้น พบความแตกต่างทางสถิติของการเข้าทำลายในแต่ละพันธุ์ โดยข้าวเหนียวจะมีความโปร่งแสงน้อยกว่าข้าวจ้าว แต่ความโปร่งแสงไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว กล่าวคือ เมล็ดจะมีความโปร่งแสงเท่าใดก็ไม่มีผลต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว อาจเพราะในโรงเก็บมีแสงสว่างน้อย และเมล็ดกองกันอยู่แสงสว่างจึงไม่สามารถส่องผ่านได้ ถึงแม้ว่าเมล็ดจะมีลักษณะโปร่งแสงแตกต่างกัน เมื่อไม่มีแสงส่องผ่าน ความโปร่งแสงของข้าวจึงไม่มีความจำเป็นต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว

ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความแข็งของเมล็ดที่แตกต่างกัน เมื่อกดด้วยเครื่อง texture analysis พบว่า แรงในการกดให้เมล็ดข้าวสารแตกนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว โดยด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวที่ใช้แรงกดให้แตกน้อย ได้แก่ ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 ใช้แรงในการกด 80.755 และ 65.743 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนในข้าวพันธุ์อื่นใช้แรงในการกดมากกว่า 91 นิวตัน เพื่อทำให้ข้าวแตก แรงที่ใช้ในการกดให้ข้าวสารแตกมีความสัมพันธ์กับการกัดกินของด้วงงวงข้าว เมื่อใช้แรงในการกดมากแสดงว่าข้าวมีความแข็งยากต่อการกัดกิน ยิ่งต้องใช้แรงมากขึ้นเท่าใดในการกดข้าวให้แตก ยิ่งส่งผลต่อการกัดกินของด้วงงวงข้าวมากขึ้น Leuschener (2000) รายงานว่า ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมากในเมล็ดข้าวที่อ่อน และ Gursharan and Thapar (1998) พบว่าข้าวเมล็ดแข็งมีความต้านทานการเข้าทำลายมากกว่าข้าวเมล็ดอ่อน การที่ด้วงงวงข้าวกัดกินเมล็ดที่มีความแข็งอาจทำให้กราม (mandible) ของตัวหนอนกร่อนส่งผลให้หนอนตายได้ (มโนชัย, 2528) ดังนั้น ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 จึงเหมาะกับการเข้าทำลาย เนื่องจากด้วงงวงข้าวไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้องใช้แรงมากในการกัดกินนอกจากนี้การรอดเป็นตัวเต็มวัย และอายุของด้วงงวงข้าวยังแปรผกผันกับความแข็งเมล็ดอีกด้วย (Russell, 1966)

สีของข้าวสารแต่ละพันธุ์ไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว สังเกตได้จากข้าวที่มีสีขาวขุ่นถูกเข้าทำลายทั้งในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมาก และการเข้าทำลายน้อย เนื่องจากภายในโรงเก็บค่อนข้างมืด ด้วงงวงข้าวอาจมองไม่เห็นสีของข้าว การเข้าทำลายจึงน่าจะใช้สื่ออื่นในการค้นหาพืชอาหาร

จากที่กล่าวมา ลักษณะทางกายภาพที่ต้องใช้ประสาทสัมผัสทางตารับรู้เพื่อเข้าทำลายนั้นส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลายระหว่างข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พื้นผิวข้าว, สีของข้าว และความโปร่งแสงของข้าว มีเพียงลักษณะขนาดของเมล็ดข้าวเท่านั้นที่ด้วงงวงข้าวใช้ประสาทสัมผัสทางตาแยกความแตกต่างของข้าวแต่ละพันธุ์ได้ โดยด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวที่มีเมล็ดสั้นป้อมมากกว่าเมล็ดเรียวยาว และลักษณะทางกายภาพที่ด้วงงวงข้าวสามารถใช้ประสาทสัมผัสทางการสัมผัสรับรู้ความแตกต่างได้ คือ ความแข็งข้าว ซึ่งด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวพันธุ์ที่ใช้แรงในการกัดกินน้อย เมล็ดที่มีความแข็งน้อยจึงเหมาะสมต่อการเข้าทำลาย ความชื้นเมล็ดมีส่วนในการเข้าทำลายด้วย ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายเมล็ดที่มีความชื้นมากอาจเนื่องมาจากเมล็ดข้าวที่ชื้นจะกัดกินง่ายกว่าเมล็ดที่แห้ง (เมล็ดชื้นใช้แรงในการกดให้แตกน้อยกว่า) ด้วงจึงเลือกที่จะทำลายข้าวพันธุ์ที่มีความชื้นมากเพื่อความสะดวกในการบริโภคข้าว และเมื่อเมล็ดชื้นก็จะทำให้ด้วงงวงข้าวมีน้ำมาใช้ในการดำรงชีวิตอีกด้วย สาเหตุของการเลือกเข้าทำลายข้างต้น จึงควรมีส่วนทำให้เมล็ดที่มีลักษณะดังกล่าวอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 7 แสดงลักษณะทางกายภาพของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวที่แตกต่างกัน

ลักษณะทางกายภาพ	ความบรุขระข้าว (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดข้าว		ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ความโปร่งแสง (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งกดด้วย texture analysis (นิวตัน)	สี
		กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)				
ทูหยา	6.5 a	2.7 c	6.66 b	13.55 e	94.95 d	80.755 b	น้ำตาลแดง
K-58	31.8 e	3.15 d	5.98 a	13.75 f	86.6 c	65.743 a	ขาวขุ่น
กข 7	18.4 cd	2.17 b	6.84 bc	12.1 a	99.7 e	97.414 cd	ขาว
เหนียวสันป่าตอง	21.5 d	2.23 b	6.81 bc	12.5 c	11.2 a	114.09 e	ขาวขุ่น
ขาวดอกมะลิ 105	11.1 b	2.04 a	7.09 c	12.15 b	99.95 e	98.201 d	ขาว
กข 6	18.1 c	2.22 b	6.69 b	12.55 d	38.6 b	91.928 c	ขาวขุ่น

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4.5 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวที่แตกต่างกัน

ลักษณะทางเคมีที่ส่งผลกระทบต่อการเข้าทำลาย และวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวนั้น มีมากมายหลายสาเหตุ ทั้งองค์ประกอบของสารอาหาร และธาตุอาหาร (ตาราง 8, 9) จากการศึกษาจึงทำให้สามารถระบุได้ว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อความต้านทานของพันธุ์ข้าวทั้งแบบ antixenosis และ antibiosis (ตาราง 10)

ข้าวพันธุ์ K-58 มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด คือ 7.32 เปอร์เซ็นต์ และข้าวพันธุ์ กข 6 มีปริมาณมากสุด 10.14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนในข้าวพันธุ์ทูหยา และ K-58 มีน้อย แต่ปริมาณโปรตีนก็ยังไม่น้อยพอที่จะทำให้ความสัมพันธ์ของการเลือกเข้าทำลายกับปริมาณโปรตีนแตกต่างกับข้าวพันธุ์อื่นจากการแบ่งกลุ่มข้าวที่มีโปรตีนใกล้เคียงกัน พบว่า ข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น มีปริมาณโปรตีนไม่ต่างกับข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง และขาวดอกมะลิ 105 จึงไม่สามารถระบุได้ว่าปริมาณโปรตีนมีผลต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว แต่ก็มีการรายงานว่าโปรตีนมีส่วนในการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว เช่น Cysteine protease inhibitor ชื่อ E-64 มีผลยับยั้งเอนไซม์ที่ไปย่อยโปรตีนที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายของด้วงงวงข้าว จึงส่งผลให้ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวมีจำนวนลดลง และวงจรชีวิตยาวนานขึ้น (Pittendrigh *et al.*, 1996) ในด้านปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกันในข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง และ ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีลักษณะวงจรชีวิตที่แตกต่างกันนั้น ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนจึงไม่ควรจะส่งผลต่อวงจรชีวิตในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ดังนั้นโปรตีนจึงไม่มีผลกระทบทั้งการเลือกเข้าทำลาย และวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว แต่จากการทดลองของ Chunni and Singh (1996) พบว่า เมล็ดที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้เมล็ดแข็ง จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการเข้าทำลาย ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้าวในพันธุ์ที่มีการเลือกเข้าทำลายน้อยก็พบปริมาณโปรตีนสูง และเมล็ดมีความแข็ง แต่ปริมาณโปรตีนที่มีในเมล็ดอาจไม่มากพอที่จะส่งให้การเข้าทำลาย และวงจรชีวิตด้วงงวงข้าวแตกต่างกัน

ด้านเปอร์เซ็นต์ของไขมันที่มีในเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 7 และขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณน้อย คือ 0.74 และ 0.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นมี 2.68 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ข้าวพันธุ์ K-58 ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากนั้น มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันในเมล็ดใกล้เคียงกับ ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง และ กข 6 ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่มีด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อย ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเมล็ดจึงไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว คล้ายกับการทดลองของ Chunni and Singh (1996) ที่พบว่าปริมาณไขมันไม่มีผลต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว แต่พบความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวกับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว โดยข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นซึ่งมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันมากที่สุดเติบโตครบวงจรชีวิตในขณะที่ กข 7 ซึ่งมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อย ด้วงงวงข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ หรือข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อย ด้วงงวงข้าวก็มีระยะตัวอ่อนยาวนาน ส่วนข้าวพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกันจนไม่แตกต่างทางสถิติ คือ ข้าวพันธุ์ K-58, เหนียวสันป่าตอง, และ กข 6

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดพบในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 7 พบถึง 80.18 และ 80.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดน้อยในข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น 76.62 เปอร์เซ็นต์ จากการที่ข้าวที่มีการเข้าทำลายมาก (K-58) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติกับเหนียวสันป่าตองซึ่งมีด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อย ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีความสัมพันธ์กับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว โดยข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดมากจะมีวงจรชีวิตยาวนานขึ้น หรือไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ Gomez (1983) กล่าวว่ากลูโคสทำให้ระยะตัวอ่อนสั้น ดังนั้น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 7 อาจมีกลูโคสน้อยจึงมีวงจรชีวิตผิดปกติ

ปริมาณเถ้าในข้าวที่มีการเข้าทำลายมากมีแนวโน้มมีปริมาณสูงกว่าข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อย ซึ่งปริมาณเถ้ามีส่วนช่วยในการขจัดของเสีย และสิ่งที่เป็นพิษต่อร่างกาย (ธมมวฑโฒ ภิกขุ, 2544) โดยข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่นมีปริมาณเถ้าสูงถึง 0.97 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ข้าวพันธุ์ K-58 ซึ่งอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกลุ่มที่ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายมากมีปริมาณเถ้า 0.64 เปอร์เซ็นต์ Ratna *et al.* (1989) รายงานว่า พืชในแปลงปลูกที่มีปริมาณเถ้ามากจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลาย แต่จากการที่ ข้าวพันธุ์ K-58 มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงจนไม่แตกต่างทางสถิติกับ ข้าวพันธุ์ กข 6 ซึ่งเป็นข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อยนั้น ทำให้ทราบว่าปริมาณเถ้าไม่มีผลต่อการเข้าทำลายเมล็ดในโรงเก็บของด้วงงวงข้าว พบปริมาณเถ้าของข้าวพันธุ์ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณแตกต่างกันมาก คือ 0.97 และ 0.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งสองพันธุ์มีวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวที่มีปริมาณเถ้ามากจะมีวงจรชีวิตที่สั้นกว่าข้าวที่มีปริมาณเถ้าน้อย ดังนั้น เปอร์เซ็นต์เถ้าจึงมีความสัมพันธ์กับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว

เมื่อสารประกอบในข้าวแตกต่างกันพลังงานที่ให้เมื่อบริโภคข้าวจึงแตกต่างกัน ลักขณา (2529) รายงานว่า โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตให้พลังงาน 4 แคลอรี/1 กรัม ส่วนไขมันให้พลังงาน 9 แคลอรี/1 กรัม ใน K-58 ให้พลังงานน้อยที่สุด 358.09 กิโลแคลอรี/100 กรัม ส่วน กข 6 และ กข 7 ให้พลังงานสูงที่สุด 362.58 และ 363.22 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ ข้าวที่ให้พลังงานใกล้เคียงกันจนไม่แตกต่างทางสถิติมีถึง 3 พันธุ์ คือ ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง, ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ กข 6 ให้พลังงาน 361.90, 362.03 และ 362.58 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์นี้จัดอยู่ทั้งในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมาก และน้อย ดังนั้น ปริมาณพลังงานจึงไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย และเมื่อเปรียบเทียบข้าวที่ให้พลังงานใกล้เคียงกันในข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง และขาวดอกมะลิ 105 พบว่า วงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น พลังงานจึงไม่มีผลต่อวงจรชีวิต

องค์ประกอบของสารอาหารที่ศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ต่อการเลือกทำลายของด้วงงวงข้าว แต่พบความสัมพันธ์ต่อวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว คือ ปริมาณไขมันน้อย, ปริมาณเถ้าน้อย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งหมดมาก จะส่งผลให้วงจรชีวิตยาวนานขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 8 แสดงลักษณะทางเคมีของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	พลังงาน (กิโลแคลอรี/100กรัม)
ทูหยา	7.86 b	2.68 c	76.62 a	0.97 e	362.03 bc
K-58	7.32 a	1.10 b	79.72 c	0.64 d	358.09 a
กข 7	8.66 c	0.74 a	80.48 d	0.39 b	363.22 d
เหนียวสันป่าตอง	8.14 b	1.20 b	79.62 c	0.52 c	361.90 bc
ขาวดอกมะลิ 105	8.12 b	0.86 a	80.18 d	0.31 a	360.94 b
กข 6	10.14 d	1.30 b	77.60 b	0.67 d	362.58 cd

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ในด้านธาตุอาหารในเมล็ดข้าวที่ทำการศึกษา คัดเลือกจากธาตุที่ส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของแมลง ซึ่งเป็นธาตุที่แมลงต้องการปริมาณน้อย แต่ขาดไม่ได้

ปริมาณโบรอน ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณน้อยเพียง 0.4825 ppm และปริมาณโบรอน มากที่สุดในทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น 1.0775 ppm กลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากมีปริมาณโบรอนไม่แตกต่างกับกลุ่มที่มีการเข้าทำลายน้อย คือ K-58 และ กข 6 มีปริมาณโบรอน 0.8500 และ 0.7750 ppm ตามลำดับ จึงส่งผลให้ทราบว่าปริมาณโบรอน ในเมล็ดไม่มีผลต่อการเข้าทำลาย ธาตุโบรอน เป็นสารเคมีที่ร่างกายแมลงต้องการเพียงเล็กน้อย แต่ขาดไม่ได้ (ศิวิลัย, 2533) การที่โบรอนมีปริมาณเท่ากันใน กข 7 และเหนียวสันป่าตอง แต่ตัวอ่อนของด้วงงวงข้าวใน กข 7 ไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ แต่เหนียวสันป่าตองกลับมีการเจริญเติบโตเป็นปกตินั้น อาจเป็นเพราะโบรอน ที่มีเพียงพอกับการเจริญเติบโต ดังนั้น วงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวจึงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโบรอน

ปริมาณของไนโตรเจนมีน้อยในข้าว K-58 และทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น ซึ่งมีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวมาก โดยมีปริมาณ 1.4125 และ 1.505 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อยมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากคือมี 1.5725, 1.5925, 1.6575 และ 1.8950 เปอร์เซ็นต์ ในเหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105, กข 7 และ กข 6 ตามลำดับ จึงส่งผลให้ด้วงงวงข้าวเลือกเข้าทำลายข้าวสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน การที่ปริมาณของไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย แต่ปริมาณโปรตีนกลับไม่พบความสัมพันธ์อาจมาจากปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ออกมาได้เป็นปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวไม่ว่าจะรวมตัวเป็นสารประกอบใด แต่โปรตีนเป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งที่มีไนโตรเจนอยู่มากเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Octavio *et al.* (2002) รายงานว่า α-amylases เป็นสารยับยั้งการเข้าทำลายของด้วงงวง ซึ่งสารนี้ไม่ใช่โปรตีน ดังนั้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณธาตุไนโตรเจนในเมล็ดข้าวจึงแตกต่างกัน การที่ปริมาณโปรตีนมากส่งผลให้เมล็ดแข็ง (Chunni and Singh, 1996) จึงได้ส่งผลให้แนวโน้มการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวน้อยเมื่อมีปริมาณไนโตรเจนสูง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนกับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวในข้าว โดยพันธุ์เหนียวสันป่าตองกับขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณของไนโตรเจนใกล้เคียงกัน แต่วงจรชีวิตแตกต่างกัน

ธาตุแมกนีเซียมใน กข 6 ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่มีด้วงงวงข้าวเข้าทำลายน้อยมี 0.085 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอยู่ระหว่าง K-58 และทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่มีการเข้าทำลายมากมีปริมาณแมกนีเซียม 0.070 และ 0.120 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณแมกนีเซียมในเมล็ดข้าวจึงไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย การที่แมกนีเซียมเป็นอะตอมกลางของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน (ยงยุทธ, 2543) การมีแมกนีเซียมมากจึงเป็นการดีต่อการสังเคราะห์แสง สารอาหารที่สังเคราะห์ได้จะแปรผันตามพันธุ์ข้าว ดังนั้นข้าวแต่ละพันธุ์จึงมีผลต่อพฤติกรรมของด้วงงวงข้าวไม่เหมือนกัน ในข้าวที่มีวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวแตกต่างกัน แต่พบปริมาณแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ กข 7 และ เหนียวสันป่าตอง จึงส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมไม่สัมพันธ์กับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว

ใน K-58 และ กข 6 มีปริมาณเหล็กในเมล็ดใกล้เคียงกันจนไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ทั้ง 2 พันธุ์มีการเข้าทำลายที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ปริมาณเหล็กไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย ส่วนวงจรชีวิตในข้าวแต่ละพันธุ์นั้น พบว่า ในเหนียวสันป่าตอง และขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณเหล็กไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีวงจรชีวิตที่แตกต่างกันจึงส่งผลให้ปริมาณเหล็กในเมล็ดไม่มีผลต่อวงจรชีวิต ศิวิลัย (2533) รายงานว่า เหล็กเป็นเกลือแร่ที่แมลงต้องการ เพราะไปช่วยรักษาสมดุลของประจุต่าง ๆ เพื่อให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายทำงานได้สมดุล ความแตกต่างของปริมาณเหล็กในเมล็ดข้าวอาจยังไม่มากพอที่จะส่งผลต่อวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว ดังนั้นการเลือกเข้าทำลาย และวงจรชีวิตในรุ่นลูกจึงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 9 แสดงปริมาณธาตุที่มีในข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีการเลือกเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวที่แตกต่างกัน

พันธุ์ข้าว	โบรอน(ppm)	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	แมกนีเซียม (เปอร์เซ็นต์)	เหล็ก (ppm)
ทูหยา	1.0775 d	1.5050 b	0.120 e	8.9950 d
K-58	0.8500 c	1.4125 a	0.070 c	7.8550 cd
กข 7	0.6500 b	1.6575 d	0.045 b	4.9275 b
เหนียวสันป่าตอง	0.6000 b	1.5725 c	0.053 b	4.2000 ab
ขาวดอกมะลิ 105	0.4825 a	1.5925 c	0.030 a	3.2400 a
กข 6	0.7750 c	1.8950 e	0.085 d	7.2300 c

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จากความสัมพันธ์ของธาตุต่าง ๆ กับการเข้าทำลาย และวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าวนั้น พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ในเมล็ดมีความสัมพันธ์กับการเลือกเข้าทำลาย แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว ส่วนปริมาณโบรอน, ปริมาณแมกนีเซียม และปริมาณเหล็ก ไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าทำลาย และวงจรชีวิตของด้วงงวงข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากลักษณะที่ศึกษา ทั้งลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมี สามารถสรุปความสัมพันธ์ที่มีต่อด้วงงวงข้าวได้ดังตาราง 10

ตาราง 10 ความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีที่มีผลต่อด้วงงวงข้าว

ลักษณะที่ศึกษา	ความสัมพันธ์ของด้วงงวงข้าวต่อลักษณะ	
	การเลือกเข้าทำลาย	วงจรชีวิต
ทางกายภาพ		
ความขรุขระ (เปอร์เซ็นต์)	X	-
ขนาด (มิลลิเมตร)		
กว้าง	√	-
ยาว	X	-
ความชื้นเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)	√	-
ความโปร่งแสง (เปอร์เซ็นต์)	X	-
ความแข็งเมล็ด (นิวตัน)	√	-
สีเมล็ด	X	-
ทางเคมี		
ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	X	X
ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	X	√
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	X	√
ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)	X	√
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100กรัม)	X	X
โบรอน (ppm)	X	X
ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	√	X
แมกนีเซียม (เปอร์เซ็นต์)	X	X
เหล็ก (เปอร์เซ็นต์)	X	X

√ = มีผล

X = ไม่มีผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

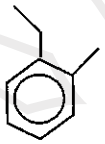
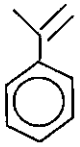
4.6 ศึกษาสารเคมีที่ระเหยในกลุ่มข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวน้อย และเข้าทำลายมาก

สารระเหยออกมาจากข้าวมีทั้งสารดึงดูด ขับไล่ และฆ่าแมลง ซึ่งมีการศึกษาพบว่าสารระเหยที่มีผลต่อการเลือกของด้วงงวงข้าว เช่น สารระเหยประเภทแอลคิลฟอเมท และกรดฟอร์มิค จะเป็นพิษกับด้วงงวงข้าวมากกว่าสารประเภทแอลคิลเอสเทอร์ และเอททานอล ที่มีการระเหยออกมาก่อน (ศิวิลัย, 2533) โดยสารระเหยพวกน้ำมันปิโตรเลียมที่ระเหยได้จะเป็นพิษโดยตรงต่อแมลง ส่วนน้ำมันที่ไม่ระเหยจะมีผลฆ่าแมลงอย่างช้า ๆ (ศิวิลัย, 2533) และยังพบว่าสารประเภท แอลคิลฟอเมท จะไปเร่งปฏิกิริยาเผาผลาญกรดฟอร์มิคที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อไข่แมลงฟักออกมาสารนี้จะเป็นพิษต่อแมลงโดยเฉพาะด้วงงวงข้าว (Haritos and Dojchinov, 2003) เมื่อเวลาในการทดลองผ่านไป 30 นาที มีสารเคมีที่ระเหยออกมาจากข้าวสารทั้ง 6 พันธุ์มากมาย แต่ที่ระเหยออกมาจากกลุ่มที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวน้อย และไม่พบสารเคมีนี้ระเหยออกมาในข้าวกลุ่มที่มีการเลือกเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวมาก มี 3 ตัว (ตาราง 11) คือ 2,3-Butanediol, Benzene,1-ethyl-2-methyl- และ Benzene,(1-methylethenyl)- โดยระเหยออกมาเมื่อเวลา 3.980, 9.306 และ 10.114 นาที ตามลำดับ เนื่องจากสารเคมีที่มีมวลโมเลกุลน้อยจะระเหยออกมาก่อน ด้วงงวงข้าวจึงสามารถรับรู้ถึงสารที่มีมวลโมเลกุลน้อยได้ก่อนสารที่มีมวลโมเลกุลมาก

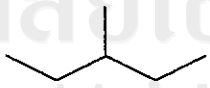
สังเกตได้ว่าสารที่พบแต่ในข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อยใช้เวลาในการระเหยนานกว่าสารที่ระเหยออกมาแต่ที่ข้าวที่มีการเข้าทำลายมาก (ตาราง 12) สารที่ระเหยออกมาก่อนอาจจะเป็นพิษต่อแมลงน้อยกว่าจึงทำให้การเข้าทำลายต่างกัน จากการเข้าทำลายในการทดลองที่1 เมื่อปล่อยด้วงงวงข้าวจะมีการเดินเข้าหาอาหารแบบสุ่ม เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งด้วงงวงข้าวจึงเริ่มเลือกพันธุ์ข้าวในการเข้าทำลาย สารที่ระเหยออกมาจากข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ดึงดูดให้ด้วงงวงข้าวเข้าหา หรือขับไล่ให้ด้วงงวงข้าวออกห่าง เมื่อด้วงงวงข้าวตัดสินใจเลือกข้าวพันธุ์ใดแล้ว ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีการย้ายพันธุ์ในการเข้าทำลาย อาจมีการย้ายพันธุ์ข้าวได้ในภายหลัง เนื่องมาจากสารที่ระเหยออกมาจากข้าวเปลี่ยนไปตามเวลาในการระเหย ดังนั้น สารระเหยทั้ง 3 ตัวที่พบในการทดลองนี้ น่าจะมีส่วนในการทำให้ด้วงงวงข้าวไม่ต้องการเข้าทำลาย กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 11 รายชื่อสารเคมีที่ระเหยออกมาเฉพาะกลุ่มข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวน้อย (กข 7, เหนียวสันป่าตอง, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6)

เวลาในการวิเคราะห์ (นาที)	รายชื่อสารเคมีที่พบ	สูตรโครงสร้าง
3.980	2,3-Butanediol	
9.306	Benzene,1-ethyl-2-methyl-	
10.114	Benzene,(1-methylethenyl)-	

ตาราง 12 รายชื่อสารเคมีที่ระเหยออกมาเฉพาะกลุ่มข้าวที่มีการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวมาก (ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58)

เวลาในการวิเคราะห์ (นาที)	รายชื่อสารเคมีที่พบ	สูตรโครงสร้าง
1.863	Pentane,3-methyl-	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 12 พบ Pentane,3-methyl- ระเหยออกมาที่เวลา 1.863 นาที ในข้าวที่มีการเข้าทำลายมาก แต่ไม่พบในข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อย ดังนั้น Pentane,3-methyl- ควรมีส่วนในการดึงดูดให้ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58 จากการที่ Pentane,3-methyl- เป็นสารที่มีมวลโมเลกุลน้อยจึงใช้เวลาในการระเหยออกมาน้อย ดังนั้น Pentane,3-methyl- น่าจะมีส่วนในช่วงแรกของการตัดสินใจเลือกพันธุ์ข้าวในการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว ปริมาณ Pentane,3-methyl- ที่พบในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีประมาณ 0.18 เปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยออกมาทั้งหมดเท่านั้น แสดงว่าด้วงงวงข้าวสามารถรับความรู้สึกเกี่ยวกับสารระเหยได้ดีมาก

4.7 ปริมาณสารเคมีที่ระเหยออกมาจากข้าวทุกพันธุ์ที่มีการเข้าทำลายต่างกัน

สารเคมีที่ระเหยออกมาจากข้าวทั้ง 6 พันธุ์ มีความใกล้เคียงกันมาก และมีสารเคมีหลายตัวที่มวลโมเลกุลเหมือนกัน แต่ปริมาณที่ระเหยออกมาแตกต่างกัน เมื่อปริมาณที่ระเหยออกมาไม่เท่ากันด้วงงวงข้าวก็ควรจะรับรู้สารเคมีที่ระเหยออกมาแตกต่างกันด้วย ซึ่งพันธุ์ที่มีสารเคมีระเหยออกมามาก น่าจะส่งผลให้ด้วงงวงข้าวรับรู้ได้ดีกว่าข้าวที่มีสารเคมีนั้นระเหยออกมาน้อย พบสารเคมีที่ระเหยออกมาในข้าวที่มีการเข้าทำลายมากในปริมาณมากกว่าในข้าวที่มีการเข้าทำลายน้อย (ตาราง 13) ถึง 7 ตัว คือ Ethane,1,1'-oxybis-, Methane,dichloro-, Benzene, Nonane,2,5-dimethyl-, Decane,4-methyl-, Undecane และ Dodecane สารที่ระเหยออกมามากจนแตกต่างทางสถิตินี้ ทำให้ทราบว่าสารเคมีเหล่านี้มีผลในการดึงดูดให้ด้วงงวงข้าวเข้าหาทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น และ K-58

จากตารางที่ 11-13 สามารถสรุปได้ว่า สารเคมีที่ระเหยออกมาเมื่อเวลาผ่านไปจะส่งผลให้ด้วงงวงข้าวมีการตอบสนองหลายแบบทั้ง ดึงดูดให้เข้าหา และขับไล่ แต่สารเคมีที่ระเหยนี้เป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งเท่านั้นในการเลือกพันธุ์ข้าว เพื่อเข้าทำลายเท่านั้น ลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีอื่น ๆ ก็มีส่วนในการเลือกเพื่อเขาทำลายด้วยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 13 ปริมาณสารเคมีที่ระเหยออกมาทั้งหมดจากข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ

เวลาในการระเหย (นาที)	สารที่ระเหยออกมาทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) พันธุ์ข้าว						ชื่อสารเคมี
	กข 6	ขาวดอกมะลิ 105	เหนียวสันป่าตอง	กข 7	K-58	ทูหยา ศ.ห้วยน้ำขุ่น	
1.620	2.388 a	2.746 b	3.939 c	4.065 d	14.212 e	14.849 f	Ethane,1,1'-oxybis-
1.704	5.134 a	7.068 b	8.029 c	9.227 d	16.638 f	13.306 e	Methane,dichloro-
2.376	3.412 b	3.417 c	6.616 d	2.956 a	9.262 f	8.483 e	Benzene
11.465	0.504 b	0.391 a	1.050 d	0.967 c	1.190 e	1.269 f	Nonane,2,5-dimethyl-
11.682	0.665 b	0.521 a	1.288 d	1.151 c	1.395 e	1.459 f	Nonane,2,5-dimethyl-
11.780	0.780 b	0.631 a	1.480 d	1.399 c	1.638 e	1.721 f	Decane,4-methyl-
13.117	0.34 b	0.279 a	0.678 d	0.611 c	0.788 f	0.696 e	Decane,4-methyl-
14.307	0.459 b	0.18 a	1.026 d	0.809 c	1.122 e	1.338 f	Undecane
16.799	0.451 b	0.142 a	1.009 d	0.747 c	1.168 e	1.377 f	Dodecane

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved