

การปรับปรุงไหมไทยพันธุ์สำโรง 1 โดยใช้รังสีแกมมา

*วัลไลักษณ์ แพทย์วิบูลย์¹ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ¹ อัญชลี เชื้อบุญมี² และ บุญญา สุดาทิศ¹
¹สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทร 025 774 163 โทรสาร 025 772 384 E-Mail: valailak@tint.or.th

²ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เลข

109 หมู่ 10 ต.ศรีสงคราม อ.วังสะพุง จ.เลย

โทร / โทรสาร 042 801 145 E-mail: anchaleedoa@hotmail.com

บทคัดย่อ

ฉายรังสีแกมมาไข่ไหมพันธุ์สำโรง 1 ที่มีอายุการกกไข่ 1-7 วัน ปริมาณรังสี 0 1.5 2 2.5 และ 3 เกรย์ ดำเนินการเลี้ยงและคัดเลือกลักษณะการกลาย เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตโปรตีนไหม โดยประเมินจากลักษณะหนอน ดักแด้ และรังที่ตีให้ผลผลิตสูง เลี้ยงติดต่อกัน 9 รุ่น ได้สายพันธุ์ดี 11 สายพันธุ์ นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ต่อ เพื่อให้ผ่านสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดปี และให้พันธุ์เสถียรอีก 6 รุ่น พบว่าในรุ่นที่ 3 ของการทดสอบความเสถียร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก ทำให้สายพันธุ์ที่ไม่สามารถทนทานได้ตายหมด เหลือเพียง 5 สายพันธุ์ และพบการเปลี่ยนแปลงของสีรังจากสีเหลืองเป็นสีขาว และสีน้ำตาล ในรุ่นที่ 5 จากสายพันธุ์ที่คัดเลือกมาจากไข่ที่มีอายุการกก 7 วัน ฉายรังสีปริมาณ 2.5 เกรย์ ศึกษาความเสถียรของสายพันธุ์โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ และได้มอบสายพันธุ์ดังกล่าวให้กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เก็บรักษาพันธุ์ ดำเนินการทดสอบ และใช้ประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ : ไหม รังสีแกมมา การปรับปรุงพันธุ์ไหม

Improvement of Thai Silkworm Sumrong 1 Cultivar by Gamma Radiation

*Valailak Phadvivulya¹ Suchada Segsamviriya¹ Anchalee Chuaboonmee² and Boonya Sudatis¹

¹ Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

9/9 Mu7 Tambon Sai Mun, Ongkharak, Nakhon Nayok 26120, E-mail: valailak@tint.or.th

² Queen Sirikit Sericulture Center (Loei)

109 Moo 10, Tambon Si Songkram, Wang Saphung, Loei 42130, E-mail: anchaleedoa@hotmail.com

Abstract

1-7 days incubated Sumrong 1 cultivar silkworm eggs were irradiated by gamma rays at doses of 0, 1.5, 2, 2.5 and 3 Grays. The silkworms were reared and selected for competence in silk protein production by evaluation from good characteristics of larvae, pupae and cocoon and high yields for 9 generations. 11 good lines were selected and performed for stability studies were performed for 6 generations through different weathers of

the years. Only 5 lines were survived in the third generation due to high temperature and high humidity. The cocoons with white and creamy color were found in the fifth generation in the line derived from 7-day-incubated silkworm eggs irradiated at 2.5 Gray. The stability studies were evaluated by statistical analysis. The Queen Sirikit Department of Sericulture, Ministry of Agriculture and Cooperatives will continue on rearing these silkworm lines for further stability study.

Keywords: silkworm, gamma ray, silkworm improvement

1. บทนำ

การศึกษาผลของรังสีต่อไหม (*Bombyx mori* L.) มีงานวิจัยมากมายเช่น การฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร แก่หนอนวัย 1-3 มีผลให้น้ำหนักหนอน และน้ำหนักเปลือกทรงลดลง¹ ส่วนการฉายรังสีเอกซ์กับไข่ไหมอายุ 1 - 24 ชั่วโมง ปริมาณรังสี 10 - 30 เกรย์ มีผลให้การฟักของไข่สูงขึ้น ตามอายุของไข่ที่ฉายรังสีและปริมาณรังสีที่สูงขึ้น² การฉายรังสีเอกซ์กับไข่ไหมอายุ 8 วัน และหนอนวัย 3 ปริมาณ 10 และ 20 เกรย์ พบว่าไข่ได้รับผลจากรังสีมากกว่าหนอน โดยรังไหมมีน้ำหนักเปลือกทรงสูงขึ้นมากกว่า³ นอกจากนี้มีการฉายรังสีเอกซ์กับหนอนวัย 1 และ 2 โดยให้อาหารก่อนหรือหลังการฉายรังสี เพื่อศึกษาความอ่อนแอต่อรังสี⁴ การที่ไข่ไหมรับรังสีคอสมิกจากสถานีอวกาศ มีผลให้การฟักของไข่และการออกเป็นดักแด้ลดลง แต่การออกเป็นตัวเต็มวัยไม่ลดและมีการเกิดการกลายพันธุ์ด้วย⁵ การศึกษาเปรียบเทียบผลของรังสีเลเซอร์และรังสีแกมมาต่อชีววิทยาของไหม พบว่ารังสีทั้ง 2 มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตเส้นไหม⁶ การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1 เกรย์กับไข่ไหม ทำให้เพิ่มความยาวเส้นไหม⁷ การฉายรังสีแกมมารังไหมสดปริมาณ 0.5 กิโลเกรย์ ทำให้ชิรินแบ่งเป็น 3 ชั้น⁸ การฉายรังสีแกมมาไข่ไหมปริมาณรังสี 2 - 4 เกรย์ มีผลให้เพิ่มการฟักของไข่ การรอดของหนอน น้ำหนักดักแด้ และผลผลิตเส้นไหม⁹

ในประเทศไทยมีรายงานการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2.5 เกรย์ กับไข่ไหมไทยพันธุ์นางเหลือง อายุ 6 วัน พบว่ามีผลให้น้ำหนักเปลือกทรงสูงขึ้น 34.4 เปอร์เซ็นต์ และความยาวของเส้นไหมสูงขึ้น 48 เปอร์เซ็นต์¹⁰ ไหมไทยพันธุ์พื้นบ้านเป็นพันธุ์ไหมที่ควรนำมาปรับปรุงพันธุ์เนื่องจากมีลักษณะประจำตัวคือ ฟักออกตลอดปีในสภาพธรรมชาติ เลี้ยงง่าย กินใบหม่อนน้อย เส้นไหมมีความเลื่อมมันที่เป็นเอกลักษณ์ หนึ่งในสายพันธุ์ไทยพื้นบ้านที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถมีพระราชเสาวนีย์ให้เป็นพันธุ์ไหมไทยพื้นบ้านที่ส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยง คือ พันธุ์ลำโรง 1 แต่พันธุ์นี้มีข้อเสียคือ ขนาดรังเล็ก และหัวท้ายแหลม ทำให้การสาวไหมเป็นไปได้ยาก การปรับปรุงพันธุ์โดยรังสีจะเป็นการหนึ่งชวนำให้เกิดลักษณะที่ดี และเป็นการอนุรักษ์ไหมไทยพันธุ์พื้นเมืองที่สืบทอดกันมานานอีกด้วย

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การฉายรังสีแกมมา

นำไข่ไหมพันธุ์สำโรง 1 ที่ผ่านการกกไข่ 1-7 วัน จากศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถเลย ฉายรังสีแกมมาโดยเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Mark 1 – 30 บริษัท Shepherd and Associates ซึ่งมี Cs¹³⁷ เป็นต้นกำเนิดรังสี ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อัตรารังสี 4.427 เกรย์/นาที ปริมาณรังสี 1.5, 2, 2.5 และ 3 เกรย์

2.2 การเลี้ยงไหม

นำไข่ไหมที่มีอายุต่าง ๆ มาฉายรังสีแกมมาในปริมาณที่แตกต่างกันจำนวน 28 ทรีตเมนต์ และไข่ไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจำนวน 2 ทรีตเมนต์เป็นตัวควบคุม รวมทั้งหมด 30 ทรีตเมนต์ไปเลี้ยงที่โรงเลี้ยงไหมของศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เลย ตามแนวทางการปฏิบัติของกรมหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร โดยให้ใบหม่อนวันละ 3 เวลา คือ เช้า กลางวัน และเย็นให้ตรงตามความต้องการของไหมแต่ละวัย ถ่ายมูลไหมวันละครั้ง และโรยสารเคมีป้องกันโรค ก่อนการให้อาหารมื้อแรก หลังจากหนอนไหมลอกคราบแต่ละวัย หนอนวัย 5 จะถูกนำเข้าจ่อเพื่อการทำรัง รังไหมที่ลอกจากจ่อ จะถูกคัดเลือกลักษณะที่ดี คือ สีเหลืองสด เปลือกแข็งแรง ขนาดรังใหญ่ หัวท้ายมน เพื่อเลี้ยงต่อได้มีการเลี้ยงต่อเนื่อง 9 รุ่น คัดได้ 11 สายพันธุ์ เพื่อทดสอบความเสถียรของสายพันธุ์ จึงเลี้ยงขยายพันธุ์สายพันธุ์ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 4 แม่ เพื่อให้ไหมขยายพันธุ์ครบทุกฤดูกาลในรอบปี ซึ่งมีสภาพอุณหภูมิ และความชื้นแตกต่างกันอีก 6 รุ่น แต่ละรุ่นใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 30 วันไหมจึงเข้าจ่อ

2.3 การประเมินผล

การศึกษาไหมแต่ละรุ่นจะบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ เปอร์เซ็นต์การฟักของไข่ลักษณะของหนอนไหม (สี ลาย รูปร่าง) อายุหนอนไหม เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอดวัยอ่อน เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอดวัยแก่ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ 10 ตัว เปอร์เซ็นต์การเข้าทำรัง ลักษณะรัง (แหลม – มน ความแข็งแรง รอยย่น ความสม่ำเสมอของรัง) เปอร์เซ็นต์ดักด้สมบุรณ์ เปอร์เซ็นต์เปลือกรัง บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเลี้ยงไหม

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ประเมินผลโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรม SPSS for Windows version 17.0

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การคัดเลือกพันธุ์

การเลี้ยงไหมรุ่นที่ 1 เลี้ยงทั้งหมด 30 ทริตเมนต์แบบแม่รวม พบลักษณะหนอนและรังไหมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น หนอนเปลี่ยนจากลายเป็นหนอนขาวและหนอนขาวหัวจุด รังอ่อนและใหญ่ขึ้น จึงเพิ่มเป็น 75 ทริตเมนต์ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงไหมรุ่นที่ 2 ในการเลี้ยงไหมรุ่นที่ 3 มีทั้งหมด 100 ทริตเมนต์ ในช่วงการเลี้ยงไหมรุ่นที่ 4 เดือนกุมภาพันธ์ 2552 อุณหภูมิลดต่ำลงถึง 25 องศาเซลเซียส ทำให้ไหมบางทริตเมนต์ไม่สามารถเลี้ยงรอดได้รวมทั้งไหมที่ไม่ฉายรังสีไหมที่มีความทนทานอุณหภูมิต่ำสามารถข้ามฤดูหนาวได้มี 51 ทริตเมนต์ คัดเลือกเพื่อนำมาเลี้ยงต่อในรุ่นที่ 5 เพียง 34 ทริตเมนต์ และเลี้ยงต่อในรุ่นที่ 6 มี 37 ทริตเมนต์ รุ่นที่ 7 มี 68 ทริตเมนต์ รุ่นที่ 8 มี 19 ทริตเมนต์ รุ่นที่ 9 มี 12 ทริตเมนต์

ผลการเลี้ยงไหมฉายรังสีรุ่นที่ 9 ประเมินจากข้อมูลการฟักของไข่ การเลี้ยงรอดของหนอนวัยอ่อนและวัยแก่ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ การเข้าทำรัง เปลือกรัง ขนาดรัง แสดงใน Table 1 ซึ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากทริตเมนต์ที่ฉายรังสีมีแนวโน้มค่าเปลือกรังสูงกว่าสายพันธุ์เดิม (control)

Table 1 The evaluation of gamma irradiated Sumrong 1 silkworms in the ninth generation of selection

Treatment	Hatchability (%)	Young larval survival (%)	Old larval survival (%)	Last instar larval weight (10larvae)(gm)	Pupation (%)	Cocoon shell weight (gm)	Number of cocoon/50gm
Control	79.72	84.49	88.33	17.98	87.67	10.19	55.50
1/150	84.02	82.26	82.00	17.33	81.00	11.18	56.00
2/150	83.43	72.87	94.67	16.47	91.33	10.76	60.00
4/250-1	85.30	81.68	88.33	16.39	86.00	11.36	57.50
4/250-2	88.25	83.04	92.67	18.10	91.67	12.12	53.00
5/200	75.68	74.32	95.00	16.84	93.67	11.53	53.00
5/250	72.23	85.87	83.67	17.78	80.67	11.10	53.50
6/200	81.08	84.49	91.33	16.94	89.67	11.30	53.50
6/250-1	79.48	74.85	87.33	16.01	85.33	11.12	58.00
6/250-2	69.94	78.29	88.67	17.42	87.67	11.27	55.50
7/250-1	67.97	67.20	99.33	15.63	95.33	10.87	57.50
7/250-2	66.82	84.26	89.67	17.86	85.00	11.19	58.00

Control = original line ; x / y = line from x day incubated silkworm eggs/ y irradiated dose in rad

Ex. 1/150 = line from the 1 day incubated silkworm egg /irradiated at 150 rad (1.5 Gy)

4/250-1 = line from the 4 day incubated silkworm egg /irradiated at 250 rad – line 1

4/250-2 = line from the 4 day incubated silkworm egg /irradiated at 250 rad – line 2

3.2 การทดสอบความเสถียร

นำสายพันธุ์ดี 11 สายพันธุ์และสายพันธุ์เดิม มาเลี้ยงขยายพันธุ์ เพื่อทดสอบความเสถียรของสายพันธุ์ โดยเลี้ยงสายพันธุ์ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 4 แม่ ผลการทดสอบดังนี้

รุ่นที่ 1 เริ่มเลี้ยง 30 ม.ค.53 ไหมเจริญเติบโตปกติ ไม่พบสายพันธุ์ใดมีลักษณะดีเด่นกว่าสายพันธุ์อื่น โรงเลี้ยงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.5 %

รุ่นที่ 2 เริ่มเลี้ยง 20 มี.ค.53 ไหมเจริญเติบโตปกติ ไม่พบสายพันธุ์ใดมีลักษณะดีเด่นกว่าสายพันธุ์อื่น โรงเลี้ยงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74.2 %

รุ่นที่ 3 เริ่มเลี้ยง 11 พ.ค.53 เดือนพ.ค.-มิ.ย.53 โรงเลี้ยงอุณหภูมิเฉลี่ย 30.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงถึง 86.6 % หนาวเป็นโรคร้ายมาก รวมทั้งสายพันธุ์เดิม เหลือรอด 5 สายพันธุ์ที่มาจากกลุ่มนายรังสี

รุ่นที่ 4 เริ่มเลี้ยง 5 ก.ค.53 ขยายพันธุ์ 5 สายพันธุ์ที่รอดมา ซึ่งถือว่าเป็นสายพันธุ์ที่ทนอุณหภูมิและความชื้นสูงได้ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์เดิม โรงเลี้ยงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 91.1 %

Table 2 Number of cocoon in 50 grams of irradiated Sumrong 1 silkworm lines compared with non-irradiated Sumrong1 silkworm race for 6 generations of stability study

Treatment	Generation					
	1	2	3	4	5	6
Control	60.00±1.80a	75.83±1.75ab	x	49.5±0.50a	49.67±2.56b	49.33±1.61ab
1/150	64.67±1.04cd	80.00±3.12bc	x	x	x	x
2/150	65.33±1.53cd	85.33±1.75d	NA	54.33±0.76c	51.83±2.52b	51.00±0.50ab
4/250-1	63.17±1.89abcd	85.83±3.88d	x	x	x	x
4/250-2	62.17±1.15abc	75.67±1.89ab	NA	51.33±0.76ab	63.33±1.26c	51.00±2.64ab
5/200	60.50±1.80ab	84.00±5.27cd	NA	51.83±2.08abc	51.50±0.00b	50.67±2.08ab
5/250	66.00±2.64cd	77.00±2.18ab	x	x	x	x
6/200	64.00±2.00bcd	72.83±2.08a	x	x	x	x
6/250-1	67.00±1.73d	82.83±1.5cd	x	x	x	x
6/250-2	66.50±1.80d	78.17±1.04b	x	x	x	x
7/250-1	66.17±2.75cd	78.00±2.18b	NA	52.33±2.36bc	49.50±1.32b	52.17±0.76b
7/250-2	64.00±3.04bcd	86.33±1.75d	NA	49.83±0.29ab	46.00±2.59a	48.50±1.00a

Within a column, the means that are followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT;

X = no survival.

วันที่ 5 เริ่มเลี้ยง 19 ส.ค.53 พบรังไหมสีขาว และรังไหมสีนวล รวม 53 รัง จากสายพันธุ์ที่ได้จากการฉายรังสีปริมาณ 2.5 เกรย์กับไข่ไหมอายุ 7 วัน (ลักษณะประจำพันธุ์ของไหมพันธุ์สำโรง 1 คือ รังไหมสีเหลืองสด) และเป็นสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การฟักของไข่มากที่สุด น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่มากที่สุด เปอร์เซ็นต์เปลือกิ่งมากที่สุด ขนาดรังใหญ่ จึงมีศักยภาพในการผลิตโปรตีนไหมได้มากกว่าสายพันธุ์อื่น

วันที่ 6 เริ่มเลี้ยง 10 ต.ค. 53 นำรังไหมสีขาว และรังไหมสีนวล มาเลี้ยงขยายพันธุ์

เก็บรักษาพันธุ์ไว้ให้กรมหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถดำเนินการทดสอบและใช้ประโยชน์ต่อไป

ประเมินความแตกต่างของสายพันธุ์ดี 11 สายพันธุ์และสายพันธุ์เดิม จากข้อมูลการฟักของไข่ การเลี้ยงรอดของหนอนวัยอ่อนและวัยแก่ น้ำหนักหนอนไหมโตเต็มที่ การเข้าทำรัง ขนาดรัง โดยแสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์เปลือกิ่งใน Table 2

4. สรุป

การฉายรังสีแกมมาไข่ไหมพันธุ์สำโรง 1 ที่มีอายุไข่ 1 – 7 วันด้วยปริมาณรังสี 1.5 2 2.5 และ 3 เกรย์ เลี้ยงเปรียบเทียบกับที่ไม่ฉายรังสี เพื่อคัดเลือกการกลายที่ทำให้ได้สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตโปรตีนไหม จากการคัดเลือกจนถึงวันที่ 9 ได้สายพันธุ์ที่ดี 11 สายพันธุ์ เลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อทำให้พันธุ์เสถียรเปรียบเทียบกับพันธุ์เดิม พบว่าในรุ่นที่ 3 เหลือรอดเพียง 5 สายพันธุ์ที่ได้จากไข่ไหมฉายรังสี ดำเนินการขยายพันธุ์ต่อ พบรังไหมสีขาวและสีนวลจากสายพันธุ์ที่ได้จากไข่ไหมที่มีอายุไข่ 7 วันฉายรังสีปริมาณ 2.5 เกรย์ในรุ่นที่ 5 และ 6 เป็นสายพันธุ์ที่มีขนาดรังใหญ่ มีค่าเปลือกิ่งสูงกว่าสายพันธุ์เดิมและสายพันธุ์อื่น จึงมีแนวโน้มว่ามีศักยภาพในการผลิตโปรตีนไหมมากกว่า ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการฉายรังสีแกมมาไข่ไหมพันธุ์สำโรง 1 อาจกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเกี่ยวกับการสร้างสีของเปลือกิ่ง ขนาดรัง เพิ่มความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายประทีป มีศิลป์ รองอธิบดีกรมหม่อนไหม และนายสวัสดิ์ พิลาชัย ผู้อำนวยการศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ บุรีรัมย์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษา นายพนพล พันธุ์คำเกิด ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เลย จังหวัดเลย ในการอำนวยความสะดวก อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทดลอง ตลอดจนเจ้าหน้าที่และพนักงานที่ช่วยเหลือในการเลี้ยงไหม

6. เอกสารอ้างอิง

1. Faruki, S.I. and Kundu P.K., 2005. Sensitivity of the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) larvae to UV-irradiation. International Silkworm Journal. 2, 75 - 81.
2. Mathawan, S.,1983. Effect of X-ray irradiation on developing eggs of the silkworm. Cellular and Molecular Life Sciences. 39(9),1037 - 1039.
3. Subramanya, G. and Reddy G.S., 1982. Isolation of a mutant line with shorter larval duration by induction of mutations in the silkworm *Bombyx mori* L. Indian Journal of Experimental Biology. 20(2), 139 - 141.
4. Coulon, M.,1976. Effect of irradiation with X-ray on the larvae of *Bombyx mori* L. in different conditions of feeding and starvation. Entomologia Experimentalis et Applicata.20(1), 67 - 76.
5. Morimoto, K., Sakai Y., Yamaoka F., and Ohnishi T., 2000. The Effect of cosmic radiation on silkworm eggs. Natural Science. 49(2), 9 - 14.
6. Ovesenska, L.,1998. Influence of laser and gamma rays on both sexes depending on Fluorescence characteristics of cocoon of the silkworm, *Bombyx mori* L. Zhivotnov” dni-Nauki. No. supplement, 152 - 155.
7. Rahman, S., Khan A.R. and Hoque A.,1983. Effect of gamma radiation on the filament length of the cocoon of the silkworm, *Bombyx mori* L. Bangladesh Journal of Zoology. 11(1), 42 - 44.
8. Wang,T.Y. and Wang J.W.,1984. On irradiating cocoon with gamma ray. Science of Sericulture Canye Kexue. 10(3),169 - 172.
9. Petkov, N., Natcheva Y., Binkh N. and Malinova K.,1998. The effect of gamma rays on some biological trait of the silkworm, *Bombyx mori* L. Zhivotnov” dni-Nauki. No. supplement, 148 - 151.
10. ประทีป มีศิลป์, บุญญา สุดาทิส, สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ, บุญมา ภางาม, อุไรวรรณ อึ้งประเสริฐภรณ์, ไชยรงค์ สำราญถิน, และ สติติ จันทร์เจริญ, 2529. การใช้รังสีแกมมาเพื่อเพิ่มผลผลิตของไหมพันธุ์ไทย. วารสารวิชาการเกษตร. 4(3), หน้า 15 - 17.