



วิทยานิพนธ์

การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร

EXPLORING THE GENETICS CONCEPT
OF THE PRE-CADETS

นางสาวจิตตินันท์ ฐาตะนิมิ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน)

ปริญญา

การสอนวิทยาศาสตร์

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร

Exploring the Genetics Concept of the Pre-cadets

นามผู้วิจัย นางสาวจิตตินันท์ สาดะนิมิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์บุปผชาติ ทัพพิกรณ์, Ph.D.)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์วรรณทิพา รอดแรงคำ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อมรา คัมภีรานนท์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์พรทิพย์ ไชยโส, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร

Exploring the Genetics Concept of the Pre-cadets

โดย

นางสาวจิตตินันท์ สาคะนิมิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน)

พ.ศ. 2550

จิตตินันท์ สาตะนิมิ 2550: การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์
ภาควิชาการศึกษา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์บุปผชาติ ทัพพิกรณ์,
Ph.D. 234 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร
พลวิชัยคือ นักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 1 ตอนเรียน 28 นาย
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของ
นักเรียนเตรียมทหาร ที่พัฒนาจากแบบสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ แบบสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง
และการเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดย คิดเป็นร้อยละของนักเรียน
เตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน
และคลาดเคลื่อนบางส่วน แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ และไม่เข้าใจในแนวคิด

ผลการวิจัยพบว่า พลวิชัยมากกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์
ในเรื่อง จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดย
ยีนบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะทางพันธุกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส
โครโมโซม และยีน และพลวิชัยน้อยกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องโครงสร้าง
หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอด
ลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X

สรุปได้ว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ไม่สอดคล้องกับ
แนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรม เช่น โครงสร้าง
ของยีนและโครโมโซม และมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแนวคิดที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ และ
เป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

Jittinan Satanimi 2007: Exploring the Genetics Concept of the Pre-cadets. Master of Arts in Teaching, Major Field: Teaching Science, Department of Education.

Thesis Advisor: Associate Professor Bupphachart Tunhikorn, Ph.D. 234 pages.

The objective of this study was to explore the genetics concept of the Pre-cadets. The subject consisted of 28 pre-cadets in one section of academic year 2006. The instrument for gathering data was based on open - ended questions which involved in genetics concept developing from event interview, instance interview and relational diagrams.

The data were analyzed using percentage to determine the Pre-cadets' sound understanding, partial understanding, partial understanding with a misconception, specific misconception and no understanding in concepts.

The result showed that more than 50 percents of Pre-cadets had scientific conception about chromosome numbers, autosome genes, genetic inheritance, the relationship among cell, nucleus, chromosome and gene. However, less than 50 percentage of pre-cadets had scientific conception in these topics: chromosome structure, functions and significations gene, genetic material, genotype phenotype, X-linked gene inheritance and mutation.

It could be concluded that lots of Pre-cadets had misconception about genetic especially the conception about structure of genetic material such as chromosome and gene structure. And few of Pre-cadets had scientific conception about genetic as prior knowledge and concrete conception such as heredity and chromosome number.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดำเนินงานจนสำเร็จเรียบร้อยได้ด้วยความสะดวก อุทิศหาอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ด้วยน้ำใจจากบุคคลหลายท่านที่เป็น “ครู” ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ ศ.ดร.วรรณทิพา รอดแรงคำ และ รศ.ดร.อมรา คัมภีรานนท์ ที่ได้ให้เวลาอันมีค่ายิ่งในการให้มุมมองและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย อันเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานทำวิทยานิพนธ์ และความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์นี้ไม่อาจลุล่วงลงได้ หากไม่ได้ความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้ไขเครื่องมือวิจัย และน้ำใจจากนักเรียนเตรียมทหาร ที่ร่วมมือร่วมใจให้ข้อมูลกับวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณกำลังใจจากพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกคนที่ให้กำลังใจตลอด ขอขอบคุณ น.ส.ปภาวรินทร์ กรอบทอง ที่ช่วย ให้มุมมองที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย นายชัชชัย กล่อมละเอียด ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านธุรการ และขอขอบคุณกำลังใจจาก นายชิตวัฒน์ สาตะนิมิ น.ส.เอื้อบงอร สาตะนิมิ และนายอนุวรรตน์ สิริที่คอยสนับสนุนส่งเสริมการเรียนตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

คุณค่าและประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย ผู้วิจัยขอมอบเป็นสิ่งบูชา พระคุณบิดา มารดา พ.อ.อ.สมยศ สาตะนิมิ และ นางกนกพร สาตะนิมิ ผู้ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกด้าน รวมถึงครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณของผู้วิจัยทุกท่าน

จิตตินันท์ สาตะนิมิ

กันยายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
ขอบเขตการวิจัย	5
นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	7
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
แนวคิด	9
การจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนเตรียมทหาร	19
มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 – ม.6 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	43
พลวิจัย	43
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	43
การเก็บรวบรวมข้อมูล	48
การวิเคราะห์ข้อมูล	49
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	50
ผลการวิจัย	50
ข้อวิจารณ์	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
สรุปผลการวิจัย	86
ข้อเสนอแนะ	88
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	91
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	102
ภาคผนวก ข แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร	104
ภาคผนวก ค คำถามและแนวคำตอบ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร	134
ภาคผนวก ง ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน เตรียมทหาร	150
ภาคผนวก จ คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่จำแนกตามประเภทแนวคิด	173
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	221

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การวัดองค์ความรู้สำหรับแบ่งประเภทความเข้าใจในแนวคิด	18
2.2	โครงสร้างสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์โรงเรียนเตรียมทหาร	20
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างผังมโนทัศน์ ผลการเรียนรู้รายภาค และแนวคิดที่ศึกษา	44
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง ชุดที่ของแบบวัด แนวคิด และรูปแบบของแบบวัด	45
3.3	การวัดองค์ความรู้สำหรับแบ่งประเภทความเข้าใจในแนวคิด	47
4.1	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม (n = 28)	50
4.2	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และ ความสำคัญของ โครโมโซม (n = 28)	52
4.3	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวน โครโมโซมในเซลล์มนุษย์ (n = 28)	53
4.4	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวน โครโมโซมในเซลล์พืช (n = 28)	55
4.5	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวน โครโมโซมในเซลล์สัตว์ (n = 28)	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.6	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน (n = 28)	57
4.7	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับยีน (n = 28)	59
4.8	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม (n = 28)	60
4.9	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่สารพันธุกรรม (n = 28)	61
4.10	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม ตามความเข้าใจของนักเรียนเตรียมทหาร (n = 28)	63
4.11	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม (n = 28)	64
4.12	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์ (n = 28)	66
4.13	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย (n = 28)	67
4.14	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย (n = 28)	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดย ยีนเด่นบนโครโมโซม X ($n = 28$)	70
4.16	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X ($n = 28$)	72
4.17	จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน ($n = 28$)	73
4.18	ประเภทแนวคิดทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ($n = 28$)	75
ตารางผนวกที่		
ง1	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับโครงสร้างของโครโมโซม	151
ง2	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับหน้าที่ของโครโมโซม	152
ง3	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์	153
ง4	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง5	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข	155
ง6	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับเซลล์ร่างกาย	156
ง7	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับเซลล์สืบพันธุ์	157
ง8	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน	158
ง9	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับยีน	159
ง10	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรม	160
ง11	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม	161
ง12	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร”	162
ง13	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม	163

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง14	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์	164
ง15	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	165
ง16	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	166
ง17	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X	167
ง18	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X	169
ง19	ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับมิวเทชันและการแปรผันทางพันธุกรรม	171
จ1	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบุภาพโครโมโซม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	174
จ2	ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบุภาพ โครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์($n = 5$)	175
จ3	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบุภาพโครโมโซม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน	176

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
จ4 ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอก ที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 10)	176
จ5 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกโครโมโซม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	177
จ6 ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผล ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอก ที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (n = 13)	178
จ7 สรุปจำนวนนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกที่ไม่เป็น โครงสร้าง โครโมโซม	179
จ8 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครโมโซมคืออะไร”	179
จ9 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต”	180
จ10 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้าง เกี่ยวกับโครโมโซม”	181
จ11 ประเภท จำนวนนักเรียนเตรียมทหารที่วาดภาพโครงสร้างของโครโมโซม (n = 28)	183

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ12	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 17)	184
จ13	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 1)	185
จ14	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ ที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 10)	185
จ15	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 13)	186
จ16	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 1)	187
จ17	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ ที่นักเรียนเตรียมทหารตอบคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 14)	187
จ18	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 18)	188
จ19	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 1)	189
จ20	ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข ที่นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 9)	189

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
จ21	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร” 190
จ22	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร” 190
จ23	ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 15) 191
จ24	ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 6) 192
จ25	ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (n = 6) 192
จ26	ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน ของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (n = 1) 193
จ27	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ยีนตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร” 193
จ28	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 194

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ29	ภาพโครงสร้างสารพันธุกรรม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการสารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	194
จ30	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการสารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน	195
จ31	ภาพโครงสร้างสารพันธุกรรม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการ สารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน	196
จ32	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการสารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	197
จ33	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการสารพันธุกรรมคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์	198
จ34	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะไรบ้าง”	198
จ35	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านคิดว่า สารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร”	199
จ36	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร”	199
จ37	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการลักษณะทางพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	200

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ38	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 15$)	200
จ39	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน	201
จ40	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ($n = 4$)	201
จ41	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวน ลักษณะทาง พันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อน บางส่วน	202
จ42	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ($n = 9$)	202
จ43	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 1$)	203
จ44	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ($n = 9$)	203
จ45	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	204

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ46	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกจู่โจมไทป์และฟิโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 2$)	204
จ47	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกจู่โจมไทป์และฟิโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	205
จ48	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกจู่โจมไทป์และฟิโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ($n = 21$)	205
จ49	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบอกจู่โจมไทป์ และ ฟิโนไทป์ สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์	206
จ50	ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่ เลือกกระบอกจู่โจมไทป์และฟิโนไทป์ สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 5$)	206
จ51	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณา พันธปฏิบัติที่ 1	207
จ52	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณา พันธปฏิบัติที่ 2	209
จ53	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณา พันธปฏิบัติที่ 3	211

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ54	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณา พันธุ์ประวัติที่ 4	213
จ55	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจ ของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร”	215
จ56	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจ ของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร”	215
จ57	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจ ของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร”	216
จ58	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจ ของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซม X คืออะไร”	216
จ59	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีวิธีการอย่างไร ในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อย”	217
จ60	ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีวิธีการอย่างไร ในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X”	217
จ61	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุตัวอย่างที่เป็น มิวเท ชันสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	218

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ62	ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระโดดอย่างที่เป็น มิวเท ชันสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	219
จ63	ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง มิวเทชัน	220

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	27
2	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	28
3	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X	29
4	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X	31

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถือได้ว่าเป็นความสำคัญเป็นอย่างมากต่อสังคมปัจจุบัน มนุษย์ได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้อำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์สามารถเข้าใจธรรมชาติมากขึ้น เช่น การค้นพบแม้กระทั่งจุลินทรีย์ขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ล่วงรู้วิวัฒนาการและความเป็นมาของชีวิต ถอดรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่มีมากมายหลายล้านลำดับ ทำให้มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงธรรมชาติได้ เช่น การเลียนแบบธรรมชาติเพื่อสร้างชีวิตใหม่โดยวิธีโคลนนิ่ง การปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ให้มีลักษณะตามความต้องการ เป็นต้น

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์สาขาอื่นก็คือพันธุศาสตร์ ความรู้ทางพันธุศาสตร์ เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ตั้งแต่ได้ถือกำเนิดเกิดขึ้น ความรู้ทางพันธุศาสตร์ช่วยในการพิสูจน์ความเกี่ยวพันกันทางสายเลือดของบิดากับทารก (พรทิพย์ โรจนสุนันท์, 2546) พืชและสัตว์ที่เป็นแหล่งอาหารแหล่งใหญ่ของมวลมนุษย์ก็ล้วนแต่มีการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์โดยใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ (สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล, 2543) การตรวจวินิจฉัยโรค การผลิตวัคซีน การบำบัดรักษาโรคด้วยยีน (อมรา คัมภีรานนท์, 2546) หรือแม้แต่โครงการถอดรหัสพันธุกรรมของมนุษย์ที่กำลังดำเนินการอยู่ ก็ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546) ทั้งสิ้น

นอกจากนี้ ความรู้ทางพันธุศาสตร์ยังเป็นความรู้พื้นฐานและเป็นข้อมูลอ้างอิงของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น เช่น การปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตโดยใช้เทคนิคพันธุศาสตร์โมเลกุล (สมพร ประเสริฐส่งสกุล, 2547) การใช้ลำดับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมอ้างอิงความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546) ความรู้เกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอก็นำมาใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ (พรทิพย์ โรจนสุนันท์, 2546) การใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์โมเลกุลเพื่อตรวจโรคทางพันธุกรรม (อมรา คัมภีรานนท์, 2546)

ความรู้ทางพันธุศาสตร์จึงเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่เยาวชนไทยจะต้องเรียนรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้กำหนดให้พันธุศาสตร์อยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้ทุกช่วงชั้น โดยบรรจุอยู่ในสาระการเรียนรู้ที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ความรู้ทางพันธุศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญของหลายแนวคิด เช่น การเกิดมิวเทชัน (อมรา คัมภีรานนท์, 2546) พันธุวิศวกรรม (สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล, 2543) การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ (ประสิทธิ์ ผลิตผลการพิมพ์ และ นเรศ คำราชัย, 2543)

ความรู้ทางพันธุศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่ผู้เรียนมักจะขาดความเข้าใจในแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่กล่าวว่าหัวข้อที่นักเรียนในระดับต่ำกว่ามหาวิทยาลัยมักจะเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนก็คือเรื่องพันธุศาสตร์ (Lawson, 1992 cited in Baker and Lawson, 2001) ทั้งนี้ก็เนื่องจากเนื้อหาพันธุศาสตร์นั้นเป็นเรื่องที่ต้องใช้จินตนาการและเป็นนามธรรม สอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวว่าเนื้อหาพันธุศาสตร์เป็นเนื้อหาที่ยาก นักเรียนมักจะไม่ได้เข้าใจโดยเฉพาะบทที่กล่าวถึง กฎของเมนเดล โครโมโซม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และยีน (Albaladejo and Lucas, 1988; Banet and Ayuso, 1995; Collins and Stewart, 1989; cited in Banet E., and Ayuso E., 2001) และงานวิจัยที่พบว่านักเรียนมักไม่เข้าใจความหมายของศัพท์ทางพันธุศาสตร์ เช่นคำว่า โฮโมไซกัส และเฮเทอโรไซกัส (homozygous and heterozygous) (Slack and Stewart, 1990 cited in Banet and Ayuso, 2001) พฤติกรรมการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Cavallo, 1996) โครงสร้างของเซลล์ โครโมโซม ยีน และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Banet and Ayuso, 2001) ปัญหาที่สำคัญคือนักเรียนไม่สามารถนำเอาความรู้เรื่องพันธุศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาบางประการของชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ได้ (Wyne *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่กล่าวถึงแนวคิดเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ว่านักเรียนบางคนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเกี่ยวกับโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เซลล์เพศและเซลล์ร่างกาย และยังสามารถพบว่ามีนักเรียนบางคนมีความคิดที่ผิดไปจากความเป็นจริง เช่น พืชไม่มีโครโมโซม พืชมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โครโมโซมปรากฏอยู่เฉพาะในเซลล์สืบพันธุ์เท่านั้น (Banet and Ayuso, 2001)

ไม่เพียงแต่ในงานวิจัยต่างประเทศ ในประเทศไทยก็ได้มีนักการศึกษาทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนพันธุศาสตร์ คือ งานวิจัยของกิริติศักดิ์ เพ็ชรแก้ว (2535) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาเรื่องกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยเปรียบเทียบชนิดการสอนแบบปกติกับแบบรอบรู้ และงานวิจัยของ Mungsing (1993) ที่ทำการศึกษา แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ โดยใช้วิธีสอนแบบวงจรการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) กฎการแยกและการรวมตัวอย่างอิสระของยีน (Law of segregation and independent assortment genes) ความสัมพันธ์ระหว่าง โครโมโซม ยีน และ อัลลีล (chromosomes, genes and alleles relationship) ผลงานวิจัยดังกล่าวนี้ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชัย เสริมบุญสุข, ชีระพล เพ็ชรพิพัฒน์, และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2548) ที่สำรวจความคิดเห็นของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับแนวคิดทางชีววิทยา ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนเตรียมทหารมีความคิดเห็นว่า แนวคิดทางชีววิทยาที่ตนเองมีความเข้าใจอยู่ในระดับต่ำเป็นแนวคิดทางพันธุศาสตร์ทั้งสิ้น

แนวคิดนั้นมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แนวคิดจะช่วยในการจัดระบบความคิดให้เป็นหมวดหมู่ จัดโครงสร้างและช่วยในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล (Armstrong and Savage, 1994) การที่นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดนั้นจะทำให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจเพิ่มเติมจากการสอนของครู เรียนรู้ได้เร็วในเรื่องต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกับแนวคิด (Hurd, 1970) แนวคิดเป็นส่วนสำคัญของการจัดหลักสูตรที่ครูผู้สอนจะต้องพยายามจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดแนวคิดขึ้น (Eggen and Kauchak, 1997) เห็นได้จากการกำหนดวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงเนื้อหา แนวคิด และกระบวนการที่เป็นสากล แต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ และมีความยืดหยุ่นหลากหลาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร เพื่อสามารถนำเอาความรู้ที่ได้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสมและง่ายต่อความเข้าใจของผู้เรียน เช่น หัวข้อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการ การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวว่าการที่ครูผู้สอนสามารถทราบแนวคิดของนักเรียนนั้นจะทำให้สามารถจัดการเรียนการสอนในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้

อย่างเหมาะสม (Driver *et al.*, 1985 cited in Shepardson, 2002) ซึ่ง Banet and Ayuso (2001) ก็ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนนั้นควรคำนึงถึงความรู้เดิมของนักเรียน คำนึงถึงเนื้อหา ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Finkel (1996) ก็ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าครูผู้สอนจะต้องมีการศึกษาถึงความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะมีการจัดการเรียนการสอน และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Novak (1977) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะเรียนรู้อะไรนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เขารู้แล้ว ครูสามารถที่จะช่วยนักเรียนพัฒนาแนวคิดด้วยการค้นหาสิ่งที่นักเรียนรู้แล้ว และจัดประสบการณ์ใหม่ที่สัมพันธ์กับความรู้เดิม การหาแนวคิดของนักเรียนเตรียมทหารจะทำให้ทราบว่านักเรียนมี ความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่จะสอนอย่างไร มีแนวคิดใดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีแนวคิดใดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้ครูผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียน เตรียมทหารและโรงเรียนเหล่าทัพ ได้อย่างเหมาะสม

คำถามการวิจัย

นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์อย่างไร สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนใช้วางแผนในการจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องพันธุศาสตร์ และในเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โครงสร้างและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรมและการเกิดมิวเทชัน การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ ความหลากหลายทางชีวภาพ วิวัฒนาการ การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม เพื่อนำไปปรับใช้ได้ทั้งในโรงเรียนเตรียมทหาร โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โรงเรียนนายเรือ โรงเรียนนายเรืออากาศ และโรงเรียนนายร้อยตำรวจ

ขอบเขตการวิจัย

1. พลวิทย์ที่ทำการศึกษานี้ ได้แก่ นักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 1 ตอนเรียน 28 นาย

2. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ใช้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 – ม.6 ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พ.ศ. 2545) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ประกอบไปด้วยแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม และมิวเทชัน

นิยามศัพท์

1. แนวคิด หมายถึง ความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมาย แนวคิดเป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคล

2. แนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมาย แนวคิดเป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคล เกี่ยวกับเรื่องกระบวนการถ่ายทอดทางพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม และมิวเทชัน แนวคิดทางพันธุศาสตร์แบ่งออกเป็น 5 แนวคิด คือ

2.1 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound understanding: SU) หมายถึง แนวคิดที่ตรงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ มีหลักฐานปรากฏตามเอกสารวิจัย บทความในวารสาร หรือตำราเรียน นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คือนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึงแนวคิดที่ประกอบด้วย แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบของแนวคิด

2.3 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception: PU/SM) หมายถึง แนวคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

2.4 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific misconception: SM) หมายถึง แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.5 ไม่เข้าใจในแนวคิด (Not understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามไม่ชัดเจน

3. นักเรียนเตรียมทหาร หมายถึง นักเรียนโรงเรียนเตรียมทหารที่ศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. แนวคิด
 - 2.1 ความหมายของแนวคิด
 - 2.2 คุณลักษณะของผู้ที่เข้าใจในแนวคิด
 - 2.3 ส่วนประกอบของแนวคิด
 - 2.4 ประเภทของแนวคิด
 - 2.5 การสร้างแนวคิด
 - 2.6 การสำรวจแนวคิด
 - 2.6.1 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์และการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง
(Interviews about Events and Interviews about Instances)
 - 2.6.2 การวาดแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ (Relational diagrams)
 - 2.7 การวิเคราะห์แนวคิด
3. การจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนเตรียมทหาร
 - 3.1 การเข้าศึกษาในโรงเรียนเตรียมทหาร
 - 3.2 การจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหาร
 - 3.2.1 โครงสร้างสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนเตรียมทหาร
 - 3.2.2 คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา วช 301
 - 3.2.3 เกณฑ์การจบหลักสูตรของโรงเรียนเตรียมทหาร
 - 3.2.4 เกณฑ์การศึกษาต่อโรงเรียนเหล่าทัพและโรงเรียนนายร้อยตำรวจ
4. มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 – ม.6 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์
 - 4.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

- 4.1.1 แนวคิดเรื่องโครโมโซม
 - ก. แนวคิดเรื่องตำแหน่งและโครงสร้างโครโมโซม
 - ข. แนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซม
- 4.1.2 แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม
- 4.1.3 แนวคิดเรื่องจีโนไทป์ (genotype) และฟีโนไทป์ (phenotype)
- 4.2 แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
 - 4.2.1 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย
 - 4.2.2 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย
 - 4.2.3 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X
 - 4.2.4 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X
- 4.3 แนวคิดเรื่องมิวเทชัน
- 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา
 - 5.2 งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์
 - 5.3 งานวิจัยที่ศึกษาวิธีสอนพันธุศาสตร์
 - 5.4 งานวิจัยที่ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ยึดเอาทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) เป็นบรรทัดฐานในการวิจัย

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ เป็นการบรรยายโดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไรและได้มาอย่างไร ทฤษฎีนี้จึงอธิบายความรู้ว่าเป็นสิ่งชั่วคราวมีการพัฒนา ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นภายในตัวตน โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ส่วนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีนี้ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการสร้างตัวแทนใหม่ และสร้างโมเดลของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม และเป็นการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคม ผ่านการร่วมมือ

แลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย (Fosnot, 1996 อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2545)

การเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์นั้นไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็มหรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ ๆ ของนักเรียน แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแนวคิด เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์นั้นตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความคิดมากกว่าดูดซึมความคิดใหม่ ๆ และนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายขึ้นจากประสบการณ์ของตนเอง (Bell, 1993 อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2545)

บุคคลจะสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่เขาอาศัยอยู่ และพยายามสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการทำความเข้าใจกับประสบการณ์ ซึ่งเป็นธรรมชาติของมนุษย์ ประสบการณ์จะช่วยให้บุคคลมีความเข้าใจที่ซับซ้อนขึ้น ประสบการณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลนั้นทำให้ความเข้าใจของบุคคลแตกต่างกัน โดยเมื่อบุคคลได้รับข้อมูลใหม่ ๆ เขาก็จะพยายามหาหลัก หรือกฎเกณฑ์ที่ตัวเองสร้างขึ้นเพื่อมาอธิบาย และจำแนก แยกแยะเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Brooks and Brooks, 1993)

การที่ครูผู้สอนสามารถที่จะทราบเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนนั้นมีความจำเป็นต่อการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถจัดประสบการณ์ที่เหมาะสม จัดหลักสูตรและบริบทที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม (Brooks and Brooks, 1993)

แนวคิด

ความหมายของแนวคิด

คำว่า “แนวคิด” เป็นคำที่แปลมาจากคำภาษาอังกฤษว่า “concept” ตามราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2536: 37) มีนักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านที่ใช้คำว่าแนวคิด (ทัศนา ฉันทนาภิธาน, 2540; รัตนา เส็งสุข, 2540; สำเร็จ สระขาว, 2540; จามรี จันทรานนท์, 2542; ทศนิวัตรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์,

2548; สุทธิจักร ศรีถนอมรัก, 2548; จิตมาศ สุขแสง, 2549) แต่มีผู้วิจัยทางการศึกษาบางท่าน นำมาบัญญัติเป็นภาษาไทยหลายคำคือ สังกัป (จันทน์ พรายแย้มแข, 2529; นิตยา สุ่มกะโยธิน และคณะ, 2524) มโนภาพ (ผดุงยศ ดวงมาลา, 2523; ไกรรักษ์ โชติรัตน์, 2537; โสภภาพรณ แสงศัพท์, 2538) ความคิดรวบยอด (วิเชียร พงษ์ประเสริฐ, 2526; สำราญ นิลทอง, 2526; สุนทร โกชนวงศ์, 2527; วันทนี วงษ์น้อม, 2531) และ มโนคติ (สุจินต์ วิสุทธิรานนท์, 2524) ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่าแนวคิดตามราชบัณฑิตยสถาน ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ดังนี้

ทพวงมหาวิทยาลัย (2525: 28) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันอาจจะเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

วีระชาติ สงวนไพรินทร์ (2531: 4) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

ธีระชัย ปุณณโชติ (2536: 40) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าเป็นความคิด

มาลินี จุฑะรพ (2537: 121) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งเร้าและสามารถจัดกลุ่มของสิ่งเร้าเหล่านั้นได้

พรรณี ข. เจนจิต (2538: 213 - 214) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความเข้าใจของบุคคลที่สามารถมองเห็นความเหมือนของสิ่งเร้าและสามารถจัดกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกันไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน

มังกร ทองสุคติ (2538: 3) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นระบบสังเคราะห์หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล หรือความคิดสำคัญที่รวมข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ของแต่ละบุคคลว่าเข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุหรือสัญลักษณ์ หรือสถานการณ์มากน้อยเพียงใด

สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ (2538: 39) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความเข้าใจของบุคคล ที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะที่เหมือน หรือแยกแยะลักษณะที่แตกต่างของคุณสมบัติของสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2540: 3) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

นักการศึกษาต่างประเทศได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้หลายความหมายด้วยกัน ดังนี้

De Cecco (1968) cited in ทศนา จันทนาภิธาน, 2540:11) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นการจัดกลุ่มสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกัน สิ่งเร้าเหล่านี้ ได้แก่ วัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ และบุคคล

Hurd (1970) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นผลมาจากการสังเคราะห์หรือเป็นประเด็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากจินตนาการและเหตุผลของแต่ละบุคคล แนวคิดเป็นมากกว่าการสรุปรวมข้อเท็จจริง แนวคิดเป็นความคิดที่เป็นผลมาจากการจัดจำแนกของผู้เรียน

Klopfer (1971 อ้างใน สำเร็จ สระขาว, 2540: 8) ได้ให้ความหมายของแนวคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ว่าเป็นสิ่งที่เป็นามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า แนวคิดนั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

Anderson and Faust (1973 อ้างใน สุวัฒน์ นิยมคำ, 2533: 117) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นเซตของวัตถุหรือเหตุการณ์ซึ่งมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน และสามารถใช้อุณสมบัติร่วมกันนี้ เป็นเกณฑ์ในการแยกออกจากเซตอื่นได้

Glover (1981) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นกลุ่มของสถานการณ์หรือข้อมูลที่บุคคลจัดเป็นกลุ่มขึ้นตามประสบการณ์การรับรู้ของแต่ละบุคคล แนวคิดจะช่วยในการทำความเข้าใจในโลกที่อาศัยอยู่ ด้วยการนำข้อมูลที่ได้รับใหม่ไปบรรจุไว้ในแต่ละส่วนของความรู้ที่แต่ละคนสร้างขึ้น

Gibson (1981) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นกลุ่มของความคิดที่นักเรียนใช้ในการจัดกลุ่มของปรากฏการณ์ โดยเป็นการจัดอย่างเหมาะสมและมีความหมายสำหรับตน

Bryce (1987) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นข้อสรุปรวมทั่วไปของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องจำเพาะว่าตัวอย่างของแนวคิดใดต้องอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเฉพาะแนวคิดนั้น ขึ้นอยู่กับการสร้างขึ้นของแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้ที่บุคคลได้รับรู้เกี่ยวกับโลกของเขา

Gibson and Chandler (1988) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นการลงข้อสรุปเกี่ยวกับความคิด หรือการสร้างภาพของความคิดขึ้นเพื่อแทนหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ

Louisel and Descamps (1992) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดที่สร้างขึ้นจากการจัดกลุ่มของข้อเท็จจริงที่สัมพันธ์กัน แนวคิดเป็นลำดับขั้นที่ 2 ของความรู้ (Gagne's heirarchy of knowledge ประกอบด้วย ข้อเท็จจริง แนวคิด การลงข้อสรุป และหลักการ) หมวดหมู่หรือข้อเท็จจริงจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของแนวคิด เป็นรูปง่าย ๆ ที่สุดของสิ่งที่เป็นนามธรรม ประกอบด้วย กลุ่มของข้อเท็จจริงที่มีความหมาย แนวคิดจะมีลักษณะเฉพาะที่แยกแนวคิดนั้นออกเป็นหน่วย และแตกต่างจากแนวคิดอื่น

Ralph *et al.* (1994) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นลักษณะของข้อเท็จจริงที่สามารถใช้อธิบาย และใช้เรียกชื่อได้ ชื่อที่เราให้กับสิ่งต่าง ๆ ที่เราเห็นก็คือ แนวคิด

Armstrong and Savage (1994) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดหลักหรือการจัดจำแนกที่ช่วยในการจัดการกับข้อมูล บางครั้งแนวคิดก็อาจหมายถึงข้อตกลง การให้นิยามเกี่ยวกับลักษณะของแนวคิด ก็จะถูกเรียกว่าคุณลักษณะ

Shipman *et al.* (1997) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นการสร้างความหมายของความคิดขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ปรากฏการณ์คือสิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม แนวคิดจะมีการสร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้อธิบายให้กับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ได้พบเห็น

Eggen and Kauchak (1997) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดนามธรรมที่ใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มของวัตถุ เหตุการณ์ หรือความคิดซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของการจัดหลักสูตร การจัดจำแนกนั้นจะขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ หรือตัวแทนความคิดที่ทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

Bruning *et al.* (1999) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นโครงสร้างทางความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อการจัดจำแนกอย่างมีความหมาย วัตถุ และเหตุการณ์ต่าง ๆ จะถูกจัดเข้าสู่กลุ่มเดียวกันจากความคล้ายกัน สิ่งใดที่พอดีกับหลักเกณฑ์สร้างขึ้นก็จะเป็นตัวอย่างหรือแนวคิด ส่วนสิ่งใดที่ไม่พอดีกับหลักเกณฑ์ที่สร้างขึ้นก็จะไม่จัดอยู่ในตัวอย่างของแนวคิดนั้น ลักษณะที่เด่นในตัวอย่างของแนวคิดก็จะเรียกว่า คุณลักษณะ (attributes) ลักษณะเด่นที่จำเป็นในการให้คำจำกัดความของแนวคิดก็จะเรียกว่า ลักษณะเฉพาะ (defining attribute)

Jacobson *et al.* (1999) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความคิดที่ใช้ในการจัดกลุ่มจัดจำแนกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะที่มีอยู่ในการจัดจำแนก ซึ่งในสิ่งต่าง ๆ นั้นจะมีทั้งลักษณะที่จำเป็นในการจัดจำแนกแนวคิดและลักษณะที่ไม่จำเป็นในการจัดจำแนกแนวคิด แนวคิดอาจหมายถึง คำหนึ่งคำที่แทนความคิดก็ได้ เราสามารถแทนแนวคิดได้ด้วยคำจำกัดความ

จากความหมายของแนวคิดที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้เสนอไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่าแนวคิดคือความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมาย แนวคิดเป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคล

คุณลักษณะของผู้ที่เข้าใจในแนวคิด

Hurd (1970) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของผู้ที่เข้าใจในแนวคิดดังต่อไปนี้

1. ระบุตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่แนวคิดได้
2. ใช้แนวคิดอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้
3. ใช้แนวคิดในการตั้งสมมติฐานเพื่อการแก้ปัญหาได้
4. ลงความเห็นหรือลงข้อสรุปได้จากสถานการณ์
5. จัดข้อมูลที่ได้แยกกลุ่มตามความสัมพันธ์
6. จากสถานการณ์สามารถแยกข้อมูลและแนวคิดออกจากกันและสามารถเข้าใจในแนวคิดเริ่มต้น
7. จัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ (move around) ได้ง่ายโดยใช้หลักเกณฑ์ง่ายของตน
8. เรียนรู้ได้เร็วในหัวข้อใกล้เคียงกัน (topic area)

ส่วนประกอบของแนวคิด

Lang *et al.* (1995) กล่าวว่าแนวคิดมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. ชื่อแนวคิด (concept name) คือ สิ่งที่ใช้เรียกแทนแทนแนวคิดนั้น เช่น คำนาม
2. คุณลักษณะที่จำเป็นของแนวคิด (critical attribute) คือ ลักษณะที่เอามาใช้ในการจำแนก ว่าสิ่งใดที่ถือเป็นตัวอย่างของแนวคิดนั้น เช่น คน สถานที่ หรือสิ่งของ
3. คุณลักษณะที่ไม่จำเป็นของแนวคิด (noncritical attribute) คือ ลักษณะที่มีอยู่ในแนวคิดต่าง ๆ แต่ไม่ถือว่าเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนก เช่น จำนวนพยางค์ของคำนาม ตำแหน่งของคำนามในประโยค
4. คุณลักษณะจำเพาะของแนวคิด (concept definition) คือ คำจำกัดความของแนวคิดนั้น เช่น คำนามคือคำที่ใช้เรียกคน สัตว์ สิ่งของ
5. ตัวอย่าง (example) คือ สิ่งที่เกี่ยวข้องเป็นตัวอย่างของแนวคิด เช่น ค้างคาว ผีเสื้อ ตั๊กแตน แมลงสาบ ถือเป็นตัวอย่างของแนวคิด แมลง
6. สิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง (non example) คือ ตัวอย่างที่ไม่จัดอยู่ในแนวคิดนั้น เช่น นก แมว กระต่าย ภูเขา เป็นสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิด แมลง

ประเภทของแนวคิด

นอกจากลำดับของแนวคิดแล้ว Lang *et al.* (1995) ยังได้แบ่งแนวคิดออกเป็น 5 ชนิด คือ

1. แนวคิดรูปธรรม (Concrete concept) เป็นแนวคิดที่สามารถรับรู้ได้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นไป หรือทั้ง 5 อย่าง เช่น “แมลง” คือสัตว์ที่มีลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หัว อก และท้อง และมีขา 6 ขา

2. แนวคิดนามธรรม (Abstract concept) เป็นแนวคิดที่ไม่สามารถรับรู้ได้โดยตรง หรือต้องมีการลงความเห็น เช่น “สารอาหาร” คือ สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะให้พลังงาน ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ

3. แนวคิดที่มีนิยามเดียว (Conjunctive concept) เป็นแนวคิดที่มีลักษณะสำคัญ 1 ลักษณะ ที่จำเพาะเจาะจง เช่น “ทะเลสาบ” คือแหล่งน้ำที่มีพื้นดินล้อมรอบ และล้อมรอบทุกด้าน

4. แนวคิดที่มีหลายนิยาม (Disjunctive concept) เป็นแนวคิดที่มีลักษณะสำคัญหลายลักษณะ ตัวอย่างที่จะจัดอยู่ในแนวคิดรูปแบบนี้นั้น เพียงมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งก็สามารถจัดอยู่ในแนวคิดได้ เช่น “คำนาม” คือคำที่ใช้เรียก คน สัตว์ สิ่งของ ดังนั้น “คำนาม” สามารถเป็นได้ทั้งคน หรือสัตว์ หรือสิ่งของ

5. แนวคิดที่มีเงื่อนไข (relational concept) เป็นแนวคิดที่ต้องมีลักษณะ 2 ลักษณะสำคัญ โดยเป็นเงื่อนไขซึ่งกันและกัน เช่น เส้นตรงจะไม่เป็น “เส้นขนาน” ถ้าเส้นตรง 2 เส้นนั้นตัดกัน ณ จุดใดจุดหนึ่ง ลักษณะสำคัญอย่างแรกคือ จะต้องมียเส้นตรง 2 เส้น และลักษณะที่ 2 คือ เส้นตรง 2 เส้นนั้นจะต้องไม่ตัดกัน ณ จุดใดจุดหนึ่ง จึงจะเป็น “เส้นขนาน”

การสร้างแนวคิด

ทพววมหาวิทยาลัย (2525) ได้กล่าวถึง กระบวนการสร้างแนวคิดว่าในการสร้างแนวคิดครูจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญได้แก่

1. ความพร้อมของนักเรียน
2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียน
3. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

และนอกจากปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวนักเรียนแล้วครูยังต้องอาศัยหลักการในการสร้างแนวคิดให้กับนักเรียน ได้แก่

1. การใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียน
2. การจัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียน

3. การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ
- 4 การเลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน

การสำรวจแนวคิด

การเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดชีวิตเป็นผลมาจากข้อมูลที่ได้รับจากประสบการณ์ สร้างเป็นองค์ความรู้ของแต่ละบุคคล การสร้างองค์ความรู้ใหม่เป็นผลมาจากความรู้และประสบการณ์เดิม (Driver and Bell, 1986; Roth, 1990 cited in Shepardson, 2002) การสำรวจแนวคิดจึงเป็นส่วนสำคัญของการจัดการเรียนการสอน การสำรวจแนวคิดของผู้เรียนก่อนที่จะมีการจัดการเรียนการสอนจะช่วยให้โรงเรียนสามารถจัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (Duit, 1991 cited in Shepardson, 2002)

การสำรวจแนวคิดมีรูปแบบที่ใช้ในการสำรวจแตกต่างกันไป การใช้แบบทดสอบข้อเขียน (โสภาพรรณ, 2538; Jenny and Colin, 2000) การสัมภาษณ์ (Shepardson, 2002) หรือการวาดภาพ (Selly, 1996) รูปแบบการสำรวจแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย กลุ่มตัวอย่างหรือประเภทของแนวคิดที่ทำการสำรวจ

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์และการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ และการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง (Interviews about Events and Interviews about Instances) มีรูปแบบของการสัมภาษณ์ คือ

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ เป็นการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง หรือเหตุการณ์ คำถามที่ใช้ถามเป็นการยกตัวอย่างภาพลายเส้นที่เป็นสถานการณ์ขึ้นเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดกับสถานการณ์หรือความสามารถในการแปลความหมาย ปรากฏการณ์ การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์จะทำให้ครูทราบถึงจินตนาการของนักเรียนได้ (White and Gunstone, 1991) เช่น งานวิจัยเรื่อง “Children’s ideas on light and vision.” ที่ศึกษาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแสงและการมองเห็น ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับ ทางเดินของแสงและการมองเห็น ที่ประกอบด้วยคำถามว่า 1.) ให้นักเรียนมองไปที่วัตถุ เกิดอะไรขึ้นเมื่อนักเรียนมองเห็นวัตถุ 2.) มีอะไรออกจากตาของคุณบ้างหรือไม่เวลาที่คุณมองวัตถุ 3.) คุณสามารถมองเห็นวัตถุในที่มืด

สนิทได้อย่างไร 4.) ทำไมแสงถึงจำเป็นต่อการมองเห็น 5.) มองไปที่หนังสือเล่มสีแดง มีแสงเดินทางจากหนังสือเล่มนั้นหรือไม่ 6.) ให้วาดภาพแสดงว่านักเรียนสามารถมองเห็นนาฬิกาได้อย่างไร 7.) (ครูวางเทียนไขที่จุดไฟบนโต๊ะ) แล้วถามนักเรียนว่า 7.1) แสงจากเทียนไขสามารถเดินทางไปได้ไกลเท่าใด 7.2) เวลากลางคืนแสงเดินทางเป็นอย่างไร 8.) เงามเกิดขึ้นได้อย่างไร (ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบได้) (Selley ,1996)

การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง เป็นการสัมภาษณ์โดยผู้สัมภาษณ์จะยกตัวอย่างรูปภาพที่จัดอยู่ในแนวคิดและไม่จัดอยู่ในแนวคิดนั้น แล้วให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกตอบว่าตัวอย่างรูปภาพแต่ละตัวอย่งนั้นจัดอยู่ในแนวคิดหรือไม่ และเพราะเหตุใด การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างสามารถตรวจสอบความเข้าใจ ที่ลึกซึ้งของแนวคิดเดี่ยว ๆ ได้ (White and Gunstone,1991) เช่น งานวิจัยที่ตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับพืช ผู้วิจัย ใช้การ์ดที่ประกอบด้วยรูป แครอท หัว้า ต้นไธ้ และ เมล็ดพืช จากนั้นผู้วิจัยถามนักเรียนว่า ตามความเข้าใจของท่าน รูปใดที่เป็นพืชบ้าง (Bell, 1981 cited in White and Gunstone, 1991)

การวาดแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์

การวาดแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ (Relational diagrams) มีรูปแบบ คือ

การวาดแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ เป็นการให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดขึ้น แผนภาพจะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในแต่ละแนวคิดว่ามี ความสัมพันธ์กันในเชิงใด เช่นความสัมพันธ์ระหว่าง สัตว์ สุนัข แมว และสัตว์เลี้ยง (White and Gunstone,1991) ผู้วิจัยจะสั่งให้นักเรียนทำตามคำสั่งต่อไปนี้คือ 1.) วาดรูปสี่เหลี่ยมหรือวงกลม เพื่อแทนด้วย “สัตว์” 2.) วาดภาพสี่เหลี่ยม วงกลม หรือรูปร่างอื่นๆ แทนด้วย สุนัข แมว และสัตว์เลี้ยง เพื่อแสดงความสัมพันธ์กับคำว่า สัตว์ 3.) ให้นักเรียนพิจารณาที่แผนภาพ แล้วตัดสินใจปรับเปลี่ยนแผนภาพ เพื่อให้ตรงกับความสัมพันธ์ที่สุด

แบบวัดแนวคิดเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียน รูปแบบของแบบวัดแนวคิดถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันไปแต่มีจุดประสงค์เดียวกัน คือวัดความสามารถในการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมายเป็นการวัดความคิดที่เป็นผลมาจากการคิดสังเคราะห์ของแต่ละบุคคล ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้

แบบวัดแนวคิดหลายรูปแบบโดยคำนึงถึง ชนิดของแนวคิดที่วัด และวัตถุประสงค์ของแบบวัดแนวคิดเป็นหลัก ดังนั้นในการวิจัยผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบวัดชนิดข้อเขียนที่พัฒนามาจากการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างการเขียนแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของแนวคิดเป็นหลัก

การวิเคราะห์แนวคิด

Abraham et al. (1994: 152) ได้ให้แนวทางการวิเคราะห์แนวคิดไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การวัดองค์ความรู้สำหรับแบ่งประเภทความเข้าใจในแนวคิด

หมายเลข และระดับความเข้าใจในแนวคิด	เกณฑ์การให้คะแนน
0 - ไม่เข้าใจแนวคิด (No understanding : NU)	- ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน
1 - มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific misconception : SM)	- ตอบคำถามไม่ตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
2 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception : PU/SM)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่มีคำตอบบางส่วนคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์
3 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding : PU)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิดนั้น แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบ
4 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound understanding : SU)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ครบทุกองค์ประกอบของแนวคิดนั้น

การจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนเตรียมทหาร

การเข้าศึกษาในโรงเรียนเตรียมทหาร

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โรงเรียนนายเรือ โรงเรียนนายเรืออากาศ และโรงเรียนนายร้อยตำรวจ เป็นผู้ดำเนินการสอบคัดเลือกและกำหนดจำนวนนักเรียนเตรียมทหารในส่วนของ กองทัพบก กองทัพเรือ กองทัพอากาศและสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ในแต่ละปีแล้วส่งมาเรียน รวมกัน ที่โรงเรียนเตรียมทหาร เป็นระยะเวลา 2 ปี เมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร ของโรงเรียนแล้วจึงไปศึกษาต่อในโรงเรียนทหาร – ตำรวจ (โรงเรียนเตรียมทหาร, 2545)

การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหาร

โรงเรียนเตรียมทหารจัดการเรียนการสอนให้ปฏิบัติตามหลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหาร พุทธศักราช 2546 ซึ่งเป็นหลักสูตรเทียบเท่ากับหลักสูตรขั้นพื้นฐานของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2542

การศึกษาในโรงเรียนเตรียมทหาร เป็นการศึกษาที่มุ่งให้นักเรียนเตรียมทหารพัฒนา คุณภาพชีวิตและให้สามารถทำประโยชน์ให้กับสังคมตามบทบาทและหน้าที่ของตนในฐานะ พลเมืองดี ตามระบอบการปกครองแบบประชาธิปไตยที่มีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข ให้นักเรียน เตรียมทหารได้พัฒนาเชาวน์ปัญญา มีความรู้และทักษะอันจำเป็นต่อการประกอบอาชีพทหาร ตำรวจ ร่วมพัฒนาสังคมด้วยแนวทางและวิธีการใหม่ ๆ และบำเพ็ญตนให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม (โรงเรียนเตรียมทหาร, 2545)

โครงสร้างสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์โรงเรียนเตรียมทหาร

โครงสร้างหลักสูตรสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ได้กำหนด แนวทางการจัดหลักสูตร ดังนี้ (โรงเรียนเตรียมทหาร, 2546)

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์โรงเรียนเตรียมทหาร

รหัส	วิชา	จำนวนชั่วโมง ต่อสัปดาห์ต่อภาค	จำนวนหน่วยกิต
ชั้นปีที่ 1			
วฟ 101	ฟิสิกส์ 1	2	1.0
วฟ 111	ฟิสิกส์ 2	2	1.0
วค 101	เคมี 1	3	1.5
วฟ 112	ฟิสิกส์ 3	4	2.0
วค 112	เคมี 2	3	1.5
ชั้นปีที่ 2			
วฟ 201	ฟิสิกส์ 4	2	1.0
วฟ 211	ฟิสิกส์ 5	2	1.0
วค 211	เคมี 3	3	1.5
วฟ 212	ฟิสิกส์ 6	4	2.0
วค 212	เคมี 4	3	1.5
ชั้นปีที่ 3			
วฟ 311	ฟิสิกส์ 7	4	2.0
วช 301	ชีววิทยา	3	1.5
วฟ 312	ฟิสิกส์ 8	4	2.0
วค 312	เคมี 5	3	1.5
รวม		42	21.0

การจัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนเตรียมทหารได้กำหนดให้จัดการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 12 หน่วยกิต วิชาเคมี จำนวน 7.5 หน่วยกิต และวิชาชีววิทยา จำนวน 1.5 หน่วยกิต โดยจัดการเรียนวิชาชีววิทยาพื้นฐานในภาคเรียนที่ 1 ของชั้นปีที่ 3 ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เพื่อใช้ในการศึกษาต่อในโรงเรียนเหล่าทัพ

คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา วช 301

คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา วช 301 มีดังนี้ คือ ศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ คุณภาพของน้ำ เคลื่อนแร่ ธาตุในร่างกายมนุษย์และสัตว์ ระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน ความหลากหลายทางชีวภาพ เทคโนโลยีชีวภาพ ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า การอนุรักษ์ พัฒนาทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ ตรวจสอบ ทดสอบ การทำนาย และการทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

เกณฑ์การจบหลักสูตรของโรงเรียนเตรียมทหาร

นักเรียนเตรียมทหารที่จะได้รับการพิจารณาอนุมัติให้จบหลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหารได้จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ (โรงเรียนเตรียมทหาร, 2545)

1. ต้องเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ทั้ง 8 กลุ่มครบตามโครงสร้างที่หลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหารกำหนด ได้รับการตัดสินผลการเรียนทุกรายวิชาและได้รับการตัดสินผลการเรียนให้ผ่านทุกรายวิชาพื้นฐานในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ และต้องได้จำนวนตามที่กำหนดใน แผนการเรียน ของโรงเรียนเตรียมทหาร
2. ต้องเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนครบตามที่หลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหารกำหนด และได้รับการตัดสินให้ผ่านทุกกิจกรรมในทุกชั้นปี
3. ต้องผ่านการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
4. ต้องผ่านการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียนสื่อความและได้รับตัดสินให้ ผ่าน

เกณฑ์การศึกษาต่อโรงเรียนเหล่าทัพและโรงเรียนนายร้อยตำรวจ

นักเรียนเตรียมทหารที่ศึกษาจบหลักสูตรและได้เลื่อนชั้นไปศึกษาต่อในโรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า โรงเรียนนายเรือ โรงเรียนนายเรืออากาศ และโรงเรียนนายร้อยตำรวจ จะต้องมีความสมบูรณ์ครบถ้วนและมีคะแนนเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรไม่ต่ำกว่า 2.00 มีความประพฤติไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนความประพฤติประจำปีการศึกษานั้น (โรงเรียนเตรียมทหาร, 2545)

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 - ม.6 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์

แนวคิดทางพันธุศาสตร์ได้จัดอยู่ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต โดยมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้น ม.4 – ม.6 กำหนดไว้ดังนี้ สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน และความหลากหลายทางชีวภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมประกอบไปด้วยแนวคิดเรื่องโครโมโซม ลักษณะทางพันธุกรรม จีโนไทป์ (genotype) ฟีนোটายป์ (phenotype) และสารพันธุกรรม

1. แนวคิดเรื่องโครโมโซม

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องโครโมโซมไว้ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สสวท., 2547: 108) ดังนี้คือ

1.1 แนวคิดเรื่องตำแหน่งและโครงสร้างโครโมโซม

ภายในนิวเคลียสของเซลล์มีสารพันธุกรรมเรียกว่า ดีเอ็นเอ (DNA) ดีเอ็นเอและโปรตีนหลายชนิดประกอบเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นสายยาวเรียกว่าโครมาทิน (chromatin) ระหว่างการแบ่งเซลล์ โครมาทินจะหดตัวมีลักษณะเป็นแท่ง ๆ เรียกว่าโครโมโซม (chromosome) ในระยะการแบ่งเซลล์ระยะโพรเฟส (prophase) และระยะเมทาเฟส (metaphase) แต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วย 2 โครมาทิด (chromatid) แต่ละโครมาทิดมีตำแหน่งติดกันตรงตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ (centromere) ซึ่งการที่มี 2 โครมาทิด เป็นผลมาจากการจำลองตัวของโครโมโซมในระยะอินเทอร์เฟส (interphase) และในระยะแอนาเฟส (anaphase) ทีโลเฟส (telophase) โครโมโซมประกอบด้วย 1 โครมาทิด

1.2 แนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซม

เซลล์สิ่งมีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมคงที่ เช่น เซลล์ร่างกายของมนุษย์ในแต่ละเซลล์มีโครโมโซม 46 แท่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันเป็นคู่ๆ 23 คู่ โครโมโซมที่เป็นคู่เหมือนกันเรียกว่าโฮโมโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) ลักษณะพันธุกรรมกำหนดโดยยีน ซึ่งเป็นดีเอ็นเอมีตำแหน่งบนโครโมโซม แต่ละยีนจะมีข้อมูลสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนแต่ละชนิด ยีนในตำแหน่งเดียวกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซมแต่ละคู่ จะควบคุมลักษณะเดียวกัน จำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกาย มีลักษณะเหมือนกัน 2 ชุด เขียนแทนด้วย $2n$ ส่วนเซลล์สืบพันธุ์ มีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย แทนจำนวนนี้ด้วย n

นอกจาก สสวท. (2547) แล้ว Campbell and Reece (2002) ได้อธิบายความหมายของ คำว่าโครโมโซม (chromosome) ว่าหมายถึงกลุ่มโครงสร้างที่บรรจุยีนพบในนิวเคลียสของเซลล์ ภายในโครโมโซมประกอบด้วยสายของดีเอ็นเอ

2. แนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ไว้ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สสวท., 2547: 106 - 108) ดังนี้

ตัวอย่างของลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ลักษณะหนังตาชั้นเดียว ลักษณะหนังตาสองชั้น แนวผมที่หน้าผากตรง แนวผมที่หน้าผากแหลม หูมีติ่ง หูไม่มีติ่ง ไม่มีสันจมูก สันจมูกโด่ง มีลักยิ้ม ไม่มีลักยิ้ม ลิ้นม้วนได้ ลิ้นพับได้ ลิ้นบิดได้ นิ้วเรียวยาว นิ้วสั้น นิ้วชี้ยาวกว่าหัวแม่เท้า นิ้วชี้สั้นกว่าหัวแม่เท้า แต่ไม่ได้ให้ความหมายของลักษณะพันธุกรรมไว้ กล่าวถึงแต่เพียงว่า ลักษณะพันธุกรรมกำหนดโดยยีน โดยแต่ละยีนเป็นส่วนของดีเอ็นเอที่มีข้อมูลสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนแต่ละชนิด

2.1 แนวคิดเรื่องจีโนไทป์ (genotype) และฟีโนไทป์ (phenotype)

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) ได้กล่าวถึง จีโนไทป์ และฟีโนไทป์ไว้ เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของการถ่ายทอดทางพันธุกรรม โดยกล่าวว่า (สวท., 2547: 116) ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันอยู่บนตำแหน่งเดียวกันในโครโมโซม ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมแต่ละลักษณะมีได้หลายแบบหรือหลายอัลลีล โดยลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏจะขึ้นอยู่กับอัลลีลนั้น ๆ ในแต่ละโครโมโซม เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะคางบวมปรากฏอย่างน้อย 2 แบบ ให้ชื่อเรียกว่าอัลลีล N (กำหนดลักษณะคางบวม) และ n (กำหนดลักษณะคางไม่บวม) ลักษณะของยีนที่ควบคุมลักษณะคางบวม หรือจีโนไทป์ ของลักษณะดังกล่าวมีได้ 3 แบบ คือ NN Nn และ nn ส่วนลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออก หรือฟีโนไทป์ ในกรณีนี้มีได้ 2 แบบ คือ ลักษณะคางบวม (มาจากจีโนไทป์ NN Nn) และลักษณะคางไม่บวม (มาจากจีโนไทป์ nn)

ทางสมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย (2546) ได้ให้ความหมายของคำว่า จีโนไทป์ (genotype) และฟีโนไทป์ (phenotype) ไว้ดังนี้

จีโนไทป์ (genotype) คือองค์ประกอบทางพันธุกรรมรูปแบบหนึ่ง ใช้สื่อให้รู้ว่าตรงตำแหน่งของยีนนั้นมีองค์ประกอบและทำหน้าที่อะไร รูปแบบความแตกต่างนั้นคืออัลลีล ตัวอย่าง เช่น อัลลีล AA Aa aa ฟีโนไทป์ (phenotype) (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546: 388) คือ ลักษณะที่สังเกตเห็นได้ของสิ่งมีชีวิต หรือตรวจสอบได้ (สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2546: 374)

2.2 แนวคิดเรื่องสารพันธุกรรม

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องสารพันธุกรรมไว้ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สวท., 2547: 114) ดังนี้คือ

สารพันธุกรรม (ดีเอ็นเอ) เป็นสารจำพวกกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ประกอบด้วย หน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) นิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยประกอบด้วย

- 1) น้ำตาลเพนโทส (pentose) ซึ่งมักแทนด้วยสัญลักษณ์ 5 เหลี่ยม เนื่องจากมีคาร์บอน 5 อะตอมเป็นองค์ประกอบ
- 2) ไนโตรจีนัสเบส (nitrogenous base) ชนิดใดชนิดหนึ่งจาก 4 ชนิด ซึ่งได้แก่ อะดีนีน (adenine หรือ A) ไทมิน (thymine หรือ T) ไซโทซีน (cytosine หรือ C) และกวานีน (guanine หรือ G)
- 3) หมู่ฟอสเฟต เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์ในสายดีเอ็นเอ

แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม มีกำหนดอยู่ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สวท., 2547) ว่าเป็นการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมรูปแบบต่าง ๆ จากพันธุประวัติ (pedigree) และให้เพียงคำอธิบายสั้น ๆ ประกอบพันธุประวัติ ดังนี้

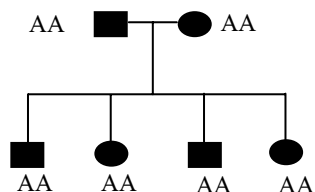
1. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย (dominant autosomal gene) สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2547: 120) ได้ให้คำอธิบายรูปแบบการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย ไว้ว่า ผู้ที่แสดงลักษณะพันธุกรรมที่เป็นลักษณะเด่น จะมีพ่อหรือแม่ที่แสดงลักษณะดังกล่าว ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย เช่น ลักษณะคางบวม ลักษณะลักยิ้ม หรือนิ้วเกิน

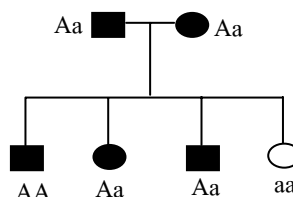
การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย มีเกณฑ์ในการถ่ายทอดที่สามารถสังเกตได้จากพันธุประวัติ ดังนี้ (อมรา, 2546: 30)

- 1) คนที่เป็นโรคทุกคนต้องมีพ่อแม่หรืออย่างน้อยคนใดคนหนึ่งเป็นโรค
- 2) ชายและหญิงมีโอกาสเป็นโรคเท่า ๆ กัน
- 3) ชายและหญิงมีโอกาสถ่ายทอดโรคได้เท่า ๆ กัน โดยพบว่าการถ่ายทอดโรคจากพ่อไปสู่ลูกชาย และจากแม่ไปสู่ลูกสาว มีโอกาสเกิดได้เท่า ๆ กับการถ่ายทอดจากพ่อไปสู่ลูกสาวและแม่ไปสู่ลูกชาย
- 4) พบคนที่เป็นโรคให้เห็นทุกชั่วรุ่น
- 5) คู่แต่งงานคนที่ปกติกับเป็นโรค (heterozygous) จะให้ลูกเป็นโรค : ลูกปกติเป็น 1 : 1 โดยทั้งนี้ถ้าลูกคนใดผิดปกติย่อมมีโอกาสถ่ายทอดยีนผิดปกติให้ลูกชั่วต่อ ๆ ไปได้ ในขณะที่ลูกปกติจะไม่มียีนผิดปกติเลย และให้ลูกปกติในรุ่นต่อ ๆ ไป (ดูตัวอย่างกรณีที่ 4 ภาพที่ 2)

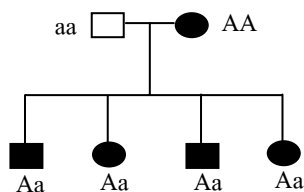
กรณีที่ 1 คู่แต่งงานเป็นโรคทั้งคู่(Homozygous)



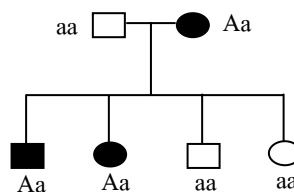
กรณีที่ 2 คู่แต่งงานที่เป็นโรคทั้งคู่(Heterozygous)



กรณีที่ 3 คู่แต่งงานที่ปกติกับเป็นโรค(Homozygous)



กรณีที่ 4 คู่แต่งงานที่ปกติกับเป็นโรค(Heterozygous)



ภาพที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

หมายเหตุ: □ แทน เพศชาย, ○ แทน เพศหญิง

■ ● แทนคนที่เป็นโรค □ ○ แทนคนปกติ

2. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย (recessive autosomal gene) สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2547: 120)

ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย ไว้ว่าเป็นลักษณะพันธุกรรมที่สามารถปรากฏในรุ่นลูก แม้พ่อแม่จะไม่แสดงลักษณะนั้น เช่น ลักษณะผิวเผือก และโรคเลือดจาง ธาลัสซีเมีย

การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย มีเกณฑ์ ในการถ่ายทอดที่สามารถสังเกตได้จากพันธุประวัติ ดังนี้ (อมรา คัมภีรานนท์, 2546: 32)

1) คนที่เป็นโรคโดยส่วนใหญ่มีพ่อแม่ปกติ (โดยที่พ่อแม่อยู่ในภาวะเฮเทอโรไซกัส หรือพาหะ) คู่พาหะที่ให้ลูกคนแรกเป็นโรคแล้ว อัตราเสี่ยงของลูกคนต่อไปเป็นโรคมิ 25%

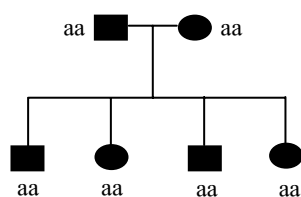
2) ทั้งสองเพศมีโอกาสเป็นโรคเท่า ๆ กัน

3) กรณีนี้เป็นยีนของโรคที่หายาก (rare trait) เช่น โรคฮีโมฟีเลีย โอกาสพบคนเป็นโรคนี้น่าจะขึ้น เมื่อมีพ่อแม่เป็นเครือญาติกัน (consanguineous marriages)

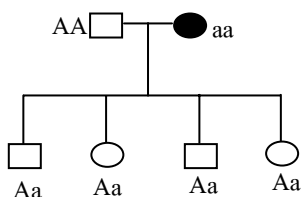
4) ลักษณะการถ่ายทอดของโรคมักไม่พบคนที่ เป็นโรคติดต่อกันทุกชั่ว แต่พบข้ามชั่วรุ่น (ship generation)

5) กรณีที่คู่แต่งงานเป็นโรคทั้งคู่ ($aa \times aa$) จะให้ลูกที่เป็นโรคทุกคน (aa) (ดูตัวอย่างกรณีที่ 1 ภาพที่ 3) กรณีคู่แต่งงานที่ปกติกับเป็นโรคจะให้ลูกที่เป็นปกติทั้งหมด ($AA \times aa \rightarrow Aa$) (กรณีที่ 2 ภาพที่ 3) และกรณีคู่แต่งงานที่เป็นปกติ(พาหะ)กับเป็นโรค จะมีโอกาสให้ลูกที่ปกติร้อยละ 50 และเป็นโรคร้อยละ 50 (กรณีที่ 3 ภาพที่ 3)

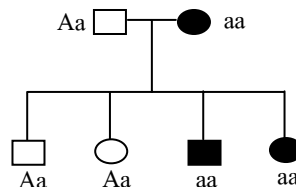
กรณีที่ 1 คู่แต่งงานเป็นโรคทั้งคู่



กรณีที่ 2 คู่แต่งงานที่ปกติกับเป็นโรค



กรณีที่ 3 คู่แต่งงานที่ปกติ(พาหะ)กับเป็นโรค



ภาพที่ 2 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

3. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X

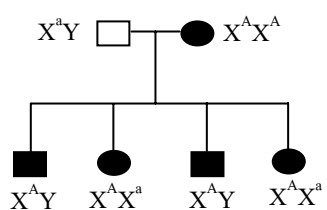
แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X (dominant X-linked gene) สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช., 2547: 123) ให้คำอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศว่า

ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะควบคุมโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ ทำให้พบลักษณะดังกล่าวในเพศชายและหญิงในสัดส่วนต่างกัน ตัวอย่างเช่น ลักษณะฟันเป็นสีน้ำตาล (defective enamel) และลักษณะขนยาวรุงรังตามตัวและหน้า (hypertrichosis)

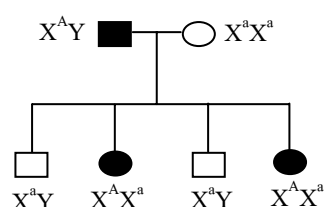
การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X มีเกณฑ์ในการถ่ายทอดที่สามารถสังเกตได้จากพันธุประวัติ ดังนี้ (อมรฯ, 2546: 36)

- 1) เป็นโรคที่เกิดได้กับทั้ง 2 เพศ แต่พบได้ในเพศหญิงมากกว่า
- 2) หญิงและชายที่เป็นโรค มักพบว่าเพศหญิงมีอาการโรคที่รุนแรงน้อยกว่า เพศชาย
- 3) ชายที่เป็นโรคจะให้ลูกสาวทั้งหมดเป็นโรค (กรณีนี้ 3 รูปที่ 4)
- 4) ลักษณะของโรคถ่ายทอดปรากฏไปทุกชั่วรุ่นได้

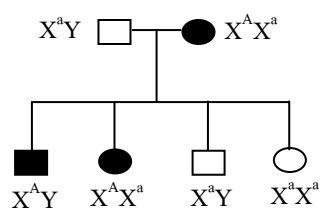
กรณีที่ 1 พ่อปกติกับแม่ที่เป็นโรค(homozygous)



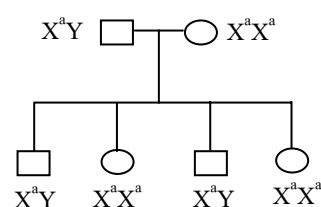
กรณีนี้ 3 พ่อเป็นโรกับแม่ที่ปกติ



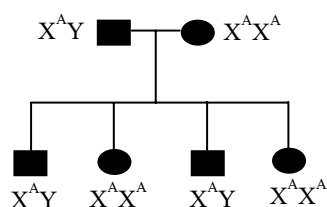
กรณีที่ 2 พ่อปกติกับแม่ที่เป็นโรค(Heterozygous)



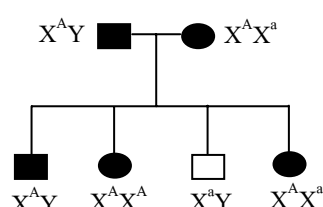
กรณีนี้ 4 พ่อปกติกับแม่ที่ปกติ



กรณีที่ 5 พ่อเป็นโรกับแม่ที่เป็นโรค(Homozygous)



กรณีนี้ 6 พ่อเป็นโรกับแม่ที่เป็นโรค(Heterozygous)



ภาพที่ 3 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X

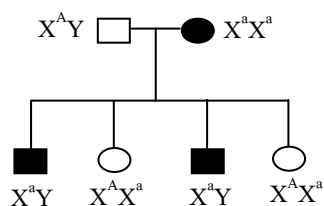
4. แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X

แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X (recessive X-linked gene) สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช., 2547: 125) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X ไว้ว่า เป็นลักษณะพันธุกรรมที่สามารถปรากฏในรุ่นลูก แม้พ่อแม่จะไม่แสดงลักษณะนั้น เช่น ลักษณะตาบอดสี และโรคเลือดฮีโมฟีเลีย ผู้ที่เป็นโรคและผู้ที่เป็นพาหะสามารถถ่ายทอดยีนที่ผิดปกติไปสู่ลูกหลานได้

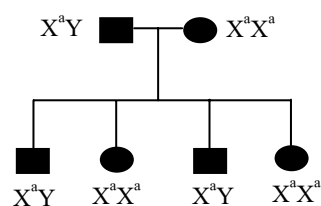
การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X มีกฎเกณฑ์ในการถ่ายทอดที่สังเกตได้จากพันธุประวัติ ดังนี้ (อมรา คัมภีรานนท์, 2546: 37)

- 1) ผู้ที่เป็นโรคมักพบในเพศชาย
- 2) ชายที่เป็นโรคมักมีพ่อแม่ปกติ โดยที่แม่จะเป็นพาหะ ($X^hY \times X^{Hh}X^h \rightarrow X^hY$) ตรวจสอบมักพบว่าญาติทางแม่ที่เป็นชายมักเป็นโรค (กรณีที่ 4 ภาพที่ 5)
- 3) หญิงอาจพบเป็นโรคได้ โดยต้องมีพ่อเป็นโรค และแม่ปกติแต่เป็นพาหะ ($X^hY \times X^HX^h \rightarrow X^hX^h$) กรณีเช่นนี้ต้องเป็นยีนชนิดพบบ่อย หรือเกิดจากการแต่งงานในเครือญาติ
- 4) พ่อที่เป็นโรคแต่งงานกับแม่ที่ปกติจะไม่มีการถ่ายทอดยีนนี้สู่ลูกชาย ลูกชายจะปกติทั้งหมด และให้ลูกสาวที่ปกติเช่นกันแต่เป็นพาหะทั้งหมด ($X^hY \times X^HX^H \rightarrow X^HX^h, X^HY$) (กรณีที่ 5 ภาพที่ 5)
- 5) หญิงที่เป็นโรคแต่งงานกับชายปกติจะมีลูกชายที่เป็นโรคทุกคน ลูกสาวปกติแต่เป็นพาหะ ($X^hX^h \times X^HY \rightarrow X^hY$) (กรณีที่ 1 ภาพที่ 5)

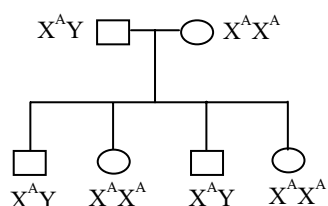
กรณีที่ 1 พ่อปกติกับแม่ที่เป็นโรค



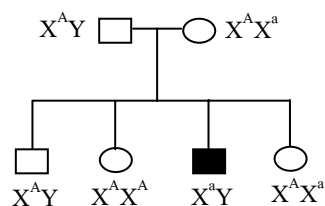
กรณีที่ 2 พ่อเป็นโรคกับแม่ที่เป็นโรค



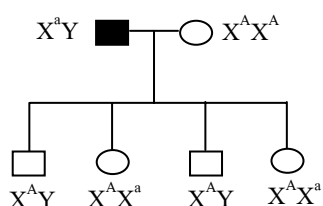
กรณีที่ 3 พ่อปกติกับแม่ที่ปกติ(Homozygous)



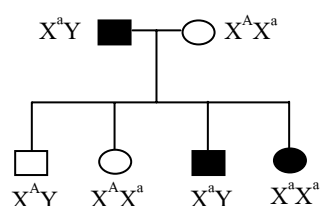
กรณีที่ 4 พ่อปกติกับแม่ที่ปกติ(Heterozygous)



กรณีที่ 5 พ่อเป็นโรคกับแม่ที่ปกติ(Homozygous)



กรณีที่ 6 พ่อเป็นโรคกับแม่ที่ปกติ(Heterozygous)



ภาพที่ 4 การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

แนวคิดเรื่องมิวเทชัน (mutation)

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้อธิบายเรื่องมิวเทชันไว้ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สสวท., 2547: 128) ดังนี้ มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในระดับยีนหรือโครโมโซม ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับดีเอ็นเอ และ/หรือ รุนแรงจนเกิดความผิดปกติในระดับโครโมโซม โดยมิวเทชันที่เกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์จะถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ของนักเรียน โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 4 ประเภท คือ งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ งานวิจัยที่ศึกษาวิธีสอนพันธุศาสตร์ และงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์

งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทโรทัย, และ วรณทิพา รอดแรงคำ (2546ก) ได้ทำการศึกษาแนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6 จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6 ระดับชั้นละ 4 คน รวมเป็น จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้คือ การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับแนวคิดวิวัฒนาการ แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วยคำถาม 9 ข้อ คำถามส่วนใหญ่เป็นสถานการณ์ในทางวิวัฒนาการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์ไปเทียบกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีแนวคิดไม่สอดคล้องกับทฤษฎี Neodarwinism โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่า สิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงลักษณะหนึ่ง ๆ จากการใช้และไม่ใช้ และสามารถถ่ายทอดลักษณะนั้นไปสู่ลูกหลานได้ และนักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของทฤษฎีวิวัฒนาการ ได้แก่ แนวคิดเรื่องประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม fitness และการปรับตัว

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทโรทัย, และ วรณทิพา รอดแรงคำ (2546ข) ได้ทำการสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู วิชาเอกชีววิทยา จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดแนวคิดวิชาชีววิทยาชัดข้อเขียน เป็นข้อสอบปรนัย 11 ข้อ อัตนัย 25 ข้อ ครอบคลุมหัวเรื่องหลักทางชีววิทยา 6 เรื่อง ได้แก่ เรื่องเซลล์และการลำเลียงสาร เอนไซม์และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ กระบวนการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง การเจริญเติบโต พันธุศาสตร์ และวิวัฒนาการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบที่ได้มาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่านิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ในทุกเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องกระบวนการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง และพันธุศาสตร์

Shepardson (2002) ได้ทำการสำรวจความเข้าใจของเด็กเกี่ยวกับแมลง โดยใช้เด็กจำนวน 20 คน จากแต่ละระดับชั้น ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล จนถึงเกรด 5 รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 120 คน เครื่องมือที่ใช้คือ ภาระงาน (task) 3 ภาระงาน ได้แก่ คือ การให้นักเรียนวาดภาพของแมลง การอธิบายเกี่ยวกับแมลง และการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (Interviews about instances) วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่าเด็กมีแนวคิดเกี่ยวกับแมลงใกล้เคียงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

Lavoie (1997) ได้ใช้แผนผังแนวคิดในการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทางชีววิทยา ของนักศึกษาโดยศึกษาในนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 65 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 33 คน โดยกลุ่มทดลองให้เขียน แผนผังแนวคิดชนิดที่มีการเขียนสะท้อนความคิด (Concept mapping with reflective writing) ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอน และกลุ่มควบคุมให้เขียนแผนผังแนวคิดเพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่าการใช้แผนผังแนวคิดชนิดที่มีการเขียนสะท้อนความคิด สามารถระบุแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนทางชีววิทยาของนักศึกษาได้หลากหลายมากกว่าการใช้แผนผังแนวคิดเพียงอย่างเดียว

จามรี จันทรานนท์ (2542) ได้ศึกษาแนวคิดเรื่องอาหารของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 624 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสำรวจแนวคิด เรื่องอาหาร 2 ฉบับ ฉบับแรกเป็นแบบคำถามปลายเปิด และฉบับที่ 2 เป็นแบบสำรวจแบบ มีตัวเลือก และให้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ แล้วจัดจำแนก (Concept analysis) เพื่อหาค่าความถี่ และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเรื่องอาหารสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

วิชัย เสริมบุญสุข, ธีระพล เพ็ชรพิพัฒน์, และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2548) ได้ทำการศึกษา ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาชีววิทยาของนักเรียนเตรียมทหาร โดยทำการสำรวจความคิดเห็น ของนักเรียนเตรียมทหารที่มีต่อแนวคิดทางชีววิทยา โดยทำการแบ่งเนื้อหาทางชีววิทยาที่จัดการ เรียนการสอนในปีการศึกษา 2548 ออกเป็น 23 แนวคิด จากนั้นนำความคิดเห็นทั้งหมดมาจัด เรียงลำดับความคิดเห็นของนักเรียนเตรียมทหาร จากแนวคิดที่มีความเข้าใจน้อยที่สุดไปถึงระดับ ความเข้าใจมาก 5 อันดับได้ผลเรียงตามลำดับดังนี้คือ แนวคิดเรื่อง มิวเทชัน เทคโนโลยีชีวภาพ การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ การคัดเลือกตามธรรมชาติ โครโมโซมและการถ่ายทอด ทางพันธุกรรม การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผลสรุปของงานวิจัยชิ้นนี้

แสดงให้เห็นว่านักเรียนเตรียมทหารมีความคิดเห็นว่าแนวคิดทางชีววิทยาที่ตนเองมีระดับความเข้าใจอยู่ในระดับต่ำเป็นแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ทั้งสิ้น

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา ผู้วิจัยแบ่งการสังเคราะห์งานวิจัย ออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านระดับของกลุ่มตัวอย่าง ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ศึกษาแนวคิด และการวิเคราะห์แนวคิด

ด้านกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดทางชีววิทยามีทุกระดับการศึกษา ตั้งแต่ระดับอนุบาล ระดับประถม ระดับมัธยม นักศึกษาปี 1 และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ซึ่งการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้นั้นมีความสอดคล้องกับแนวคิดที่ศึกษา ถ้าระดับของแนวคิดที่ศึกษาเป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนน้อย เช่น แนวคิดที่เป็นรูปธรรม เช่น แนวคิดเรื่อง แมลง และอาหาร ระดับของกลุ่มตัวอย่างก็เป็นระดับ ประถมและมัธยม แต่ถ้าแนวคิดมีความซับซ้อนมากขึ้น ประกอบด้วยหลายแนวคิดย่อย เช่น แนวคิดเรื่องวิวัฒนาการ แนวคิดทางชีววิทยา ระดับของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาก็เป็นระดับมหาวิทยาลัย ด้านขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดก็มีความแตกต่างกัน ถ้าแนวคิดที่ศึกษาเป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนน้อย ประกอบด้วยแนวคิดหลักน้อย ขนาดของกลุ่มตัวอย่างก็จะใหญ่ เช่น แนวคิดเรื่อง แมลง และอาหาร แต่ถ้าแนวคิดที่ศึกษาประกอบด้วยแนวคิดย่อยหลายแนวคิด ขนาดของกลุ่มตัวอย่างก็จะมีขนาดเล็ก ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดทางชีววิทยามีหลายรูปแบบ ประกอบด้วย การสัมภาษณ์ แบบวัดแนวคิดชนิดข้อเขียน การวาดภาพ การอธิบาย และแผนผังแนวคิด ซึ่งรูปแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิด มีความเหมือนกันคือ จะต้องวัดความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดจำแนก การอธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ แต่ในการเลือกใช้แบบวัดแนวคิด ผู้วิจัยจะคำนึงถึงประเภทของแนวคิดที่ศึกษา และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาแนวคิด ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่างานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยาทั้งหมด ใช้การนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis)

และจากงานวิจัยของวิชัย เสริมบุญสุข, ชีระพล เพ็ชรพัฒน์, และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2548) ยังแสดงให้เห็นว่า แนวคิดทางชีววิทยาแนวคิดหนึ่งที่นักเรียนเตรียมทหารมีความคิดเห็นว่านักเรียนเตรียมทหารมีระดับความเข้าใจในแนวคิดน้อยที่สุดก็คือ แนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์กับนักเรียนเตรียมทหารว่านักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์เป็นอย่างไร

งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์

Smith (1992) ได้ศึกษาการสร้างความรู้ของผู้ให้คำปรึกษาด้านพันธุศาสตร์ ครูผู้สอน พันธุศาสตร์ในมหาวิทยาลัย และนักเรียน โดยใช้ภาระงานในการจัดจำแนก เครื่องมือที่ใช้คือ ภาระงานที่เป็นคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาโดยใช้พันธุศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การนำคำตอบมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) และค่าสถิติที่ใช้คือร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนและผู้เชี่ยวชาญมีโครงสร้างความรู้ทางพันธุศาสตร์ที่แตกต่างกัน

Kindfield (1994) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองความคิด (model) ในเรื่องไมโอซิสของผู้เชี่ยวชาญและผู้เริ่มเรียนพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือผู้เชี่ยวชาญในสาขาพันธุศาสตร์ ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ด้านพันธุศาสตร์ อาจารย์พิเศษด้านพันธุศาสตร์ และนักวิจัยสาขาพันธุศาสตร์ กับนักศึกษาปีที่ 4 ในสาขาพันธุศาสตร์ที่ได้เกรด A และนักศึกษาปีที่ 4 ที่เริ่มทำโครงงานทางพันธุศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้คือการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองความคิดของการแบ่งเซลล์ แบบไมโอซิสวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำคำตอบมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่าทั้งผู้เชี่ยวชาญและผู้เริ่มเรียนพันธุศาสตร์มีรูปแบบของโมเดล ไมโอซิสที่แตกต่างกันแต่ผู้เชี่ยวชาญเกือบทั้งหมดที่รูปแบบของแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง และแบบจำลอง ไมโอซิสทั้งของผู้เชี่ยวชาญและผู้เริ่มเรียนพันธุศาสตร์สามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบคือ แบบที่ถูกต้อง แบบที่คลาดเคลื่อน และแบบที่มีคุณภาพ ซึ่งโมเดลที่แตกต่างกันจะนำไปสู่การสร้างรูปแบบการสอนที่เหมาะสมได้

Jenny and Robinson (2000) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการปฏิสนธิ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่อยู่ในช่วงอายุ 14 - 16 ปี จำนวน 482 คน เครื่องมือที่ใช้คือ คำถามปลายเปิด วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคำตอบมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนขาดการเชื่อมโยงในแนวคิดเรื่องโครโมโซมกับสารพันธุกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างการแบ่งเซลล์กับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

Gili and Ruth (2000) ได้ศึกษาการอธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์โดยใช้พื้นฐานความรู้เรื่องเซลล์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียน 264 คนจากเกรด 9 เกรด 12 และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสาขาชีววิทยา เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และ

แผนผังแนวคิด วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคำตอบมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนเกรด 9 อธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องเซลล์ และนักเรียนเกรด 12 ส่วนใหญ่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์โดยเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องเซลล์ แต่ไม่เข้าใจกลไกและระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสาขาชีววิทยาสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์โดยใช้ความรู้เรื่องเซลล์และความรู้เรื่องพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลได้ แต่ส่วนมากไม่เข้าใจเรื่องหน้าที่ของอาร์เอ็นเอ (RNA)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ผู้วิจัยแบ่งการสังเคราะห์งานวิจัย ออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านระดับของกลุ่มตัวอย่าง แนวคิดทางพันธุศาสตร์ที่ศึกษา เครื่องมือที่ใช้ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ และการวิเคราะห์แนวคิดทางพันธุศาสตร์

ด้านระดับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ พบว่า ระดับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษามหาวิทยาลัยไปจนถึงระดับผู้เชี่ยวชาญด้านพันธุศาสตร์ ด้านแนวคิดที่ศึกษาพบว่า แนวคิดทางพันธุศาสตร์ที่ศึกษา มีระดับตั้งแต่แนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ ไปจนถึงแนวคิดทางพันธุศาสตร์โมเลกุล และไม่ว่าจะเป็นการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ในระดับชั้นใดก็ตาม พบว่าจะต้องมีการศึกษาแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ด้วย ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์พบว่า เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ การสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง คำถามปลายเปิด และแผนผังแนวคิด ซึ่งรูปแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ มีความเหมือนกันกับเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา คือจะต้องวัดความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดจำแนก การอธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ และด้านการวิเคราะห์งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ทั้งหมด ใช้การนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา

งานวิจัยที่ศึกษาวิธีสอนพันธุศาสตร์

Cavallo (1996) ได้ศึกษาการเรียนรู้อย่างมีความหมายในหัวข้อการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ในวิชาพันธุศาสตร์สูง โดยใช้วิธีการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ (learning cycle) เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม แบบวัดการใช้

เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดการเรียนรู้ที่มีความหมายในวิชาพันธุศาสตร์ แบบวัดการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ และ mental model test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้นำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดหลักเรื่องไมโอซิส แต่ขาดความเข้าใจในกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้นเกี่ยวกับไมโอซิส เช่น นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนของไมโอซิสได้ แต่ไม่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการแบ่งเซลล์แต่ละขั้น

Martin and Ogborn (1997) ได้ศึกษาการใช้วิธีสอนแบบ Metaphorical ในการสอนพันธุศาสตร์ของครู กลุ่มตัวอย่างคือครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการสอนในหัวข้อดีเอ็นเอ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการศึกษาพบว่า การสร้างแนวคิดแบบ Metaphorical ของครูแต่ละคนจะมีที่มาของการสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้าใจของแต่ละคนที่จะเกิดร่วมกับความคิดแบบเปรียบเทียบ และแยกแยะความเหมือน ความต่างของเหตุการณ์ นอกจากนี้การใช้เทคนิคการสอนแบบ Metaphorical ร่วมกับเทคนิคอื่น ๆ จะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในพันธุศาสตร์ง่ายขึ้น

Banet and Ayuso (1999) ได้ทำการศึกษาแนวคิดเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ และผลการสอนแบบเดิมที่มีต่อการเรียนพันธุศาสตร์ และหาวิธีสอนพันธุศาสตร์เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งขั้นตอนของการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อนำไปออกแบบการสอน ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความรู้ของนักเรียนหลังจากสอนพันธุศาสตร์โดยวิธีปกติ ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการสอนและทดสอบ เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมักจะมี ความเข้าใจ ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เช่น ในเรื่องโครงสร้างของเซลล์ โครโมโซม ยีน และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การสอนพันธุศาสตร์มักไม่คำนึงถึงความรู้เดิม และการสอนพันธุศาสตร์นั้นควรจะมีการคำนึงถึงเนื้อหา ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน มีการนำเอาทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้

Baker and Lawson (2001) ได้ใช้วิธีสอนแบบ analogy ในการสอนวิชาพันธุศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาปี 2 ถึงปีที่ 4 ที่เรียนวิชาพันธุศาสตร์แล้ว โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบอธิบาย ส่วนกลุ่มทดลอง

ได้รับการสอนแบบ Complex analogy เก็บข้อมูลจากการสอบย่อย แบบวัดเจตคติ และ Pretest - Posttest analysis ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบ Complex analogy มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการใช้เหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุม และนักเรียนมีความคิดเห็นว่าการสอนแบบ analogy มีประโยชน์ต่อการเรียนพันธุศาสตร์

Zohar and Nemet (2002) ได้ทำการศึกษาการส่งเสริมความรู้และความสามารถในการอ้างอิงความรู้ในวิชาพันธุศาสตร์มนุษย์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงปีที่ 3 ใช้การทดลองแบบ Pretest – Posttest analysis โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการสอนแบบปกติกับแบบ Argumentation โดยใช้ครูที่อบรมหลักสูตรการสอนจากที่เดียวกัน ทำการศึกษาใน 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิก 9 คน เครื่องมือที่ใช้คือ ภาระงาน และถอดเทปการอภิปราย วิเคราะห์โดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่าการสอนให้นักเรียนมี Argumentation Skill จะช่วยให้นักเรียนมีเหตุผลมากขึ้น มีการเชื่อมโยงความคิดไปใช้ในการตัดสินใจปัญหาทางพันธุศาสตร์

กิริตศักดิ์ เพ็ชรแก้ว (2535) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนเพื่อรอบรู้กับการสอนปกติ โดยทำการสุ่มนักเรียนจำนวน 2 ห้องเรียนอย่างเฉพาะเจาะจง แล้วใช้วิธีแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ใช้รูปแบบการวิจัยแบบ Pretest-Posttest Control Group Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ t-test และ Pearson Product- Moment Correlation Coefficient ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนเพื่อรอบรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ

Muangsing (1993) ได้ทำการศึกษาการเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน โดย 2 ห้องเรียนจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ส่วนอีก 1 ห้องเรียนจัดการเรียนแบบร่วมมือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

แผนการสอน แบบสังเกตพฤติกรรมในห้องเรียน ภาระงาน แผนผังแนวคิด วิเคราะห์ข้อมูล โดย one way ANOVA และ MANOVA ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีการเรียนแบบร่วมมือ มีการปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปในทางที่ถูกต้องมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาวิธีสอนพันธุศาสตร์ พบว่า งานวิจัยที่ศึกษา วิธีสอน พันธุศาสตร์ ระดับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นระดับมัธยมศึกษา และรูปแบบงานวิจัย ส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบรูปแบบการสอน 2 รูปแบบ ซึ่งในงานวิจัยที่ทำการศึกษา วิธีสอน พันธุศาสตร์ส่วนมากจะต้องมีการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ควบคู่ไปกับการเรียนการสอนด้วย และผลการวิจัยเกี่ยวกับศึกษาวิธีสอนพันธุศาสตร์พบว่า วิธีการสอนพันธุศาสตร์ที่ทำให้นักเรียน สามารถเรียนรู้พันธุศาสตร์ได้ดี ก็คือวิธีการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ มีการสะท้อนความคิด มีการเปรียบเทียบและให้เหตุผล

งานวิจัยที่ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์

Gibson *et al.* (1989) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการระยะ formal - operation ของเพียเจต์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่เรียน พันธุศาสตร์ วิธีการคือ ผู้วิจัยทำการสอนวิชาพันธุศาสตร์ให้กับนักเรียนโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย หลังจากนั้น 8 สัปดาห์ก็ใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ และใช้แบบสัมภาษณ์ของ เพียเจต์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Post – hoc analysis of ANOVAs ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการการเรียนรู้และทักษะการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ

Smith and Good (1992) ได้ทำการศึกษารูปแบบของการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ ที่ประสบความสำเร็จกับการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่ไม่ประสบความสำเร็จ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เชี่ยวชาญทางพันธุศาสตร์และผู้เริ่มเรียนพันธุศาสตร์ โดยใช้ครูผู้สอนพันธุศาสตร์เป็นตัวแทนของ ผู้เชี่ยวชาญทางพันธุศาสตร์ และนักเรียนเกรด 11 เป็นตัวแทนของผู้เริ่มเรียนพันธุศาสตร์ จำนวน รวมทั้งสิ้น 32 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบวัดการแก้ปัญหาแบบ think aloud และการถอดเทป วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมา จัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่า มีความแตกต่างระหว่างผู้เชี่ยวชาญทางพันธุศาสตร์และ ผู้ที่เริ่มเรียนพันธุศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางพันธุศาสตร์มีการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่ ประสบผลสำเร็จ และมีรูปแบบการแก้ปัญหาคือมีการตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง มีการจดบันทึก ข้อมูล และมีการประยุกต์นำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา

Finkel (1996) ได้ทำการศึกษาการใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ โดยทำการศึกษาแก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาพันธุศาสตร์แล้วจำนวน 25 คน ใช้เวลา 5 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือโปรแกรมการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่เรียกว่า GCK Kit ถอดเทปการแลกเปลี่ยนความรู้ของนักเรียนถอดเทปการสนทนาของนักเรียน และข้อมูลจากสมุดบันทึกที่สะท้อนความคิดของนักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนก็จะต้องมีความรู้ในเนื้อหา มีการตัดสินใจเลือกโมเดลที่ใช้ในการแก้ปัญหา และมีการเชื่อมโยงการแก้ปัญหาเกี่ยวกับโมเดลของตน

Johnson and Stewart (2001) ได้ทำการศึกษารูปแบบที่นักเรียนใช้การแก้ปัญหาวิชาพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพันธุศาสตร์สูงและต่ำ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือโปรแกรมการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่เรียกว่า GCK Kit การถอดเทปจากบทสนทนา ใบงานและอนุทินวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาวิชาพันธุศาสตร์นั้นจะมีรูปแบบของการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงปัญหากับแบบจำลองทางพันธุศาสตร์ ส่วนนักเรียนที่ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานั้น จะมีวิธีการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์โดยไม่เชื่อมโยงปัญหากับแนวคิดเรื่องจีโนไทป์

Thomson and Stewart (2001) ได้ศึกษาการสืบเสาะทางพันธุศาสตร์ที่นักพันธุศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักพันธุศาสตร์จำนวน 6 คน เครื่องมือที่ใช้คือโปรแกรมการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่เรียกว่า GCK Kit ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักพันธุศาสตร์ใช้กระบวนการสืบเสาะในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์

Wyne *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาความรู้ในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มาใช้ในการแก้ปัญหาในหัวข้อทางพันธุศาสตร์ โดยทำการศึกษาแก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 19 คนที่ให้เรียนพันธุศาสตร์เป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์สูง เครื่องมือที่ใช้คือ โปรแกรมการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่เรียกว่า GCK Kit การถอดเทประหว่างการทำกิจกรรมจากโปรแกรม GCK Kit วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัด

จำแนก (Concept analysis) ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) แต่มักไม่นำเอาความรู้เรื่องไมโอซิสมาใช้ในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ พบว่ากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ที่ประสบผลสำเร็จคือ จะต้องมีความรู้ในเนื้อหาพันธุศาสตร์ มีการเชื่อมโยงความรู้ทางพันธุศาสตร์กับปัญหาทางพันธุศาสตร์ และมีกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ผู้วิจัยได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการแก้ปัญหาในวิชาพันธุศาสตร์ ส่วนใหญ่จะมีการสำรวจแนวคิดควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแนวคิด มีหลายประเภท เช่น แบบข้อเขียน แบบสัมภาษณ์ หรือแบบวาดภาพ การเลือกใช้เครื่องมือในงานวิจัยขึ้นอยู่กับบุคลิกภาวะของกลุ่มตัวอย่าง ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และประเภทของแนวคิดที่ศึกษา
3. งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดทางชีววิทยา และแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ถ้าหัวเรื่องที่สำรวจแนวคิดประกอบด้วยหลายแนวคิด ผู้วิจัยจะเลือกใช้เครื่องมือในการสำรวจมากกว่า 1 เครื่องมือ โดยพิจารณาเลือกประเภทของเครื่องมือให้สัมพันธ์กับแต่ละแนวคิดย่อย
4. ในการวิจัยที่ศึกษาการสอนพันธุศาสตร์พบว่า วิธีการสอนพันธุศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คือ วิธีการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ และมีการสะท้อนความคิด
5. ในงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์พบว่า กระบวนการที่สำคัญของการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ก็คือ จะต้องมีความรู้ทางพันธุศาสตร์ มีการเชื่อมโยงความรู้ทางพันธุศาสตร์กับปัญหาทางพันธุศาสตร์ และมีกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

6. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแนวคิด ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วนำมาจัดจำแนก (Concept analysis) ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำตอบที่ได้ตามความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแบ่งประเภทของกลุ่มคำตอบตามประเภทของแนวคิดโดยใช้เนื้อหาวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เป็นเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. พลวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

พลวิจัย

พลวิจัยคือ นักเรียนโรงเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 1 ตอนเรียน 28 นาย การเลือกพลวิจัยในงานวิจัยใช้การสุ่มแบบจำเพาะเจาะจงโดยเลือกจาก ตอนเรียนที่มีการจัดตอนเรียนแบบคละ และมีผลการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการสำรวจแนวคิด

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารเป็นแบบวัดประเภทข้อเขียน ที่พัฒนาจากแบบสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง แบบสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ และแบบวัดชนิด วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ชุด (รายละเอียดตามผนวก ข) ครอบคลุมแนวคิด เรื่องโครโมโซม ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน สารพันธุกรรม ลักษณะทางพันธุกรรม จีโนไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มีวาทะและ การแปรผันทางพันธุกรรม แต่ละชุดมีรายละเอียดดังนี้

ชุดที่ 1 3 4 5 และ 7 เป็นแบบวัดที่พัฒนาจากแบบสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง ประกอบด้วย ชุดคำถาม 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการให้นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุตัวอย่างที่กำหนดให้ว่าจัดอยู่ในแนวคิดที่ต้องการวัดหรือไม่ พร้อมทั้งให้นักเรียนเตรียมทหารให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และส่วนที่ 2 เป็นการถามความเข้าใจในแนวคิดที่นักเรียนเตรียมทหารมีความคิดเห็นอย่างไร

ชุดที่ 6 เป็นแบบวัดที่พัฒนาจากแบบสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ ประกอบด้วย ชุดคำถาม 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการให้นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุรูปแบบของการถ่ายทอดทางพันธุกรรมว่าจากพันธุประวัติที่กำหนดให้ พร้อมทั้งให้นักเรียนเตรียมทหารให้เหตุผลประกอบ การตัดสินใจ ส่วนที่ 2 เป็นการถามความเข้าใจในแนวคิดที่นักเรียนเตรียมทหาร มีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับรูปแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบต่างๆ

ชุดที่ 2 เป็นแบบวัดที่พัฒนาจากการวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน พร้อมทั้งให้นักเรียนเตรียมทหารอธิบายภาพที่วาดขึ้น ส่วนที่ 2 เป็นการถามความเข้าใจในแนวคิดที่นักเรียนเตรียมทหารมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับโครโมโซม นิวเคลียส และยีน

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

1. ศึกษาคู่มือการจัดเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในส่วนของมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 - ม.6 และแนวคิด ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ เพื่อกำหนดขอบเขตของแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ซึ่งผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของดังนี้

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด ผลการเรียนรู้รายภาค และแนวคิดที่ศึกษา

แนวคิด	ผลการเรียนรู้รายภาค	แนวคิดที่ศึกษา
โครงสร้างและหน้าที่ของ	สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบาย	1. โครโมโซม
สารพันธุกรรม	เกี่ยวกับสารพันธุกรรม โครโมโซม	2. ยีน
	และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม	3. ดีเอ็นเอ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แนวคิด	ผลการเรียนรู้รายภาค	แนวคิดที่ศึกษา
กระบวนการถ่ายทอด พันธุกรรม	สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบาย เกี่ยวกับสารพันธุกรรม โครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม	4. จีโนไทป์และฟีโนไทป์ 5. ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีน เด่นบนโครโมโซมร่างกาย 6. ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีน ด้อยบนโครโมโซมร่างกาย 7. ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีน เด่นบนโครโมโซม X 8. ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีน ด้อยบนโครโมโซม X
การแปรผันทางพันธุกรรม และมิวเทชัน	สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบาย เกี่ยวกับความแปรผันทาง พันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน	9. ลักษณะทางพันธุกรรม 10. มิวเทชัน

2. ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสำรวจแนวคิดทางชีววิทยา และงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนพันธุศาสตร์ เพื่อกำหนดแนวทางการสร้างแบบวัดและรูปแบบของแบบวัด แนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร จากการศึกษารูปแบบของแบบวัดแนวคิด ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบของแบบวัดแนวคิดพันธุศาสตร์เป็นดังนี้

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ชุดที่ของแบบวัด แนวคิด และรูปแบบของแบบวัด

ชุดที่ของแบบวัด	แนวคิด	แบบวัด
1	โครโมโซม จำนวนโครโมโซม	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้ ตัวอย่าง(interview about instances)
2	ความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	แบบวัดชนิดที่วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ (Relational diagram)
3	สารพันธุกรรม	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้ ตัวอย่าง(interview about instances)
4	ลักษณะทางพันธุกรรม	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้ ตัวอย่าง(interview about instances)

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ชุดของแบบวัด	แนวคิด	แบบวัด
5	จิโนไทป์ และฟิโนไทป์	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง(interview about instances)
6	ศึกษาลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นและยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย และลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นและยีนด้อยบนโครโมโซม X โดยศึกษาจากพันธุ์ประวัติ (pedigree)	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์(interview about events) โดยใช้สถานการณ์จากพันธุ์ประวัติ
7	มิวเทชันและการแปรผันทางพันธุกรรม	แบบวัดที่ดัดแปลงจากการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง(interview about instances)

3. ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ทั้ง 7 ชุด

4. นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ที่สร้างขึ้น ทั้ง 7 ชุด เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาและตรวจสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 ดังนี้

4.1 ปรับปรุงคำถาม ให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ต้องการวัด ตัดคำถามที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิด และเพิ่มคำถามเพื่อให้ครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการวัด

4.2 ปรับปรุงรูปภาพประกอบให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ต้องการวัด และเพิ่มคำอธิบายรูปภาพลงในแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เพื่อให้สื่อความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ที่ผ่านการตรวจแก้ไขแล้วพร้อมทั้งจัดทำแนวคำตอบ ไปเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5.1 ปรับปรุงภาษาที่ใช้ เพื่อให้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2 ปรับปรุงแนวคำตอบให้มีความสอดคล้องกับคำถาม และให้มีความครอบคลุมและชัดเจน

6. นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารที่ผ่านการตรวจแก้ไขแล้วไปเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาชีววิทยา สาขาการวัดและประเมินผล และการสอนพันธุศาสตร์ 5 ท่าน (รายละเอียดดังภาคผนวก ก) พิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

6.1 ปรับปรุงภาษาที่ใช้ เพื่อให้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6.2 ปรับปรุงแนวคำตอบให้ครอบคลุมกับแนวคิดทางพันธุศาสตร์มากขึ้น

7. นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่พลวิชัย จำนวน 5 คน พร้อมทั้งสังเกตการณ์การทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร

7.1 ปรับปรุงภาษาที่ใช้ เพื่อให้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

7.2 นำคำตอบที่ได้จากการทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารมาจัดกลุ่มแนวคำตอบตามแนวคิดของ Abraham et al. (1994: 152) ที่จำแนกแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 แนวคิด ตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเกณฑ์วิเคราะห์คำตอบเป็นรายชื่อ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การวัดองค์ความรู้สำหรับแบ่งประเภทความเข้าใจในแนวคิด

หมายเลข และระดับความเข้าใจในแนวคิด	เกณฑ์การให้คะแนน
0 - ไม่เข้าใจแนวคิด (No understanding : NU)	- ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน
1 - มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific misconception : SM)	- ตอบคำถามไม่ตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

หมายเลข และระดับความเข้าใจในแนวคิด	เกณฑ์การให้คะแนน
2 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception : PU/SM)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แต่มีคำตอบบางส่วนคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์
3 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding : PU)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิดนั้น แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบ
4 - มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound understanding : SU)	- ตอบคำถามตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบของแนวคิดนั้น

7.3 ปรับปรุงแนวคำตอบให้มีความครอบคลุมกับแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร

8. นำเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบในข้อ 7.2 เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อตรวจสอบความชัดเจน ความตรง และความเที่ยงของแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

9. หลังจากปรับปรุงแล้ว นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร (รายละเอียดดังภาคผนวก ข) ไปใช้กับนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 จำนวน 28 นาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ดังนี้

1. ประสานงานขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ ไปยังโรงเรียนเตรียมทหาร

2. นำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารไปให้พลวิจัยทำ หลังจากທີ່จบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ในคาบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และใช้เวลาในการทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ตามเวลาที่ระบุไว้ในแบบวัดทั้ง 7 ชุด โดยแยกเก็บข้อมูลเป็นครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 3 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้รับแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารคืน ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ อ่านคำตอบโดยละเอียดทั้งในส่วนของการระบุตัวอย่าง และการให้เหตุผลประกอบ และการสรุปเป็นแนวคิด จากนั้นผู้วิจัยตีความหมายของคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารแต่ละนายเป็นรายข้อ แล้วแบ่งกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์วิเคราะห์คำตอบ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลการวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อว่ามีความสอดคล้องกับเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ และมีความเที่ยงหรือไม่ จากนั้นนำผลการตรวจวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์ที่ได้มาหาค่าร้อยละของกลุ่มคำตอบ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

จากการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารที่ผ่านการเรียนพันธุศาสตร์ในวิชาชีววิทยาพื้นฐาน จำนวนทั้งสิ้น 7 แนวคิด โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารจำนวน 7 ชุด สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับโครโมโซม
2. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
3. แนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม
4. แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม
5. แนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์
6. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
7. แนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน

แนวคิดเกี่ยวกับโครโมโซม

1. แนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00
	(n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00
	(n = 0)

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	46.43 (n = 13)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	35.71 (n = 10)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	17.86 (n = 5)

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจในแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 46.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ5 และ จ6)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 35.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ3 และ จ4)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่านักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 17.86 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ1 และ จ2)

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 46.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 35.71 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 17.86

2. แนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม

ตารางที่ 4.2 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	7.14 (n = 2)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	42.86 (n = 12)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	32.14 (n = 9)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	17.86 (n = 5)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจในแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์(SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ8 และ จ9)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 42.86 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ8 และ จ9)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 32.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ8 และ จ9)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็น ร้อยละ 17.86 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ8 และ จ9)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 42.86 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 32.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 17.86 และแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 7.14

3. แนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 4.3 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00
	(n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์(SM)	35.71
	(n = 10)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	0.00
	(n = 0)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)	3.57
	(n = 1)

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)	60.71
	(n = 17)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจในแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 35.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ14)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ13)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 60.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ 12)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็น ร้อยละ 60.71 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 35.71 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

ตารางที่ 4.4 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	46.43 (n = 13)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	3.57 (n = 1)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	50.00 (n = 14)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจในแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 46.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ17)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ16)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 50.00 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ15)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 50.00 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 46.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์ (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	32.14 (n = 9)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	3.57 (n = 1)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	64.29 (n = 18)

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์ โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้ ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 32.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ20)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า
ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิด
วิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ19)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์
คิดเป็นร้อยละ 64.29 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ18)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียน
เตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
(SU) คิดเป็นร้อยละ 64.29 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ
32.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน

1. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน

ตารางที่ 4.6 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง
เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00
	(n=0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	3.57
	(n=1)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	21.43
	(n=6)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	21.43
	(n=6)

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	53.57
	(n =15)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ26)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 21.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ25)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 21.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ24)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 53.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ23)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 53.57 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 21.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 21.43 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 3.57

2. แนวคิดเกี่ยวกับยีน

ตารางที่ 4.7 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับยีน (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0 (n=0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	21.43 (n=6)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	0 (n=0)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	64.29 (n=18)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	14.29 (n=4)

จากตารางที่ 4.7 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับยีน โดยมีจำนวนร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 21.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ27)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 64.29 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ27)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็น ร้อยละ 14.29 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ27)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 64.29 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 21.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 14.29

แนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม

ตารางที่ 4.8 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	7.14 (n = 2)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	67.86 (n = 19)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	14.28 (n = 4)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	14.28 (n = 4)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ33)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 67.86 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ32)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ 30 และ จ31)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ28 และ จ29)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 67.86 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 14.28 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 14.28 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 7.14

2. แนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม

ตารางที่ 4.9 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00
	(n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00
	(n = 0)

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	28.57 (n = 8)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	71.43 (n = 20)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	0.00 (n = 0)

จากตารางที่ 4.9 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 28.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ35)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 71.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ35)
ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้
นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
บางส่วน(PU) คิดเป็น ร้อยละ 71.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน
(PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 28.57

3. แนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม

ตารางที่ 4.10 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม
ตามความเข้าใจของนักเรียนเตรียมทหาร (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจแนวคิด (NU)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00 (n = 0)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	3.57 (n = 27)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	93.46 (n = 1)
มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	0.00 (n = 0)

จากตารางที่ 4.10 พบว่า มีนักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรมตามความเข้าใจของนักเรียนเตรียมทหาร โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ36)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 96.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ36)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 96.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางที่ 4.11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	3.57 (n = 1)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	32.14 (n = 9)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	10.71 (n = 3)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	53.57 (n = 15)

จากตารางที่ 4.11 พบว่า มีนักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารไม่เข้าใจแนวคิด คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ43 และ จ44)

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 32.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ41 และ จ42)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 10.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ39 และ จ40)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 53.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ37 และ จ38)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) คิดเป็น ร้อยละ 53.57 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 32.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU) คิดเป็นร้อยละ 10.71 ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

แนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์

ตารางที่ 4.12 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์ และ ฟีโนไทป์ (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	17.86 (n = 5)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	75.00 (n = 21)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	7.14 (n = 2)

จากตารางที่ 4.12 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์ โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารไม่เข้าใจแนวคิดร้อยละ 17.86 มีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ49 และ จ50

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 75.00 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ47 และ จ48)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ45 และ จ46)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 75.00 ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) คิดเป็นร้อยละ 17.86 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 7.14

แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางที่ 4.13 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	3.57 (n = 1)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	21.43 (n = 6)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	14.29 (n = 4)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	7.14 (n = 2)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	53.57 (n = 15)

จากตารางที่ 4.13 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยืนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารไม่เข้าใจแนวคิดร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ51 และ จ55)

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 21.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ51 และ จ55)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 14.29 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ51 และ จ55)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ51 และ จ55)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 53.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ51 และ จ55)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยืนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 53.57 แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 21.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 14.29 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 7.14 ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) คิดเป็นร้อยละ 3.57

2. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางที่ 4.14 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	0.00 (n = 0)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	32.14 (n = 9)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	10.71 (n = 3)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	57.14 (n = 16)

จากตารางที่ 4.14 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

ไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 32.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ52 และ จ56)

มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 10.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ52 และ จ56)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 57.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ52 และ จ56)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 57.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 32.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU) คิดเป็นร้อยละ 10.71

3. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X

ตารางที่ 4.15 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	0.00 (n = 0)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	42.86 (n = 12)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	10.71 (n = 3)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	35.71 (n = 10)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	10.71 (n = 3)

จากตารางที่ 4.15 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม x โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 42.86 (รายละเอียดดังตารางผนวก ที่ จ54 และ จ57)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 10.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ54 และ จ57)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 35.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ54 และ จ57)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 10.71 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ54 และ จ57)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X สอดคล้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) คิดเป็นร้อยละ 42.86 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 35.71 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) คิดเป็นร้อยละ 10.71 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 10.71

4. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

ตารางที่ 4.16 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X ($n = 28$)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	0.00 ($n = 0$)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	67.86 ($n = 19$)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	7.14 ($n = 2$)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	21.43 ($n = 6$)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	3.57 ($n = 1$)

จากตารางที่ 4.16 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้

ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 67.89 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ53 และ จ58)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 7.14 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ53 และ จ58)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน คิดเป็นร้อยละ 21.43 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ53 และ จ58)

มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 3.57 (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ จ53 และ จ58)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X สอดคล้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์(SM) คิดเป็นร้อยละ 67.86 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU) คิดเป็นร้อยละ 21.43 แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 7.14 แนวคิดวิทยาศาสตร์(SM) คิดเป็นร้อยละ 3.57

แนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน

ตารางที่ 4.17 จำนวนและร้อยละของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน (n = 28)

ประเภทแนวคิด	คิดเป็นร้อยละ (%)
ไม่เข้าใจ (NU)	0.00 (n = 0)
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	89.29 (n = 25)
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	0.00 (n = 0)
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	10.71 (n = 3)

จากตารางที่ 4.17 พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน โดยมีจำนวน ร้อยละ และคำตอบที่แสดงแนวคิดแต่ละประเภท ดังนี้ประเภทไม่เข้าใจแนวคิด (NU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจแนวคิด

ประเภทมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 89.29 (รายละเอียดดัง ตารางผนวกที่ จ61 จ62 และ จ63)

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) พบว่า ไม่มีนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ประเภทมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) พบว่า มีนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 10.71 (รายละเอียดดัง ตารางผนวกที่ จ61 จ62 และ จ63)

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถเรียงลำดับประเภทแนวคิดได้ดังนี้ นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM) คิดเป็นร้อยละ 89.29 และแนวคิดวิทยาศาสตร์(SM) คิดเป็นร้อยละ 10.71

ตารางที่ 4.18 ประเภทแนวคิดทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร (n = 28)

แนวคิดทางพันธุศาสตร์	SU (%)	PU (%)	PU/SM (%)	SM (%)	NU (%)
1. โครโมโซม					
1.1 โครงสร้างโครโมโซม	17.86	35.71	46.43	0.00	0.00
1.2 หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม	17.86	32.14	42.86	7.14	0.00
1.3 จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต					
1.3.1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์	60.71	3.57	0.00	35.71	0.00
1.3.2 จำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช	50.00	3.57	0.00	46.43	0.00
1.3.3 จำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์	64.29	3.57	0.00	32.14	0.00
2. ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน					
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน	53.57	21.43	21.43	3.57	0.00
2.2 ยีน	14.29	64.29	0.00	21.43	0.00
3. สารพันธุกรรม					
3.1 โครงสร้างสารพันธุกรรม	14.28	14.28	67.86	7.14	0.00
3.2 หน้าที่สารพันธุกรรม	0.00	71.43	28.57	0.00	0.00
3.3 สารพันธุกรรม	0.00	96.43	3.57	0.00	0.00
4. ลักษณะทางพันธุกรรม	53.57	10.71	32.14	0.00	3.57
5. จีโนไทป์และฟีโนไทป์	7.14	0.00	75.00	0.00	17.86
6. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม					
6.1 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม ร่างกาย	53.57	7.14	14.29	21.43	3.57
6.2 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม ร่างกาย	57.14	10.71	32.14	0.00	0.00
6.3 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X	10.71	35.71	10.71	42.86	0.00
6.4 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X	3.57	21.43	7.14	67.86	0.00
7. มิวเทชัน	10.71	0.00	89.29	0.00	0.00

จากตารางสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกินร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหารทั้งหมดคือ แนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะทางพันธุกรรม และความสัมพันธ์ ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน และแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ที่นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์น้อยกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหาร ทั้งหมดคือ แนวคิดเกี่ยวกับ โครงสร้างโครโมโซม หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบน โครโมโซม X และมิวเทชัน

ข้อวิจารณ์

แนวคิดเกี่ยวกับโครโมโซม

1. แนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม (ตารางผนวกที่ จ7) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของโครโมโซมชนิดทีโลเมียร์ (telomere) หรือโครงสร้างโครโมโซมที่คล้ายกับโครโมโซมในระยะแอนาเฟส (anaphase) โครงสร้างโครโมโซมชนิดที่เป็นเส้นใยโครมาทิน และโครงสร้างโครโมโซมชนิดที่ปรากฏแถบของยีน โดยนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดว่าโครงสร้างโครโมโซมดังกล่าวไม่เป็นโครงสร้างของโครโมโซม และเมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับโครโมโซมตามความเข้าใจของนักเรียนเตรียมทหาร (ตารางผนวกที่ จ 10) พบว่า โครงสร้างโครโมโซมตามแนวคิดของนักเรียนเตรียมทหารคือ โครงสร้างของโครโมโซมในระยะเมทาเฟส (metaphase) ที่ประกอบด้วย 2 โครมาทิด โครงสร้างโครโมโซมในระยะทีโลเฟส (telophase) ที่ประกอบด้วย 1 โครมาทิด และโครงสร้างโครโมโซมในระยะเมทาเฟสที่ประกอบด้วย 2 โครมาทิดและมีแถบสี (banding) ปรากฏอยู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเตรียมทหาร ไม่เชื่อมโยงแนวคิดเรื่องโครงสร้างโครโมโซมกับแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส

2. แนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม (รายละเอียดจากตารางผนวกที่ จ8 และ จ9 และ จ10) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดที่โครโมโซมมีหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนว่า โครโมโซมเป็นหน่วยพันธุกรรม ไม่ใช่หน่วยสำหรับบรรจุสารพันธุกรรม และมีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับโครงสร้างของโครโมโซม เช่น โครโมโซมเป็นเซลล์ที่ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

3. แนวคิดเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ (ตารางผนวกที่ จ13 จ14 และ จ15) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เช่น จำนวนโครโมโซมในเซลล์รังไข่ และเซลล์อสุจิของมนุษย์มีจำนวนโครโมโซมเป็น 23 แท่ง โดยมีเหตุผลว่าเป็นเซลล์ชนิดเดียวกับเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากเซลล์สืบพันธุ์ตามแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคือ เซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช (ตารางผนวกที่ จ16 จ17 และ จ18) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืชสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ในจำนวนใกล้เคียงกัน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิด เช่น จำนวนโครโมโซมในเซลล์รังไข่ของพืชมะละกอเท่ากับ 9 แท่ง ซึ่งเป็นจำนวนที่เท่ากับในเซลล์สืบพันธุ์ของมะละกอ โดยมีเหตุผลว่าเซลล์ในรังไข่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ของมะละกอ

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์ (ตารางผนวกที่ จ19 และ จ20) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สัตว์ แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เช่น จำนวนโครโมโซมในเซลล์รังไข่ และเซลล์อสุจิของสุนัข มีจำนวนโครโมโซมเป็น 39 แท่ง โดยให้เหตุผลว่าเซลล์รังไข่และเซลล์อสุจิของสุนัขเป็นเซลล์สืบพันธุ์

เนื่องจากเซลล์สืบพันธุ์ ตามแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคือ เซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์

นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยระบุจำนวนของโครโมโซมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ถูกต้อง และชนิดของเซลล์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์เนื่องจากนักเรียนเตรียมทหารระบุชนิดของเซลล์ผิดพลาดทำให้ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ผิดไปด้วย โดยเหตุผลที่ใช้ในการระบุชนิดของเซลล์ว่าเป็นเซลล์ร่างกายหรือเซลล์สืบพันธุ์ (ตารางผนวกที่ จ21 และ จ22) ที่นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่เลือกใช้หน้าที่ยของเซลล์ในการระบุชนิดของเซลล์และเหตุผลส่วนใหญ่ที่ทำให้นักเรียนเตรียมทหารระบุชนิดของเซลล์คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์เนื่องจาก นักเรียนเตรียมทหารเข้าใจว่าเซลล์สืบพันธุ์คือเซลล์ที่ ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสืบพันธุ์ เช่นเซลล์รังไข่ หรือเซลล์อสุจิ

ผลการวิจัยแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่านักเรียนเตรียมทหาร ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต โดยสามารถระบุจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตได้ แต่มีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างของโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต เช่น ไม่สามารถระบุโครงสร้างโครโมโซมในบางระยะของการแบ่งเซลล์ได้ แสดงว่านักเรียนเตรียมทหารไม่เชื่อมโยงความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์กับเรื่องโครโมโซม และแนวคิดเรื่องความสำคัญของโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต เช่น โครโมโซมเป็นหน่วยทางพันธุกรรมทำหน้าที่ในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม แต่ไม่กล่าวถึงโครโมโซมในแง่ของการจำลองตนเอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเตรียมทหารไม่เชื่อมโยงแนวคิดเรื่องโครงสร้างโครโมโซมกับแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

1. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน (ตารางผนวกที่ จ23 จ24 จ25 และ จ26) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารทั้งหมดมีแนวคิดว่าภายในเซลล์ประกอบด้วย นิวเคลียส โครโมโซมและยีน ซึ่งเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนมากที่มีแนวคิดว่าภายในเซลล์ประกอบด้วยนิวเคลียส

และภายในนิวเคลียส ประกอบไปด้วยโครโมโซม ภายในโครโมโซมมียีนบรรจุอยู่ ซึ่งเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน มีแนวคิดว่ายีนในเซลล์ประกอบไปด้วยนิวเคลียส โครโมโซมและยีน โดยอยู่แยกจากกัน

2. แนวคิดเกี่ยวกับยีน

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับยีน (ตารางผนวกที่ จ27) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับยีน โดยมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับหน้าที่ของยีน เช่น ยีนเป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม โดยมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างของยีน เช่น ยีนเป็นโครงสร้างภายในนิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งของยีนในเซลล์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนเตรียมทหาร ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน โครโมโซม นิวเคลียส และเซลล์ได้

ผลการวิจัยแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่านักเรียนเตรียมทหาร ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน เช่น หน่วยควบคุมพันธุกรรมมีตำแหน่งอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ ยีนทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ได้แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งของยีนในเซลล์ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับยีน เช่น ขาดแนวคิดเรื่องโครงสร้างของยีน ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม และยีนได้

แนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ จ28 จ29 จ30 จ31 จ32 จ33 และ จ34) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับโครงสร้างสารพันธุกรรม เช่น มีแนวคิดในเรื่ององค์ประกอบของสารพันธุกรรมว่าประกอบด้วย ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต แต่ขาดแนวคิดเกี่ยวกับโมเลกุลของ

สารพันธุกรรม ว่าเป็นโมเลกุลของน้ำตาลที่จับกับหมู่ฟอสเฟตและไนโตรจีนัสเบสที่ประกอบเป็นสายนิวคลีโอไทด์

2. แนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ จ35) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม โดยมีแนวคิดว่า สารพันธุกรรมมีหน้าที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม แต่ขาดแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการของการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่ประกอบด้วย การจำลองตนเอง การถอดรหัสพันธุกรรม และการแปลรหัสพันธุกรรม หรือแนวคิดว่าการเรียงตัวของไนโตรจีนัสเบสของสารพันธุกรรมที่ถูกต้องจึงจะเกิดการ ทำงานของยีนที่ถูกต้อง ช่วยให้การเจริญเติบโตของชีวิตสมบูรณ์

3. แนวคิดเกี่ยวกับสารพันธุกรรม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับสารพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ จ36) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับสารพันธุกรรม โดยมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับองค์ประกอบของสารพันธุกรรมว่าประกอบด้วย ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต และแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม เช่น มีแนวคิดว่า สารพันธุกรรมมีหน้าที่ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผลการวิจัยแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่านักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรมว่าองค์ประกอบคือ ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต แต่ขาดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างโมเลกุลของสารพันธุกรรม ว่าองค์ประกอบ 3 ชนิดดังกล่าวนี้จับตัวกันเป็นโครงสร้างในรูปของนิวคลีโอไทด์ และนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรมว่ามีหน้าที่ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยขาดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ประกอบด้วย การจำลองตนเองของสารพันธุกรรม การถอดรหัสพันธุกรรม การแปลรหัสพันธุกรรม และการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมอันเป็นผลจากมิวเทชัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเตรียมทหารใช้เกณฑ์เรื่ององค์ประกอบของสารพันธุกรรมเป็นเกณฑ์หลักในการพิจารณาเกี่ยวกับสารพันธุกรรม โดยขาดแนวคิดวิทยาศาสตร์ สมบัติของสารพันธุกรรม

เช่น สารที่สามารถสร้างโมเลกุลใหม่ที่เหมือนเดิมในระหว่างที่มีการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ มีโครงสร้างถาวรแต่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ (มิวเทชัน)

แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ จ37 จ38 จ39 จ40 จ41 จ42 จ43 และ จ44) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ก็คือ แนวคิดที่ว่าลักษณะทางพันธุกรรมจะต้องถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูก และจะต้องเป็นลักษณะปรากฏตั้งแต่กำเนิดไม่สามารถปรากฏให้เห็นภายหลังได้ เช่น มีความเข้าใจว่าโรคเอดส์เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเนื่องจากสามารถถ่ายทอดจากแม่สู่ลูก โรคทาลัสซีเมียไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเนื่องจากเป็นผลการติดเชื้อจากเชื้อโรค

ผลการวิจัยแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่า ลักษณะทางพันธุกรรมตามแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนคือลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกและปรากฏให้เห็นตั้งแต่กำเนิด และลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเตรียมทหารบางส่วน มีแนวคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมสามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์การปรากฏให้เห็นจากภายนอก และจะต้องปรากฏในรุ่นถัดไป โดยขาดแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการปรากฏลักษณะทางพันธุกรรมที่อาจไม่ปรากฏให้เห็นในทุก ๆชั่วรุ่น หรือลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏให้เห็นเมื่ออายุขัยมากขึ้น เช่น โรคเบาหวาน มะเร็ง

แนวคิดเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์ (ตารางผนวกที่ จ45 จ46 จ47 จ48 จ49 และ จ50) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์ โดยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจีโนไทป์ เช่น เข้าใจว่ารูปแบบของโครโมโซมที่มีการเรียงจับคู่กันในลักษณะต่าง ๆ คือจีโนไทป์

และเข้าใจว่ารูปแบบ หมู่เลือด ABO ของมนุษย์ เป็นจีโนไทป์ และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับฟีโนไทป์ เช่น รูปแบบของโครโมโซม XX และ XY ที่กำหนดเพศเป็นฟีโนไทป์

ผลการวิจัยแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน เช่น มีแนวคิดที่ว่าฟีโนไทป์จะต้องเป็นรูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถปรากฏให้เห็นโดยสายตา โดยขาดแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถปรากฏให้เห็นได้ โดยสายตาแต่สามารถตรวจสอบได้ เช่น ลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเตรียมทหารใช้เกณฑ์จากการปรากฏให้เห็นภายนอกในการจำแนกฟีโนไทป์

แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย (ตารางผนวกที่ จ51) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย แต่มีนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์คือ นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่สามารถระบุได้ว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเป็นยีนเด่นอยู่บนโครโมโซมร่างกาย และสามารถเขียนรูปแบบของจีโนไทป์ได้ แต่มักไม่นำอัตราส่วนระหว่างเพศชายและหญิงมาให้เหตุผลประกอบการพิจารณา

2. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย (ตารางผนวก จ52) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย แต่มี

นักเรียนเตรียมทหารบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน เช่นเดียวกับแนวคิดของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย เช่น นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่สามารถระบุได้ว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเป็นยีนด้อยอยู่บนโครโมโซมร่างกาย และสามารถเขียนรูปแบบของจีโนไทป์ได้ แต่มักไม่นำอัตราส่วนระหว่างเพศชายและหญิงมาให้เหตุผลประกอบการพิจารณา

3. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X (ตารางผนวกที่ จ54) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนเตรียมทหารไม่สามารถระบุได้ว่าลักษณะโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้ แต่นักเรียนเตรียมทหารสามารถเขียนรูปแบบของยีน รูปแบบของจีโนไทป์ได้สอดคล้องกัน

4. แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X (ตารางผนวกที่ จ53) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนเตรียมทหารไม่สามารถระบุได้ว่าลักษณะโรคกล้ามเนื้อลีบเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้ แต่นักเรียนเตรียมทหารสามารถเขียนรูปแบบของยีน รูปแบบของจีโนไทป์ได้สอดคล้องกัน

นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เนื่องจากนักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่สามารถระบุได้ว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่กำหนดให้เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายและบนโครโมโซม X สามารถระบุรูปแบบของจีโนไทป์ได้

สอดคล้องกับการระบุรูปแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และถึงแม้ว่าจะระบุรูปแบบของยีนได้ไม่ตรงตามพันธุประวัติที่ศึกษา แต่ในการเขียนรูปแบบของจีโนไทป์นักเรียนเตรียมทหารก็สามารถเขียนรูปแบบจีโนไทป์ได้สอดคล้องกับรูปแบบของการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

เมื่อพิจารณาคำอธิบายของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับการพิจารณาลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อยบนโครโมโซมร่างกายดังกล่าวของนักเรียนเตรียมทหาร (ตารางผนวกที่ จ55 จ56) และ จ59 พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่สามารถระบุรูปแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ถูกต้อง โดยใช้การพิจารณาจากรูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏจากพ่อแม่ผู้ถูก แต่ไม่นำเอาอัตราส่วนของลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏในครอบครัวมาพิจารณาประกอบ เช่นเดียวกับการพิจารณาลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X (ตารางผนวกที่ จ58 จ59 และ จ60) ที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่นำเอาอัตราส่วนในเพศชายและเพศหญิงที่เกิดขึ้นในแต่ละครอบครัวมาพิจารณา

แนวคิดเกี่ยวกับมิวเทชัน

จากคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับมิวเทชัน อันได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างมิวเทชันกับลักษณะทางพันธุกรรม มิวเทชันกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (ตารางผนวกที่ จ61 จ62 และ จ63) พบว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนเกี่ยวกับมิวเทชันและการแปรผันทางพันธุกรรม เช่น นักเรียนเตรียมทหารมีความเข้าใจว่าลักษณะทางพันธุกรรมไม่ได้เป็นผลมาจากมิวเทชัน หรือมิวเทชันจะทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมและถ่ายทอดทางพันธุกรรมเสมอ ไม่ว่าจะเป็นมิวเทชันที่เกิดกับเซลล์ร่างกายหรือเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิสกับแนวคิดเรื่องมิวเทชันและการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จากการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารพบว่า นักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดทางพันธุศาสตร์คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เป็นผลมาจากขาดแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ ได้แก่ แนวคิดเรื่องเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Banet and Ayuso (1999) และงานวิจัยของ Albaladejo and Lucas1998 (อ้างถึงใน Banet and Ayuso, 1999) ที่กล่าวว่าเนื้อหาพันธุศาสตร์เป็นเนื้อหาที่ยากนักเรียนมักจะเข้าใจ โดยเฉพาะบทที่กล่าวถึง เซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ โครโมโซม และยีน

และงานวิจัยของ Cavallo (1996) ที่กล่าวว่านักเรียนมักไม่เข้าใจเรื่องโครงสร้างของโครโมโซม และยีน และขาดการเชื่อมโยงแนวคิดทางพันธุศาสตร์กับการแก้ปัญหาประจำวัน ได้แก่ แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wyne *et al.* (2001) ด้วย

จากผลการวิจัยและข้อวิจารณ์ทำให้สรุปได้ว่านักเรียนเตรียมทหารเกินร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหารทั้งหมด มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ในเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะทางพันธุกรรม และความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน นักเรียนเตรียมทหารน้อยกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหารทั้งหมด มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่อง โครงสร้างโครโมโซม หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนมไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X และมิวเทชัน

แนวคิดทางพันธุศาสตร์ที่นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เช่น ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและในเซลล์สืบพันธุ์คลาดเคลื่อน ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีนได้ มีแนวคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกและปรากฏให้เห็นตั้งแต่กำเนิด ลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง ฟีโนไทป์จะต้องเป็นรูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถปรากฏให้เห็น โดยสายตาลักษณะทางพันธุกรรมไม่ได้เป็นผลมาจากมิวเทชัน มิวเทชันจะทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมและถ่ายทอดทางพันธุกรรมเสมอ ไม่ว่าจะเป็นมิวเทชันที่เกิดกับเซลล์ร่างกายหรือเซลล์สืบพันธุ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ซึ่งสรุปขั้นตอนการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการสำรวจแนวคิด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำหนังสือขอความร่วมมือจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถึงผู้บัญชาการโรงเรียนเตรียมทหาร เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยนำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ สำหรับนักเรียนเตรียมทหารไปให้พลวิจัยทำหลังจากที่จบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ในคาบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และใช้เวลาในการทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ตามเวลาที่ระบุไว้ในแบบวัดทั้ง 7 ชุด โดยแยกเก็บข้อมูลเป็นครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 3 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ เพื่อจัดจำแนกคำตอบที่ได้เป็นประเภทของแนวคิด 5 ประเภทคือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) และไม่เข้าใจ (NU) เมื่อได้รับแบบวัดแนวคิดคืน ผู้วิจัยจัดจำแนกคำตอบของนักเรียนเตรียมทหารออกเป็นกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์การวิเคราะห์ และหาค่าร้อยละของกลุ่มคำตอบ

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 สรุปผลได้ดังนี้

นักเรียนเตรียมทหารมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหารทั้งหมด มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ในเรื่องจำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะทางพันธุกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน นักเรียนเตรียมทหารน้อยกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหารทั้งหมด มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่อง โครงสร้างโครโมโซม หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนมไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X และ มิวเทชัน

สรุปได้ว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรม เช่น โครงสร้างของยีนและโครโมโซม และมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแนวคิดที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ และเป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

แนวคิดทางพันธุศาสตร์ที่นักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและในเซลล์สืบพันธุ์คลาดเคลื่อนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน โครโมโซม นิวเคลียส และเซลล์ได้ มีแนวคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกและปรากฏให้เห็นตั้งแต่กำเนิด ลักษณะที่ไม่เป็น

ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง ฟีนไทป์จะต้องเป็นรูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถปรากฏให้เห็นโดยสายตา ลักษณะทางพันธุกรรมไม่ได้เป็นผลมาจากมิวเทชัน มิวเทชันจะทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมและถ่ายทอดทางพันธุกรรมเสมอ ไม่ว่าจะเป็นมิวเทชันที่เกิดกับเซลล์ร่างกายหรือเซลล์สืบพันธุ์

สรุปได้ว่า นักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เป็นผลมาจากนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนขาดแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ และไม่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางพันธุศาสตร์

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้น ได้ข้อสรุปว่า นักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรม เช่น โครงสร้างของยีนและโครโมโซม และมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเป็นแนวคิดที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ และเป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตซึ่งการที่นักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เป็นผลมาจากนักเรียนเตรียมทหารบางส่วนขาดแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ และไม่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางพันธุศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรมีการศึกษาแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียนของนักเรียน เช่น การเขียนแผนผังแนวคิด การทำแบบวัดแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียน เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน การทราบแนวคิดเดิมของนักเรียนจะทำให้สามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้อย่างเหมาะสม

2. จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารพบว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนส่วนมากเป็นผลมาจากนักเรียนขาดตัวอย่างที่หลากหลายในการจัดจำแนกแนวคิด เช่น ตัวอย่างเกี่ยวกับการจำแนกชนิดของเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ โครโมโซมกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส การศึกษารูปแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพันธุประวัติ เนื่องจากแนวคิดเป็นความคิดที่บุคคลสร้างขึ้น อันเป็นผลมาจากการจัดจำแนกวัตถุ ปรากฏการณ์ ตามความสัมพันธ์อย่างมีความหมาย ดังนั้นในการเรียนการสอนควรแสดงตัวอย่างที่จัดอยู่ในแนวคิด และไม่จัดอยู่ในแนวคิดให้มีความหลากหลาย จะให้การสร้างแนวคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3. ในการจัดการเรียนการสอนควรมีการเชื่อมโยงแนวคิดพื้นฐานกับแนวคิดทางพันธุศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์กับโครงสร้างของโครโมโซม และกับแนวคิดเรื่องมิวแทน แนวคิดเรื่องโครงสร้างโครโมโซม กับดีเอ็นเอและยีน แนวคิดเรื่องการถอดรหัสพันธุกรรม การแปลรหัสพันธุกรรมกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม และกับจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ ครูผู้สอนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเข้าด้วยกัน ด้วยการยกตัวอย่างสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจในแนวคิด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร โดยแบ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียนพันธุศาสตร์ และแนวคิดหลังเรียนพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้พบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ หลายแนวคิดซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียนพันธุศาสตร์ ได้แก่ แนวคิดเรื่องเซลล์สืบพันธุ์และเซลล์ร่างกาย โดยนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดที่เซลล์สืบพันธุ์คือเซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ทั้งหมด ซึ่งรวมทั้งเซลล์รังไข่และเซลล์อสุจิ โครงสร้างโครโมโซมในระหว่างการแบ่งเซลล์ โดยนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดที่โครโมโซมในระยะแอนาเฟส หรือระยะทีโลเฟสเป็นโครโมโซมที่ไม่ครบส่วน หรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหลังเรียนพันธุศาสตร์ ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารพันธุกรรม โดยนักเรียนมีแนวคิดที่สารพันธุกรรมคือโมเลกุลของเบส น้ำตาล หรือหมู่ฟอสเฟต เพียงอย่างเดียวหนึ่ง แนวคิดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่นักเรียนเตรียมทหาร มีแนวคิดบางส่วน โดยนักเรียนเตรียมทหารมีแนวคิดที่ การพิจารณาลักษณะพันธุกรรมพิจารณาจากรุ่นพ่อ

แม่สู่รุ่นลูก แต่ไม่นำเอาอัตราส่วนของการเกิดโรคในแต่ละรุ่น หรืออัตราส่วนที่เกิดขึ้นในเพศชาย และเพศหญิงมาพิจารณา เพื่อเป็นการศึกษาการสร้างและการปรับเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ของนักเรียนเตรียมทหาร

2. ควรมีการศึกษาวิธีการสอนเพื่อการปรับเปลี่ยนแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ให้สอดคล้อง กับแนวคิดวิทยาศาสตร์

3. ควรมีการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละช่วงชั้น เพื่อศึกษา การสร้างแนวคิดทางพันธุศาสตร์กับบุคลิกภาพของนักเรียน เนื่องจากแนวคิดทางพันธุศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมต้องใช้จินตนาการ การสร้างแนวคิดทางพันธุศาสตร์อาจเป็น ผลจากบุคลิกภาพของนักเรียน แต่การจัดการเรียนการสอนพันธุศาสตร์ได้กำหนดให้ผู้เรียนทุกช่วงชั้น ต้องเรียนรู้ ดังนั้นการศึกษาแนวคิดทางพันธุศาสตร์จะช่วยให้ครูสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิริติศักดิ์ เพ็ชรแก้ว. 2535. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนเพื่อรอบรู้กับการสอนปกติ. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไกรรักษ์ โชติรัตน์. 2537. มโนภาพที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสระแก้ว. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จามรี จันทรานนท์. 2542. การศึกษาแนวคิดเรื่องอาหาร ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนบางขันวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำนง พรายเข้มแข. 2529. เทคนิคการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต: เพื่อให้เกิดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

จิตตมาศ สุขแสง. 2549. การศึกษาแนวคิดของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครู เรื่อง กรด – เบส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทพวงมหาวิทยาลัย. 2525. ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตภัณฑ์วัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.

ทัศนาศัน ทัศนาศัน. 2540. การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง โมเลกุล ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลาง
กลุ่มที่ 7. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนวิวัฒน์ เลิศเจริญฤทธิ์. 2548. แนวคิดและความรู้สึกเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีของนักเรียน
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน)
สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระชัย ปุณณโชติ. 2536. “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์.” ประมวลชุดวิชาสารัตถะและวิทยาวิธีทาง
วิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1. นนทบุรี: สุโขทัยธรรมมาธิราช.

นิตยา สุ่มังคะโยธิน และคณะ. 2524. รายงานการวิจัยเรื่อง การทดลองสอนสัปดาห์วิทยาศาสตร์
แก่เด็กไทยระดับอายุ 8 – 10 ปี (ระดับชั้นประถมปีที่ 3 / อาจารย์คณะวิชาวิทยาศาสตร์
และอาจารย์คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนดุสิต. กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยครู
สวนดุสิต.

ประสิทธิ์ ผลิตผลการพิมพ์ และ นเรศ ดำรงชัย. 2543. จินตมรณที่ทุกคนควรรู้.
กรุงเทพมหานคร: ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2523. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. สงขลา: ภาควิชาวิทยาศาสตร์
ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทโรทัย, และ วรวิภา รอดแรงคำ. 2546ก. “แนวคิด
ในเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6.” วารสารวิทยา
สารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ (24): 1-14.

_____. 2546ข. “การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยา ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ
ครู.” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ (24): 133 – 144.

พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง. 2546. **แกะรอย DNA**. กรุงเทพมหานคร: มติชน.

พรรณิ ช. เชนจิต. 2538. **จิตวิทยาการเรียนรู้การสอน**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมแพคท์พริ้นท์.

ภพ เลหาไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

มาลินี จุฑะรพ. 2537. **จิตวิทยาการเรียนรู้การสอน**. กรุงเทพมหานคร: ทิพย์วิสุทธิ.

มังกร ทองสุคดี. 2538. **การวางแผนการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตการพิมพ์.

รัตนา เส่งสุข. 2540. **การศึกษาแนวคิดเรื่องพลังงาน ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 โรงเรียนดอนจิมพลีวิทยาคม อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา: กรณีศึกษา. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

โรงเรียนเตรียมทหาร กรมยุทธศึกษาทหาร. 2545. **ธรรมนูญโรงเรียนเตรียมทหาร**.

โรงเรียนเตรียมทหาร กรมยุทธศึกษาทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (อัดสำเนา).

_____. 2546. **หลักสูตรโรงเรียนเตรียมทหารพุทธศักราช 2546**. กรุงเทพมหานคร: กรมยุทธศึกษาทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2545. **CONSTRUCTIVISM**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา).

วันทนี วงษ์น้อม. 2531. **ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับโลกศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

วิชัย วงษ์ใหญ่. 2532. การเรียนการสอนความคิดรวบยอดและหลักการ. วารสารการวิจัย
ทางการศึกษา 3(กรกฎาคม-กันยายน): 18-32

วิชัย เสริมบุญสุข, ชีระพล เพ็ชรพิพัฒน์, และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ. 2548. ความคิดเห็นของ
นักเรียนเตรียมทหารที่มีต่อความเข้าใจในเนื้อหาวิชาชีววิทยา. โรงเรียนเตรียมทหาร
กรมยุทธศึกษาทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. (อัคราณา).

วิเชียร พงษ์ประเสริฐ. 2526. ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจริยธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 ในเขตกรุงเทพมหานคร. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระชาติ สงวนไพรินทร์. 2531. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำราและ
เอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร ประเสริฐส่งสกุล. 2547. พันธุศาสตร์โมเลกุล. กรุงเทพมหานคร: โพรเพซ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2547. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับ
กระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2546. หลักพันธุศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สมาคมพันธุ
ศาสตร์แห่งประเทศไทย.

สำราญ นิลทอง. 2526. ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจริยธรรมในชีวิตประจำวันของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดศรีสะเกษ. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตร
และการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ลำเร้ง สระขาว. 2540. แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแพร่และออสโมซิสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุจินต์ วิสาริวนนท์. 2524. เอกสารการสอนชุดวิชาการระบบการเรียนการสอน หน่วยที่ 1 – 7. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สุทธิจักร ศรีถนอมรัก. 2548. แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตทุ่งเพียงของ แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุนทร โกษณงค์. 2527. ความคิดรวบยอดกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์. 2538. วิธีการสอน. กรุงเทพมหานคร: บริษัทสยามสปอร์ตซินทิเคต จำกัด.
- สุรินทร์ ปิยะโชคนากุล. 2543. พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. 2533. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.
- โสภภาพรณ แสงศัพท์. 2538. มโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ในวิชาแสงที่ได้จากการพิจารณาคำตอบ อย่างเดียวกับวิธีที่พิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผลของนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มโรงเรียนที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

อมรา คัมภีรานนท์. 2546. **พันธุศาสตร์มนุษย์**. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล
พับลิเคชั่น.

Armstrong, D. G. and T. V. Savage. 1994. **Secondary Education: An Introduction**. 3 ed.
New York: Macmillan, Inc.

Baker, W. P. and A. E. Lawson. 2001. "Complex Instructional Analogies and Theoretical
Concept Acquisition in College Genetics." **Science Education** (85): 665-683.

Banet, E. and E. Ayuso. 1999. "Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for
Teaching about the Location of Inheritance Information." **Science Education**
(84): 313-351.

Bell, B.F. and J. Pearson. 1992 . "Better Learning." **Internation Journal of Science Education**.
14(3). อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2545. **Constructivism**. ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Brooks, J. G. and M. G. Brooks. 1993. In **Search of Understanding: The Case for
Constructivist Classroom**. New York: Alexandria.

Bruning, R. H., G. J. Schraw, and R. R. Ronning. 1999. **Cognitive Psychology and Instruction**.
3 ed. New York: Prentice-Hall, Inc.

Bryce, B. H. 1978. **Learning and thinking : A primer for teachers**. Illinois: F.E. Peacock
Publishers, Inc.

Cambell, N. A. and J. B. Reece. 2002. **BIOLOGY**. 6 ed. San Francisco: Benjamin
Cummings.

- Cavallo, Ann M. L. 1996. "Meaningful Learning, Reasoning Ability, and Students' Understanding and Problem Solving of Topics in Genetics." **Journal of Research in Science Teaching** (33): 625-656.
- Eggen, P., and Kauchak. D. 1997. **Education Psychology: Windows on Classrooms**. 3 ed. New Jersey: Prentice - Hall, Inc.
- Finkel, E. A. 1996. "Making Sense of Genetics: Students' Knowledge Use During Problem Solving in a High School Genetics Class." **Journal of Research in Science Teaching** (33): 345-368
- Fosnot, C.T. 1996. **Constructivism: Theory, perspectives, and practice**. New York: Teacher College Press อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2545. **Constructivism**. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Gill, M. and S. Ruth. 2000. "Student' cellular and molecular explanations of genetic phenomena." **Journal of Biological Education** (34): 200–205.
- Gibson, J. T. 1981. **Psychology for the classroom**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Gibson, J. T. and L. A. Chandler. 1988. **Educational Psychology : Mastering Principles and Applications**. Massachusetts: Allyn and Bacon, Inc.
- Gipson, M. H., M. R. Abraham, and J. H. Renner. 1989. "Relation between formal – operational thought and conceptual difficulties in genetics problem solving." **Journal of Researching in Science Teaching**. (26): 811–821.
- Glover, J. A. and R. H. Bruning. 1983. **Educational psychology**. New York: Scott, Foresman and Company.

- Jacobson, D. A., P. Eggen, and D. Kauchak. 1999. **Methods for Teaching : Promoting Student Learning**. 5 ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Jenny, L. and R. D. Robinson. 2000. Chromosome: the missing link – young people’s understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. **Journal of Biological Education** (34): 189–199.
- Johnson, S. K. and J. Stewart. 2001. “Revising and Assessing Explanatory Models in a High School Genetics Class: A Comparison of Unsuccessful and Successful Performance.” **Science Education** (86): 463-480.
- Kinfield, A. C. H. 1994. “Understanding a Basic Biological Process : Expert and Novice Model of Meiosis.” **Science Education** (78): 55-83.
- Lang, H. R., A. McBeath, and J. Hebert. 1995. **Teaching : Strategies and Methods for Student-Centered Instruction**. New York: Harcourt Brace & Company.
- Louisell, R. D. and J. Descamps. 1992. **Developing a Teaching Style : Methods for Elementary School Teachers**. New York: Harper Collins.
- Lavoie, R.D. 1997. **Using a modify concept mapping strategy to identify student’ alternative scientefic understandings of biology**. A paper presented at the 1997 Annual Meeting of the National Assosiation for Research in science Teaching, Chicago, Illiois, March 21-24.
- Martins, I .and J. Ogborn. 1997. “Metaphorical reasoning about genetics.” **International of Science Education**. (19): 47-63.
- Novak, J. D. 1970. **A Theory of Education**. Ithaca: Cernell University Press.

- Hurd, P. D. 1970. **New Directions in Teaching Secondary School Science**. 2 ed. Chicago: Rand McNally & Company.
- Mungsing, W. 1993. **Students' Alternative Conceptions about Genetics and the use of Teaching Strategies for Conceptual Change**. Doctor of Philosophy Science Education, Alberta University.
- Ralph, E. M. Jr., Sexton, C., Wagner, K., and J. Gerlovich. 1994. **Teaching Science for All Children**. Massachusetts: Allyn and Bacon. Allyn, Inc.
- Smith, M. U. 1992. "Expertise and the Organization of Knowledge Differences Among Genetic Counselors, Faculty, and Students on Problem Categorization Tasks." **Journal of Research in Science Teaching**. (29): 179–205.
- Smith, M. U. and R. Good. 1984. "Problem Solving and Classical Genetic Successful Versus Unsuccessful Performance." **Journal of Research in Science Teaching** (21): 895–912.
- Shipman, J. T., J. D. Wilson, and A. W. Todd. 1997. **An Introduction to Physical Science**. (8 ed). New York: Houghton Mifflin company.
- Thomson, N., and J. Stewart. 2001. "Genetic Inquiry: Strategies and Knowledge Genetisists Use in Solving Transmission Genetics Problem." **Science Education** (87): 161–180.
- White R. T. and R. F. Gunstone. 1991. **Probing Understanding**. Great Britain:n: Burgess Science Press.
- Wyne, C. F., J. Stewart, and C. Passmore. 2001. "High school studens' use of meiosis when solving genetics problems." **International Journal of Science Education** (23): 501-515.

Selly, N. J. 1996. "Children' idea on light and vision." **International Journal of science Education** (18): 713 -723.

Shepardson, D. P. 2002. "Bugs, Butterflies, and Spiders: Children Understanding about Insects." **International Journal of Science Education** (24): 624-643.

Zohar, A. and F. Nemet. 2002. "Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in a Human Genetics." **Journal of Research in Science Teaching**. (39): 35-62.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รศ.ดร.นพดล เรียบเลิศหิรัญ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ประนอม ลิธรรมชโย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชันนันทาจารย์ สามเสนวิทยาลัย 2
3. อาจารย์สมชาย เลิศพรสุขสวัสดิ์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์
4. อาจารย์เขาวนิ ปฐมนุพงษ์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอัสสัมชัญ
5. น.ต.หญิง สุธาสินี บุญวัฒน์
กองวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนการศึกษา โรงเรียนเตรียมทหาร

ภาคผนวก ข

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 1
มีจำนวน 6 หน้า 2 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

แนวคิดเรื่อง โครโมโซม

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาดะนิมิ
 นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นตท.....ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม(diagram) และ ภาพใดที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความ ที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล

ภาพที่ 1

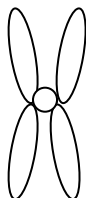


☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

ภาพที่ 2



☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

ภาพที่ 3



☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

ภาพที่ 4

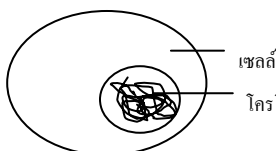


☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

ภาพที่ 5

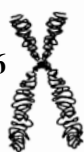


☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

ภาพที่ 6



☐ ภาพโครโมโซม

☐ ไม่ใช่ภาพโครโมโซม

เหตุผลเพราะ

2. ท่านคิดว่า โครโมโซมคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

.....

.....

.....

.....

.....

4. ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้าง เกี่ยวกับโครโมโซม

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้อ่านภาพโครโมโซมที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 1 แห่งตามความเข้าใจของท่าน



6. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ

ชนิดของเซลล์ มนุษย์	จำนวน โครโมโซม (แท่ง)	ความคิดเห็น			เหตุผล
		เซลล์ ร่างกาย	เซลล์ สืบพันธุ์	ไม่แน่ใจ	
เซลล์ผิวหนัง					
เซลล์เม็ดเลือดขาว					
เซลล์รังไข่					
เซลล์ไข่					
เซลล์อสุจิ					
เซลล์อวัยวะ					
เซลล์ของไซโกต					

7. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบบชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ลำต้น มะละกอเท่ากับ 18 แท่ง

ชนิดของเซลล์ มะละกอ	จำนวน โครโมโซม (แท่ง)	ความคิดเห็น			เหตุผล
		เซลล์ ร่างกาย	เซลล์ สืบพันธุ์	ไม่แน่ใจ	
เซลล์กลีบดอก					
เซลล์ผล					
เซลล์ราก					
เซลล์รังไข่					
เซลล์เมล็ด					
เซลล์ไข่(egg)					
เซลล์ท่ออสุจิ					

8. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกกระบวนการของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสุนัขเท่ากับ 78 แท่ง

ชนิดของเซลล์ สุนัข	จำนวน โครโมโซม (แท่ง)	ความคิดเห็น			เหตุผล
		เซลล์ ร่างกาย	เซลล์ สืบพันธุ์	ไม่แน่ใจ	
เซลล์หู					
เซลล์สมอง					
เซลล์ลิ้น					
เซลล์อสุจิ					
เซลล์ไข่					
เซลล์ผิวหนัง					
เซลล์กระเพาะ ปัสสาวะ					

9. เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

.....

.....

.....

10. เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

.....

.....

.....



แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 2
มีจำนวน 2 หน้า 1 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

แนวคิดเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาตะนิมิ
 นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นตท.....ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

ให้นักเรียนเตรียมทหการศึกษาตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1

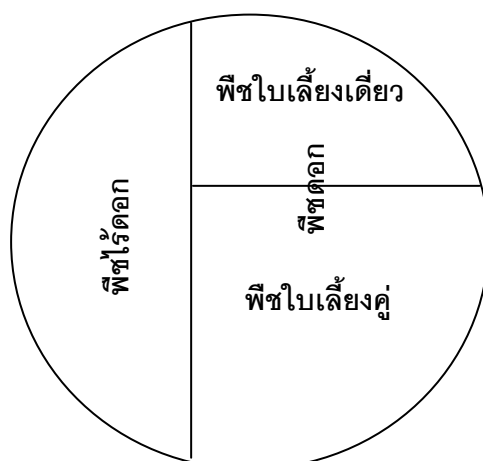
แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของมนุษย์ ระหว่างเพศ ชาย หญิง ในวัยเด็ก วัยรุ่น และวัย

มนุษย์		ผู้ใหญ่	
ชาย	เด็ก	หญิง	
	วัยรุ่น		
	ผู้ใหญ่		

จากแผนภาพข้างบน สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของมนุษย์ระหว่างเพศชายหญิง ในวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ได้ดังนี้ มนุษย์มี 2 เพศ คือ เพศชาย และเพศหญิง นอกจากนี้ ยังแบ่งมนุษย์ออกเป็นวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ ซึ่งทั้ง 3 วัยนี้ก็มีทั้งเพศชายและเพศหญิง

ตัวอย่างที่ 2

แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของพืช ระหว่างพืชไร่ดอก พืชดอก พืชใบเลี้ยงเดี่ยว พืชใบเลี้ยงคู่



จากแผนภาพสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพืช พืชไร้ดอก พืชดอก พืชใบเลี้ยงเดี่ยว พืชใบเลี้ยงคู่ ได้ดังนี้ พืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พืชไร้ดอก และพืชดอก พืชดอกยังจำแนกตามจำนวนใบเลี้ยงได้เป็น 2 ชนิด คือ พืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

1. จากแนวคิดที่แสดงความสัมพันธ์ ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ให้ท่านปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้
 - 1.) วาดแผนภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือวงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่น ๆ แทนด้วยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
 - 2.) ให้วาดภาพที่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่น ๆ ที่แสดงว่าเป็น นิวเคลียส โครโมโซม และยีน



2. อธิบายภาพที่วาดขึ้นว่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน อย่างไร

.....

.....

.....

3. ตามความเข้าใจของท่านยีน(gene) หมายถึงอะไร

.....

.....

.....

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 3
มีจำนวน 2 หน้า 1 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

แนวคิดเรื่อง สารพันธุกรรม

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาตะนิมิ
 นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นต.ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้างของสารพันธุกรรม และภาพใดที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล

ภาพที่ 1



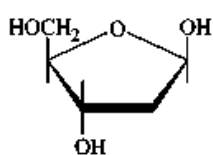
☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

ภาพที่ 2



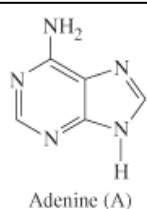
☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

ภาพที่ 3



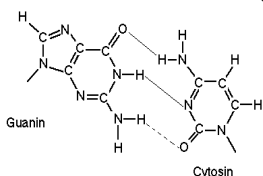
☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

ภาพที่ 4



☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

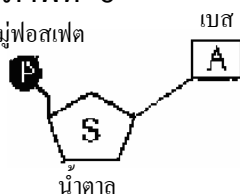
☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

ภาพที่ 5

หมู่ฟอสเฟต



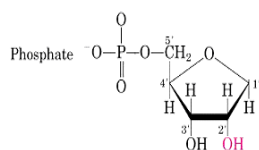
☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

ภาพที่ 6


☐ ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

☐ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

2. โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. ท่านคิดว่าสารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร

.....

.....

.....

4. ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร

.....

.....

.....

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 4
มีจำนวน 1 หน้า 1 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

แนวคิดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาตะนิมิ
 นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นตท.....ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

1. ให้ท่านจำแนกลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม หรือไม่แน่ใจ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน จากนั้นเขียนบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจลงในตาราง

ลักษณะที่ปรากฏ	ความคิดเห็น			เหตุผล
	ลักษณะทางพันธุกรรม	ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม	ไม่แน่ใจ	
1. อาการตัวเหลือง ตับ ม้ามโต ดังจมูกยุบ เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ของโรคธาลัสซีเมีย				
2. อาการภูมิคุ้มกันบกพร่องของโรคเอดส์ในหญิงมีครรภ์				
3. ลักษณะของเด็กชาย				
4. สีขาวของขนแมว				
5. หางของสุนัขที่ถูกตัดขาด				
6. สีแดงของดอกชบา				
7. ใบเหี่ยวเฉาของต้นกุหลาบ				

2. ลักษณะทางพันธุกรรมตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

.....

=====

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 5
มีจำนวน 2 หน้า 1 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

แนวคิดเรื่อง จีโนไทป์ และ ฟีนไทป์

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาคะนิมิ
นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นศ.....ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

1. ให้นท่าน ระบุว่าตัวอย่างที่กำหนดให้ เป็นจีโนไทป์ หรือฟีโนไทป์ หรือไม่แน่ใจ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ที่ตรงกับความเข้าใจของท่าน พร้อมอธิบาย เหตุผลประกอบ

ลักษณะ	ความคิดเห็น			เหตุผล
	genotype	phenotype	ไม่แน่ใจ	
โครโมโซมที่ควบคุมเพศในมนุษย์คือ XX และ XY ทำให้เป็นเพศหญิงและเพศชายตามลำดับ				
ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดของ นศ.เมธิ คือ $I^A I^A$				
หมู่เลือดของคนตามระบบ ABO มีอยู่ 4 แบบ คือหมู่ A B AB และ หมู่ O				
รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะนิ้วเกินมี 3 รูปแบบคือ AA , Aa , aa				

2. ตามความเข้าใจของท่าน genotype คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. ตามความเข้าใจของท่าน phenotype คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....



แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง	แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ชุดที่ 6 มีจำนวน 6 หน้า 1 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที
แนวคิดเรื่อง	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาคะนิมิ
นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นตท.ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

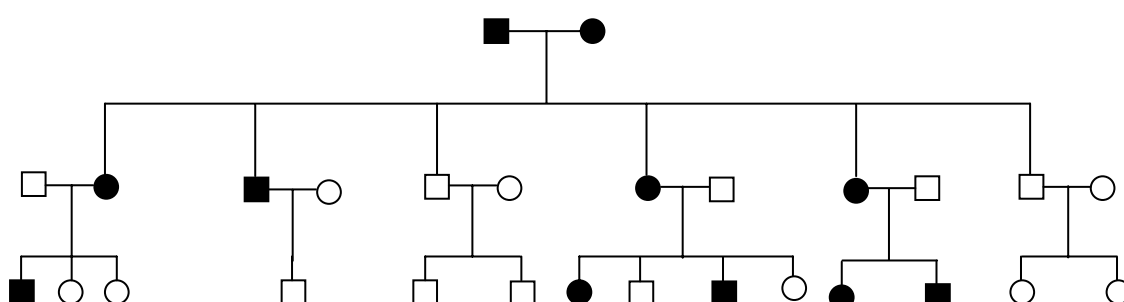
**ศึกษาลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายและบนโครโมโซม X
จากพันธุ์ประวัติ(pedigree)**

ศึกษาลักษณะพันธุกรรมจาก 4 พันธุ์ประวัติ(pedigree) เพื่อลงความคิดเห็นว่าลักษณะที่กำหนดให้เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม X

1. พันธุ์ประวัติที่ 1 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม(เชิงผมรูปหัวใจ)

กำหนดสัญลักษณ์

- แทนชายมีเชิงผมที่หน้าผากแหลม
- แทนหญิงมีเชิงผมที่หน้าผากแหลม
- แทนชายมีเชิงผมที่หน้าผากโค้งปกติ
- แทนหญิงมีเชิงผมที่หน้าผากโค้งปกติ



1.1 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม(เชิงผมรูปหัวใจ) เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

- | | |
|--|--|
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย |
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซม X | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซม X |
| ☐ ยีน..... | ☐ ไม่แน่ใจ |

เหตุผล เพราะ

.....

.....

.....

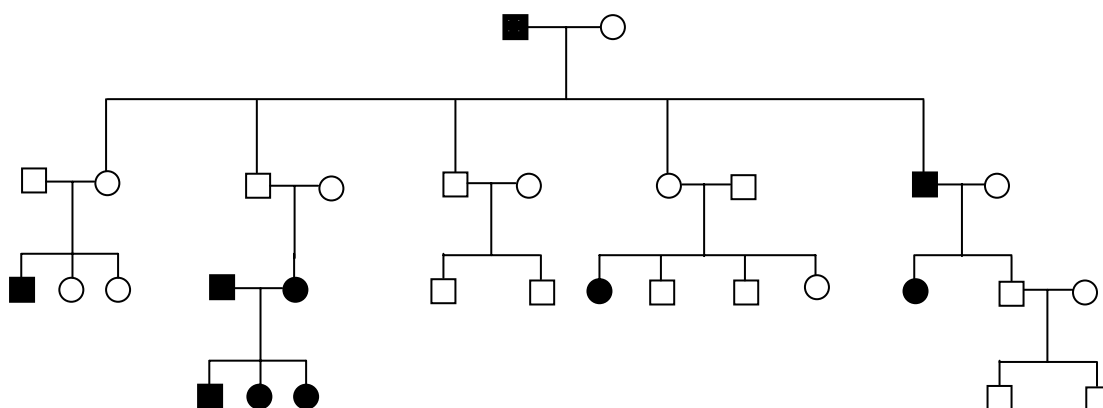
1.2 จากข้อมูลที่กำหนดให้ ให้ท่านเขียนสิ่งต่อไปนี้

- 1.2.1 ยีนแสดงลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม
- 1.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม
- 1.2.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะเชิงผมที่หน้าผากโค้งปกติ

2. พันธุประวัติที่ 2 ลักษณะใบหนำรูปเหลี่ยม

กำหนดสัญลักษณ์

- แทนชายใบหนำรูปเหลี่ยม
- แทนหญิงใบหนำรูปเหลี่ยม
- แทนชายใบหนำรูปไข่
- แทนหญิงใบหนำรูปไข่



2.1 ลักษณะใบหนำรูปเหลี่ยม เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

- | | |
|--|--|
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย |
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซม X | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซม X |
| ☐ ยีน..... | ☐ ไม่แน่ใจ |

เหตุผล เพราะ

.....

.....

.....

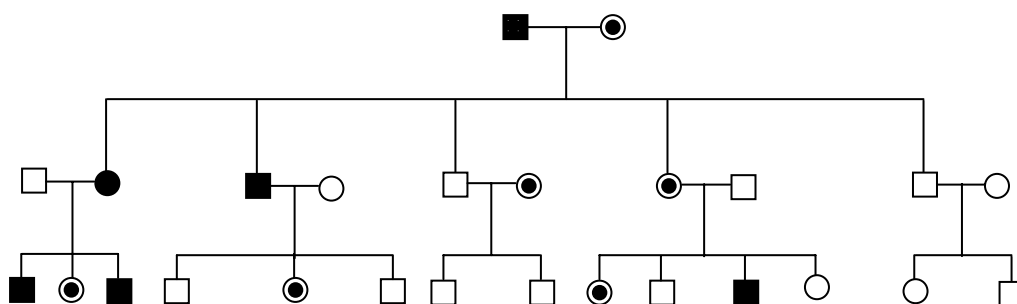
2.2 จากข้อมูลที่กำหนดให้ ให้ท่านเขียนสิ่งต่อไปนี้

- 2.2.1 ยีนแสดงลักษณะใบหนำรูปเหลี่ยม
- 2.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหนำรูปเหลี่ยม
- 2.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหนำรูปไข่

3. พันธุประวัติที่ 3 โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ (Duchenne Muscular Dystrophy)

กำหนดสัญลักษณ์

- แทนชายที่เป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- แทนหญิงที่เป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- ⊙ แทนหญิงที่เป็นพาหะ
- แทนชายปกติ
- แทนหญิงปกติ



3.1 ลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

- ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย
- ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย
- ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซม X
- ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซม X
- ☐ ยีน.....
- ☐ ไม่แน่ใจ

เหตุผล เพราะ

.....

.....

.....

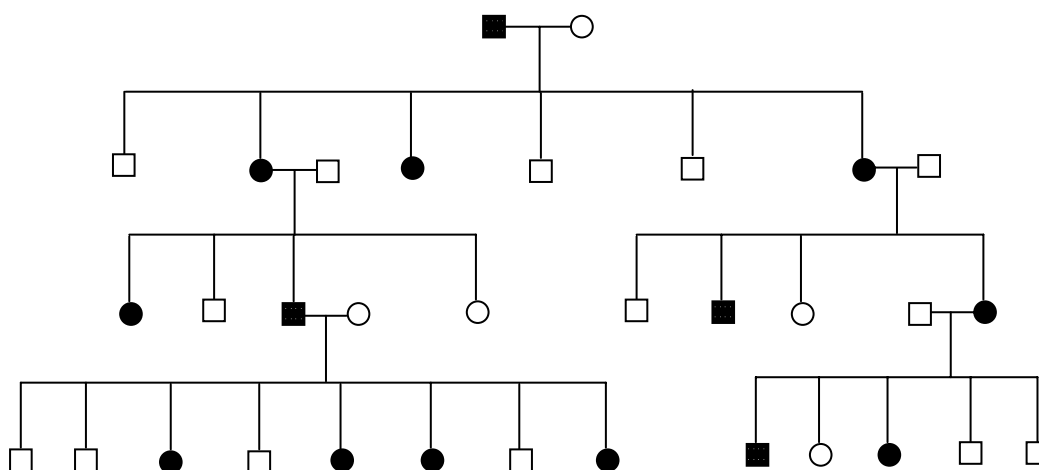
3.2 จากข้อมูลที่กำหนดให้ ให้ท่านเขียนสิ่งต่อไปนี้

- 3.2.1 ยีนแสดงลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- 3.3.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะ โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- 3.3.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะปกติ

4. พันธุประวัติที่ 4 โรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต

(Hypophosphatemic rickets)

กำหนดสัญลักษณ์ ■ แทนชายที่เป็นโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต
● แทนหญิงที่เป็นโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต
□ แทนชายปกติ
○ แทนหญิงปกติ



4.1 ลักษณะโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

- | | |
|--|--|
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย |
| ☐ ยีนเด่นบนโครโมโซม X | ☐ ยีนด้อยบนโครโมโซม X |
| ☐ ยีน..... | ☐ ไม่แน่ใจ |

เหตุผล เพราะ

.....

.....

.....

4.2 จากข้อมูลที่กำหนดให้ ให้ท่านเขียนสิ่งต่อไปนี้

4.2.1 ยีนแสดงลักษณะโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต

4.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะโรคกระดูกอ่อนที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต

.....

4.2.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะปกติ

5. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

6. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

7. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

8. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซม X คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

9. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อย

.....

.....

.....

.....

.....

10. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X

.....

.....

.....

.....

.....

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ชั้นปีที่ 3
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2549

คำชี้แจง แบบวัดชุดนี้ เป็นแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์
ชุดที่ 7 มีจำนวน 3 หน้า 1 ข้อ
ใช้เวลา 30 นาที

แนวคิดเรื่อง มิวเทชัน

ผู้วิจัย น.ส.จิตตินันท์ สาคะนิมิ
นิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ นตท.....ชั้นปีที่ 3 ตอน.....เลขที่.....

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ เป็นมิวเทชั่นหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O
หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล

ภาพที่ 1



รอยหยักเชิงผม

O เป็นมิวเทชั่น

O ไม่เป็นมิวเทชั่น

เหตุผล.....

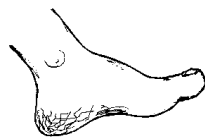
.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 2



รอยเส้นเท้าแตก

O เป็นมิวเทชั่น

O ไม่เป็นมิวเทชั่น

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 3



วงปีของต้นไม้

O เป็นมิวเทชั่น

O ไม่เป็นมิวเทชั่น

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 4



เต่า 2 หัว

O เป็นมิวเทชัน

O ไม่เป็นมิวเทชัน

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 5



ปลาไหลเผือก

O เป็นมิวเทชัน

O ไม่เป็นมิวเทชัน

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 6



โรคเอดส์

O เป็นมิวเทชัน

O ไม่เป็นมิวเทชัน

เหตุผลเพราะ

.....

.....

.....

.....

2. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการแปรผันทางพันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ค

คำถามและแนวคำตอบ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

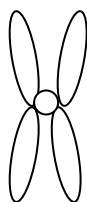
คำถามและแนวคำตอบ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

ชุดที่ 1 แนวคิดเรื่อง โครโมโซม

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม(diagram) และ ภาพใดที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความ ที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล



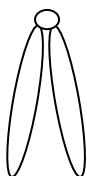
ภาพที่ 1



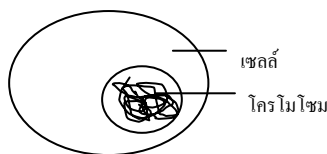
ภาพที่ 2



ภาพที่ 3



ภาพที่ 4



ภาพที่ 5



ภาพที่ 6

แนวคำตอบ : ภาพที่เป็นภาพโครโมโซมคือภาพที่ 1 2 3 4 5 และ 6

2. ท่านคิดว่า โครโมโซมคืออะไร

แนวคำตอบ : เป็นออร์แกเนล (organelle) ที่มีลักษณะคล้ายเส้นด้ายอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ที่ประกอบไปด้วยดีเอ็นเอ(สารพันธุกรรม) และโปรตีน ที่บรรจุสารพันธุกรรมที่พบในสิ่งมีชีวิต ออร์แกเนลที่บรรจุสายของดีเอ็นเอ ออร์แกเนลที่เป็นตำแหน่งของสารพันธุกรรมที่พบในนิวเคลียสของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ออร์แกเนล ที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก มีหน้าที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ถ่ายทอดสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตรุ่นหนึ่งไปอีกรุ่นหนึ่ง

3. โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

แนวคำตอบ : ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแสดงลักษณะทางพันธุกรรม ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต กำหนดเพศในสิ่งมีชีวิต กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิต เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกาย และถ่ายทอดสารพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง

4. ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้าง เกี่ยวกับโครโมโซม

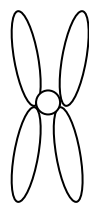
แนวคำตอบ : โครโมโซมอยู่ภายในนิวเคลียสของเซลล์ โครโมโซมในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีจำนวนเท่ากัน จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายเป็น 2 ชุด ในเซลล์สืบพันธุ์เท่ากับ 1 ชุด ถ้ามีความผิดปกติเกี่ยวกับโครโมโซมจะทำให้เกิดโรคและ/หรือเสียชีวิตได้ เช่น อาการดาวน์ซินโดรม จำนวนโครโมโซมเท่ากับ 47 แท่ง มีโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง โครโมโซมแบ่งเป็นโครโมโซมร่างกาย (autosome) และโครโมโซมเพศ (sex chromosome)

5. ให้ท่านวาดภาพโครโมโซมที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 1 แท่งตามความเข้าใจของท่าน

แนวคำตอบ :



หรือ



หรือ



6. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบบชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุ เซลล์ผิวหนัง เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์รังไข่ เซลล์อณูทะเล เซลล์ของไซโกต มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 46 แท่ง และเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์ไข่ และเซลล์อสุจิ มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 23 แท่ง และเป็นเซลล์สืบพันธุ์

7. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบบชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ลำต้นมะละกอเท่ากับ 18 แท่ง

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุเซลล์กลีบดอก เซลล์ผล เซลล์ราก เซลล์รังไข่ เซลล์เมล็ด มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 18 แท่ง และเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์ไข่ (egg) เซลล์ละอองเรณู มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 9 แท่ง และเป็นเซลล์สืบพันธุ์

8. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบบชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสุนัขเท่ากับ 78 แท่ง

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุเซลล์หู เซลล์สมอง เซลล์ลิ้น เซลล์ผิวหนัง เซลล์กระเพาะปัสสาวะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 78 แท่ง และเป็นเซลล์ร่างกาย เซลล์อสุจิ เซลล์ไข่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 39 แท่ง และเป็นเซลล์สืบพันธุ์

9. เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

แนวคำตอบ : เป็นเซลล์ที่มีชุดโครโมโซม 2 ชุด ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และการทำงานต่างๆ ของร่างกาย เป็นเซลล์ผลผลิต ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

10. เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

แนวคำตอบ : เป็นเซลล์ที่มีชุดโครโมโซมเพียงชุดเดียว ทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ เป็นเซลล์ผลผลิต (product) ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

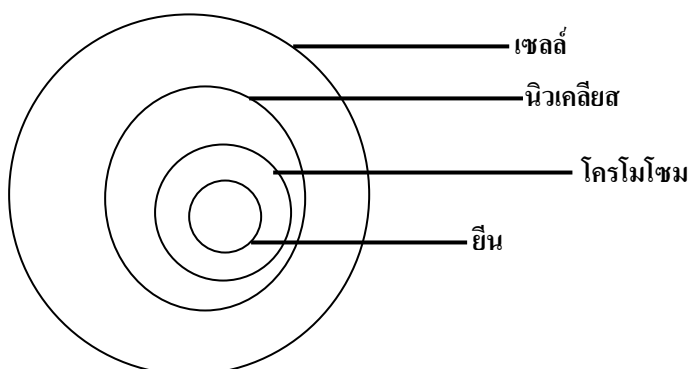
ชุดที่ 2 แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

1. จากแนวคิดที่แสดงความสัมพันธ์ ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ให้ท่านปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้

- 1.) วาดแผนภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่น ๆ แทนด้วยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

- 2.) ให้วาดภาพที่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (O) หรือ รูปร่างอื่น ๆ ที่แสดงว่าเป็น นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

แนวคำตอบ :



2. อธิบายภาพที่วาดขึ้นว่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีนอย่างไร

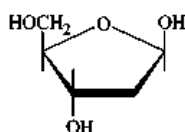
แนวคำตอบ : ยีนเป็นโครงสร้างที่พบภายในโครโมโซม และโครโมโซมอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์

ชุดที่ 3 แนวคิดเรื่อง สารพันธุกรรม (DNA)

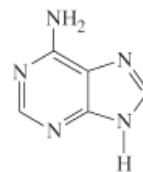
1. ให้ท่านระบุภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้างของสารพันธุกรรม และภาพใดที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสารพันธุกรรม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล



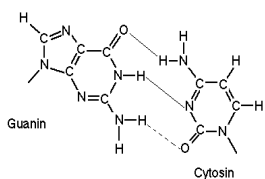
ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



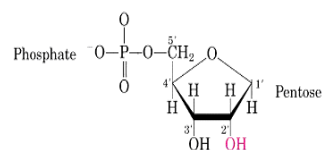
ภาพที่ 3



ภาพที่ 4



ภาพที่ 5



ภาพที่ 6

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุว่า ภาพที่ 1 และ 5 เป็นภาพสารพันธุกรรมเพราะสารพันธุกรรมเป็นโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ที่ต่อกันเป็นสายยาว ภาพที่ 1 คือนิวคลีโอไทด์ 2 โมเลกุล และในภาพที่ 5 เป็นนิวคลีโอไทด์ 1 โมเลกุล ภาพที่ 2 3 4 และ 6 ไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม โดยให้เหตุผลว่า สารพันธุกรรมมีองค์ประกอบคือ ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต และภาพที่ไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม มีเหตุผลว่า เป็นเพียงองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสารพันธุกรรมเท่านั้น

2. โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะไรบ้าง

แนวคำตอบ : หน่วยย่อยที่สุดของสารพันธุกรรม (DNA/RNA) ประกอบด้วย น้ำตาลดีออกซีไรโบส หรือน้ำตาลไรโบส ไนโตรจีนัสเบส หมู่ฟอสเฟต

3. ท่านคิดว่าสารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร

แนวคำตอบ : จำลองตนเอง (replication) เพื่อให้ได้โมเลกุลดีเอ็นเอใหม่เหมือนกับโมเลกุลเดิมทุกประการเพื่อการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์รุ่นต่อ ๆ ไป เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์โปรตีนของร่างกายโดยประกอบด้วยกระบวนการถอดรหัสพันธุกรรม (transcription) และการแปลรหัสพันธุกรรม (translation) เป็นต้นแบบให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม (variation) โดยผ่านกระบวนการมิวเทชัน (mutation)

4. ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร

แนวคำตอบ : สารที่ควบคุมการถ่ายทอดพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง สารที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม สารที่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน สารพันธุกรรมจะทำหน้าที่ถ่ายทอดไปสู่เซลล์ลูก โดยผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์ (mitosis และ meiosis) เพื่อการเจริญเติบโต และเพื่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ตามลำดับ

ชุดที่ 4 แนวคิดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

1. ให้ท่านจำแนกลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม หรือไม่แน่ใจ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน จากนั้นเขียนบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจลงในตาราง

- 1.) อาการตัวเหลือง ตับ ม้าม โต ดังจมูกยุบ เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ของโรคธาลัสซีเมีย
- 2.) อาการภูมิคุ้มกันบกพร่องของโรคเอดส์ในหญิงมีครรภ์
- 3.) ลักยิ้มของเด็กชาย
- 4.) สีขาวของขนแมว
- 5.) หางของสุนัขที่ถูกตัดขาด
- 6.) สีแดงของดอกชบา
- 7.) ใบเหี่ยวเฉาของต้นกุหลาบ

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุว่า ลักษณะอาการตัวเหลือง ตับ ม้าม โต ดังจมูกยุบ เจริญเติบโตช้ากว่าปกติของโรคธาลัสซีเมีย ลักยิ้มของเด็กชาย สีขาวของขนแมว สีแดงของดอกชบา เป็นลักษณะทางพันธุกรรม อาการภูมิคุ้มกันบกพร่องของโรคเอดส์ในหญิงมีครรภ์ หางของสุนัขที่ถูกตัดขาด ใบเหี่ยวเฉาของต้นกุหลาบ ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

2. ลักษณะทางพันธุกรรมตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

แนวคำตอบ : ลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งได้

ชุดที่ 5 แนวคิดเรื่อง จีโนไทป์ และฟีโนไทป์

1. ให้ท่าน ระบุว่าตัวอย่างที่กำหนดให้ เป็น genotype หรือ phenotype หรือไม่แน่ใจ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ที่ตรงกับความเข้าใจของท่าน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

- 1.) โครโมโซมที่ควบคุมเพศในมนุษย์คือ XX และ XY ทำให้เป็นเพศหญิงและเพศชายตามลำดับ
- 2.) ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดของ นตท.เมธิ คือ $I^A I^A$
- 3.) หมู่เลือดของคนตามระบบ ABO มีอยู่ 4 แบบ คือหมู่ A B AB และ หมู่ O
- 4.) รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะนิ้วเกินมี 3 รูปแบบคือ AA , Aa , aa

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุว่า โครโมโซมที่ควบคุมเพศในมนุษย์คือ XX และ XY ทำให้เป็นเพศหญิงและเพศชายตามลำดับ ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดหรือการแสดงออกทางจีโนไทป์ของหมู่เลือด คือ $I^A I^A$ และชนิดของยีนหรือจีโนไทป์ที่ควบคุม

ลักษณะนิวไคนมี 3 รูปแบบคือ AA, Aa, aa หมู่เลือดของคนตามระบบ ABO หรือฟีโนไทป์ของหมู่เลือดของคน มีอยู่ 4 แบบ คือหมู่ A B AB และ หมู่ O

2. ตามความเข้าใจของท่าน genotype คืออะไร

แนวคำตอบ : รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะทางฟีโนไทป์หรือพันธุกรรมที่ปรากฏ

3. ตามความเข้าใจของท่าน phenotype คืออะไร

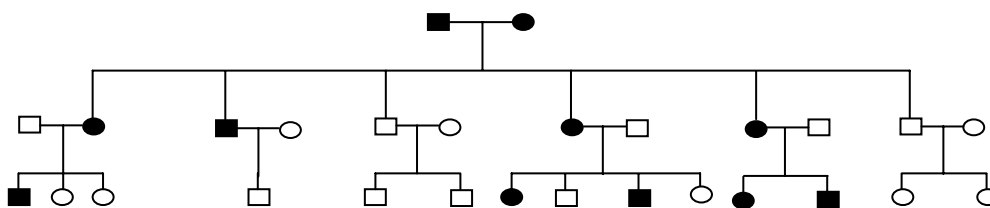
แนวคำตอบ : รูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรม ที่ปรากฏให้เห็นหรือสามารถตรวจสอบได้

ชุดที่ 6 แนวคิดเรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ศึกษาลักษณะพันธุกรรมจาก 4 พันธุประวัติ(pedigree) เพื่อลงความคิดเห็นว่าลักษณะที่กำหนดให้เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม X หรือ ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

1. พันธุประวัติที่ 1 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม(เชิงผมรูปหัวใจ)

กำหนดสัญลักษณ์	■	แทนชายมีเชิงผมที่หน้าผากแหลม
	●	แทนหญิงมีเชิงผมที่หน้าผากแหลม
	□	แทนชายมีเชิงผมที่หน้าผากโค้งปกติ
	○	แทนหญิงมีเชิงผมที่หน้าผากโค้งปกติ



1.1 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม(เชิงผมรูปหัวใจ) เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

แนวคำตอบ : ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย เหตุผล เพราะ เมื่อพิจารณาจากพันธุประวัติสามารถตอบได้ดังนี้ ชายและหญิงมีโอกาสแสดงลักษณะเท่า ๆ กัน เมื่อพ่อและแม่ทั้ง 2 ฝ่ายแสดงลักษณะสามารถให้ลูกที่แสดงลักษณะหรือไม่แสดงลักษณะก็ได้ เมื่อพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งแสดงลักษณะอาจให้ลูกที่แสดงลักษณะหรือไม่แสดงลักษณะก็ได้ ถ้าพ่อและแม่ไม่แสดงลักษณะลูกก็จะไม่แสดงลักษณะ

1.2 ยีนที่แสดงลักษณะเชิงผสมที่หน้าผากแหลม

แนวคำตอบ : A (หรือตัวอักษรอื่น)

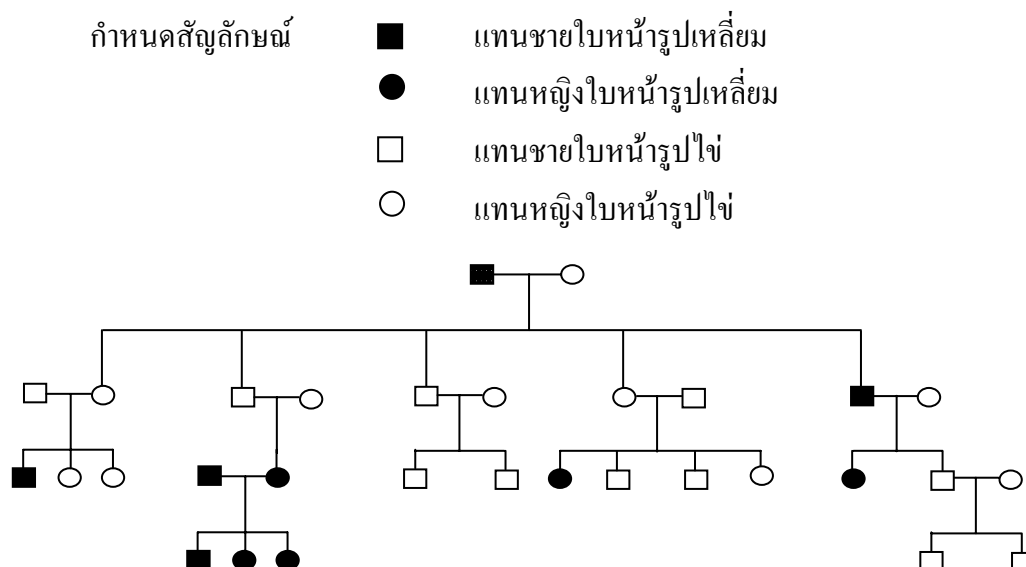
1.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะเชิงผสมที่หน้าผากแหลม

แนวคำตอบ : AA Aa (หรือตัวอักษรอื่น)

1.4 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะเชิงผสมที่หน้าผากโค้งปกติ

แนวคำตอบ : aa (หรือตัวอักษรอื่น)

2. พันธุประวัติที่ 2 ลักษณะใบหน้ารูปเหลี่ยม



2.1 ลักษณะใบหน้ารูปเหลี่ยม เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

แนวคำตอบ : ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย เหตุผล เพราะ ชายและหญิงมีโอกาสแสดง

ลักษณะเท่าๆกัน เมื่อพ่อและแม่ทั้ง 2 ฝ่ายแสดงลักษณะลูกจะแสดงลักษณะเสมอ
เมื่อพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งแสดงลักษณะอาจให้ลูกที่แสดงลักษณะหรือไม่ก็ได้

2.1 ยีนแสดงลักษณะใบหน้ารูปเหลี่ยม

แนวคำตอบ : a (หรือตัวอักษรอื่น)

2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหน้ารูปเหลี่ยม

แนวคำตอบ : a (หรือตัวอักษรอื่น)

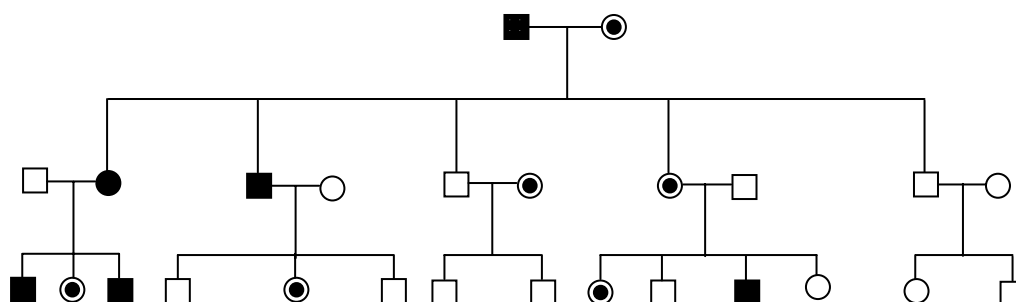
2.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหน้ารูปไข่ AA Aa

แนวคำตอบ : AA Aa (หรือตัวอักษรอื่น)

3. พันธุประวัติที่ 3 โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ (Duchenne Muscular Dystrophy)

กำหนดสัญลักษณ์

- แทนชายที่เป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- แทนหญิงที่เป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- ⊙ แทนหญิงที่เป็นพาหะ
- แทนชายปกติ
- แทนหญิงปกติ



3.1 ลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

แนวคำตอบ : ยีนด้อยบนโครโมโซม X เหตุผล เพราะ เป็นลักษณะที่มักเกิดในเพศชาย

แม่ที่เป็นโรคและพ่อที่ปกติจะให้ลูกชายทั้งหมดเป็นโรคและลูกสาวปกติ

แต่เป็นพาหะ พ่อที่เป็นโรคและแม่ที่ปกติ (ซึ่งไม่เคยมีประวัติโรคนี้นี้ในครอบครัวเลย)

จะให้ลูกสาวเป็นพาหะแต่ลูกชายปกติ

3.2 ยีนแสดงลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ

แนวคำตอบ : X^a (หรือตัวอักษรอื่น)

3.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ

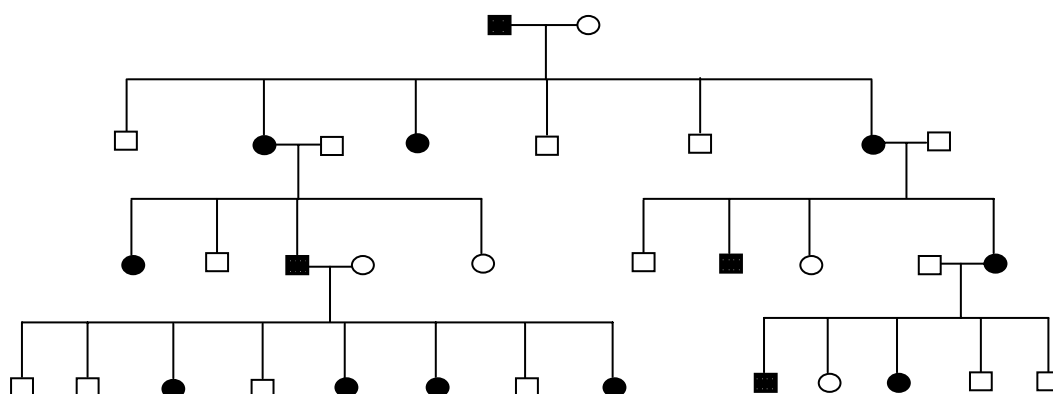
แนวคำตอบ : X^aX^a ในเพศหญิง และ X^aY ในเพศชาย (หรือตัวอักษรอื่น)

3.4 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะปกติ

แนวคำตอบ : $X^A X^A$ $X^A X^a$ ในเพศหญิง และ $X^A Y$ ในเพศชาย (หรือตัวอักษรอื่น)

4. พันธูประวัติที่ 4 โรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต (Hypophosphatemic rickets)

กำหนดสัญลักษณ์ ■ แทนชายที่เป็นโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต
● แทนหญิงที่เป็นโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต
□ แทนชายปกติ
○ แทนหญิงปกติ



4.1 ลักษณะโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย

แนวคำตอบ : ยีนเด่นบนโครโมโซม X เหตุผล เพราะเพศหญิงมีโอกาสแสดงลักษณะโรคมากกว่าเพศชาย พ่อที่เป็นโรคจะให้ลูกสาวทั้งหมดเป็นโรค แต่ลูกชายไม่เป็นโรค ลักษณะของโรคมีปรากฏในทุกรุ่น

4.2 แสดงลักษณะโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต

แนวคำตอบ : X^A

4.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะโรคโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต

แนวคำตอบ : $X^A X^A$ $X^A X^a$ ในเพศหญิง และ $X^A Y$ ในเพศชาย

4.4 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะปกติ

แนวคำตอบ : $X^a X^a$ ในเพศหญิง และ $X^a Y$ ในเพศชาย

5. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

แนวคำตอบ : ยีนเด่น คือ ยีนที่สามารถแสดงลักษณะนั้นออกมาได้ เมื่อรูปแบบของยีนนั้นมาเข้าคู่กันเอง (homozygous) และเมื่อยีนนั้นมาเข้าคู่กับยีนด้อย (heterozygous) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

1. เมื่อพ่อและแม่ที่แสดงลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นทั้งคู่ จะมีโอกาสให้ลูกดังนี้

$AA \times AA \longrightarrow$ ลูก AA (ลูกทุกคนแสดงลักษณะเด่น)

$AA \times Aa \longrightarrow$ ลูก $AA \ Aa$ (ลูกทุกคนแสดงลักษณะเด่น)

$Aa \times Aa \longrightarrow$ ลูก $AA \ Aa \ aa$ (ลูกแสดงลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย = 2 : 1)

2. เมื่อพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งแสดงลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่น จะมีโอกาสให้ลูกดังนี้

$AA \times aa \longrightarrow$ ลูก Aa (ลูกแสดงลักษณะเด่นทั้งหมด)

$Aa \times aa \longrightarrow$ ลูก $Aa \ Aa$ (ลูกแสดงลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย = 1 : 1)

3. เพศหญิงและเพศชายมีโอกาสในการถ่ายทอดลักษณะเท่าๆกัน

4. ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย มักถ่ายทอดไปทุกชั่วรุ่น

6. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

แนวคำตอบ : ยีนด้อย คือ ยีนที่สามารถแสดงลักษณะนั้นออกมาได้ เมื่อรูปแบบของยีนนั้นมาเข้าคู่กันเองเท่านั้น (homozygous) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

1. พ่อและแม่ที่แสดงลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยทั้งคู่ ลูกที่เกิดมาแสดงลักษณะดังนี้

$aa \times aa \longrightarrow$ ลูก aa (ลักษณะด้อยทั้งหมด)

2. เมื่อพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งแสดงลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อย จะมีโอกาสให้ลูกดังนี้

$aa \times Aa \longrightarrow$ ลูก $Aa \ aa$ (ลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย = 1:1)

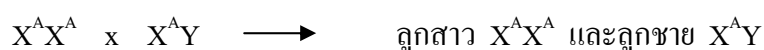
$aa \times AA \longrightarrow$ ลูก Aa (ลักษณะเด่นทั้งหมด)

3. เพศหญิงและเพศชายมีโอกาสในการถ่ายทอดลักษณะเท่าๆกัน
4. ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย ถ่ายทอดแบบข้ามรุ่นได้ (ไม่ปรากฏลักษณะดังกล่าวในทุกรุ่นได้)

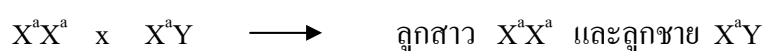
7. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร

แนวคำตอบ : ยีนเด่น บนโครโมโซม X คือยีนที่มีการแสดงลักษณะดังนี้

1. ลักษณะที่แสดงออกมักถ่ายทอดไปทุกชั่วรุ่น
2. เพศหญิงมีโอกาสแสดงลักษณะมากกว่าเพศชาย
3. พ่อและแม่ที่แสดงลักษณะทั้งคู่ จะให้ลูกสาวทั้งหมดแสดงลักษณะ แต่ลูกชายอาจแสดงลักษณะหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของแม่ว่าเป็น homozygous หรือ heterozygous ดังอธิบายได้จากการผสมดังต่อไปนี้



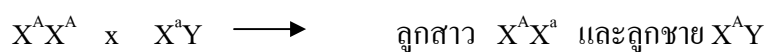
4. พ่อและแม่ที่ไม่แสดงลักษณะทั้งคู่ ลูกทั้งหมดจะไม่แสดงลักษณะ



5. พ่อที่แสดงลักษณะแต่แม่ไม่แสดงลักษณะจะให้ลูกสาวทั้งหมดที่แสดงลักษณะ แต่ลูกชายไม่แสดงลักษณะ



6. แม่ที่แสดงลักษณะแต่พ่อไม่แสดงลักษณะมีโอกาสที่จะให้ลูกชายและลูกสาวที่แสดงลักษณะหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของแม่ว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) หรือโฮโมไซกัส(homozygous)



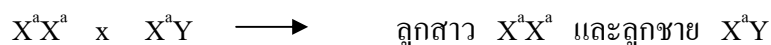
7. โอกาสในการแสดงลักษณะในลูกชายและลูกสาวจะขึ้นอยู่กับว่า ลักษณะนั้นปรากฏในฝ่ายพ่อหรือฝ่ายแม่

8. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซม X คืออะไร

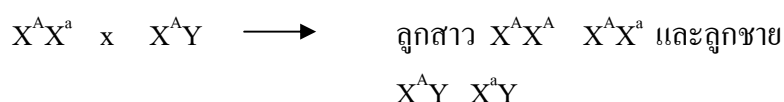
แนวคำตอบ : 1. ลักษณะที่แสดงออกมักจะไม่ถ่ายทอดไปทุกชั่วรุ่น

2. เพศชายมีโอกาสแสดงลักษณะมากกว่าเพศหญิง

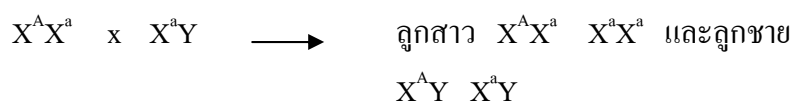
3. พ่อและแม่ที่แสดงลักษณะทั้งคู่ จะให้ลูกทั้งหมดแสดงลักษณะ



4. พ่อและแม่ที่ไม่แสดงลักษณะทั้งคู่ จะให้ลูกสาวทั้งหมดที่ไม่แสดงลักษณะ แต่ลูกชายอาจจะแสดงลักษณะหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของแม่ว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส(heterozygous) หรือโฮโมไซกัส(homozygous)



5. พ่อที่แสดงลักษณะแต่แม่ไม่แสดงลักษณะ จะมีโอกาสให้ลูกสาวและลูกชายที่แสดงลักษณะหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของแม่ว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส(heterozygous)หรือโฮโมไซกัส(homozygous)



6. แม่ที่แสดงลักษณะแต่พ่อ ไม่แสดงลักษณะ มีโอกาสที่จะให้ลูกชายทั้งหมดที่แสดงลักษณะ และลูกสาวจะไม่แสดงลักษณะ



7. โอกาสในการแสดงลักษณะในลูกชายและลูกสาวจะขึ้นอยู่กับว่า ลักษณะนั้นปรากฏในฝ่ายพ่อหรือฝ่ายแม่

9. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อย

แนวคำตอบ : 1. ลักษณะเด่นคือลักษณะที่มักปรากฏในทุกรุ่น

2. ลักษณะด้อยคือลักษณะที่มักไม่ปรากฏในทุกรุ่น

3. ลักษณะเด่นสามารถแสดงออกได้เมื่ออยู่ในสภาพ homozygous และ heterozygous

4. ลักษณะด้อยสามารถแสดงออกได้เมื่ออยู่ในสภาพ homozygous เท่านั้น

10. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยโครโมโซม X

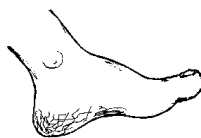
แนวคำตอบ : ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย จะมีโอกาสในการถ่ายทอดเท่ากัน ในเพศชายและเพศหญิง ในขณะที่ ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X จะมีโอกาสในการถ่ายทอดไม่เท่ากัน ในเพศชายและเพศหญิง

ชุดที่ 7 แนวคิดเรื่อง มิวเทชัน

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้เป็นมิวเทชันหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล



รอยหยักเชิงผม



รอยสันเท้าแตก



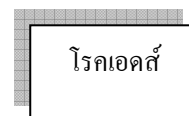
วงปีของต้นไม้



เต่า 2 หัว



ปลาไหลเผือก



โรคเอดส์

แนวคำตอบ : นักเรียนเตรียมทหารระบุว่า ลักษณะรอยหยักเชิงผม เต่า 2 หัว ปลาไหลเผือก เป็นมิวเทชัน ลักษณะรอยสันเท้าแตก วงปี และโรคเอดส์ ไม่เป็นมิวเทชัน

2. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน คืออะไร

แนวคำตอบ : มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอในระดับยีนหรือการเปลี่ยนแปลงสามารถเห็นได้ในระดับโครโมโซม คือรูปแบบความผิดปกติต่าง ๆ ของโครโมโซมเป็นผลทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม การเกิดมิวเทชันอาจ

ทำให้เกิดความแตกต่างทางฟีโนไทป์หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับส่วนของดีเอ็นเอที่เกิด
 มิวเทชันว่าเป็นส่วนที่เป็นอินทรอนหรือส่วนที่ไม่ใช่อินทรอน และฟีโนไทป์ที่เปลี่ยนอาจเป็น
 ทำให้เกิดลักษณะที่ต่างไปจากลักษณะปกติโดยแสดงอาการโรค (ผลเสียต่อชีวิต)
 หรือแสดงลักษณะที่ไม่ใช่โรคแต่แตกต่างไปจากลักษณะที่มีอยู่ตามธรรมชาติ
 ทำให้เกิดความผันแปรตามธรรมชาติ (variation)

3. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการแปรผันทางพันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่
 อย่างไร

แนวคำตอบ : เกี่ยวข้องกันโดยตรง โดยที่มิวเทชันเป็นผลทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม

4. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่
 อย่างไร

แนวคำตอบ : มิวเทชันเมื่อเกิดขึ้นกับยีนใดแล้วย่อมทำให้ยีนนั้นถ่ายทอดต่อไปได้ โดยถ้าเกิด
 มิวเทชันกับเซลล์ร่างกาย (somatic cell mutation) จะเกิดการถ่ายทอดผ่าน
 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากเซลล์แม่ไปสู่เซลล์ลูก ถ้าเกิดมิวเทชันกับ
 เซลล์สืบพันธุ์ (germ cell mutation) จะถ่ายทอดลักษณะมิวเทชันจากรุ่นหนึ่ง
 ไปสู่อีกรุ่นหนึ่งโดยผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ภาคผนวก ง

ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร

ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร

**ตารางผนวกที่ 1 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับโครงสร้างของโครโมโซม**

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้าง โครโมโซม(diagram) และ ภาพใด ที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้าง โครโมโซม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเขียนอธิบายเหตุผล	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - เลือกคำตอบถูก และให้เหตุผล ถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน	- ระบุภาพของโครโมโซมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง ทั้งหมด พร้อมอธิบายเหตุผลได้ ถูกต้องไม่คลาดเคลื่อนจาก แนวคิดวิทยาศาสตร์
ภาพที่ 1 	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วน ทั้งหมด ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์แต่ ไม่คลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์	- ระบุภาพของโครโมโซมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแต่ ไม่ครบถ้วนทั้งหมด พร้อมอธิบาย เหตุผลได้ไม่คลาดเคลื่อนจาก แนวคิดวิทยาศาสตร์
ภาพที่ 2 	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วน ทั้งหมด ให้เหตุผลถูกบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุภาพของโครโมโซมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด ให้เหตุผลถูกบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน
ภาพที่ 3 	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วน และให้เหตุผลคลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือ เลือกคำตอบไม่ถูกทั้งหมด และให้เหตุผลคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุภาพของโครโมโซมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ให้เหตุผล คลาดเคลื่อนทั้งหมด หรือระบุ ภาพโครโมโซมจากตัวอย่างที่ กำหนดให้ไม่ถูกต้องทั้งหมดและ ให้เหตุผลคลาดเคลื่อนทั้งหมด
ภาพที่ 4 	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน
ภาพที่ 5 		
ภาพที่ 6 		

ตารางผนวกที่ 2 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับหน้าที่ของโครโมโซม

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
2. ท่านคิดว่าโครโมโซมคืออะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u>	- อธิบายความหมายและ
3. โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต	- ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	ความสำคัญของโครโมโซมได้ ถูกต้องครบถ้วน และความรู้เดิม เกี่ยวกับโครโมโซมไม่ คลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์
4. ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้างเกี่ยวกับโครโมโซม	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายความหมายและ ความสำคัญของโครโมโซมได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนและความรู้ เดิมเกี่ยวกับโครโมโซมไม่ คลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)ตอบ คำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน</u>	- อธิบายความหมายและ ความสำคัญของโครโมโซม ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน บางส่วน
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายความหมายและ ความสำคัญของโครโมโซม คลาดเคลื่อน
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน

**ตารางผนวกที่ 3 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์**

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
6. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ได้ถูกต้อง พร้อมให้เหตุผลถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ได้ถูกต้อง และให้เหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือ ระบุจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง แต่ระบุชนิดของเซลล์ไม่ถูกต้อง หรือระบุจำนวนของโครโมโซมไม่ถูกต้อง แต่ระบุชนิดของเซลล์ถูกต้อง
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ไม่ถูกต้องและระบุชนิดของเซลล์ไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ ๔ ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
7. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ ชนิดนั้น และเลือกระบุชนิดของ เซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผล ที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้ จำนวนโครโมโซมในเซลล์ลำต้น มะละกอเท่ากับ 18 แท่ง	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของ เซลล์ได้ถูกต้อง พร้อมให้เหตุผล ถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของ เซลล์ได้ถูกต้อง และให้เหตุผลได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
1. เซลล์กลีบดอก 2. เซลล์ผล 3. เซลล์ราก 4. เซลล์รังไข่ 5. เซลล์เมสทีด 6. เซลล์ไข่	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของ เซลล์ได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง หรือ ระบุจำนวน โครโมโซมไม่ถูกต้อง แต่ระบุ ชนิดของเซลล์ไม่ถูกต้อง หรือระบุ จำนวนของโครโมโซมไม่ถูกต้อง แต่ระบุชนิดของเซลล์ถูกต้อง
7. เซลล์ละอองเรณู	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ไม่ถูกต้องและระบุชนิดของเซลล์ ไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน ☐

ตาราง □ □ วที่ 5 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
8. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ ชนิดนั้น และเลือกระบุชนิดของ เซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผล ที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้ จำนวนโครโมโซมในเซลล์ ร่างกายของสุนัขเท่ากับ 78 แท่ง	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ ได้ถูกต้อง พร้อมให้เหตุผล ถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ ได้ถูกต้อง และให้เหตุผลได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
1. เซลล์หู 2. เซลล์สมอง 3. เซลล์ลิ้น 4. เซลล์อสุจิ 5. เซลล์ไข่ 6. เซลล์ผิวหนัง	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ได้ถูกต้อง และระบุชนิดของเซลล์ ได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือ ระบุจำนวนโครโมโซม ไม่ถูกต้อง แต่ระบุชนิดของเซลล์ ไม่ถูกต้อง หรือระบุจำนวนของ โครโมโซมไม่ถูกต้อง แต่ระบุ ชนิดของเซลล์ถูกต้อง
7. เซลล์กระเพาะปัสสาวะ	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด <u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ระบุจำนวนโครโมโซมในเซลล์ ไม่ถูกต้องและระบุชนิดของเซลล์ ไม่ถูกต้อง - ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 6 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับเซลล์ร่างกาย

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
9. เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย และจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย แต่ไม่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้อง หรือ อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้องแต่ไม่อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย แต่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมไม่ถูกต้อง หรือ อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย ไม่ถูกต้องแต่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมถูกต้อง
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย ไม่ถูกต้องและอธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 7 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับเซลล์สืบพันธุ์

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
10. เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์สืบพันธุ์ และจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์สืบพันธุ์ แต่ไม่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้อง หรืออธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมได้ถูกต้องแต่ไม่อธิบายหน้าที่ของเซลล์ร่างกาย
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์สืบพันธุ์ แต่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมไม่ถูกต้อง หรืออธิบายหน้าที่ของเซลล์สืบพันธุ์ไม่ถูกต้องแต่อธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมถูกต้อง
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายหน้าที่ของเซลล์สืบพันธุ์ ไม่ถูกต้องและอธิบายจำนวนชุดของโครโมโซมไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

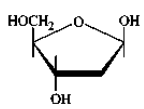
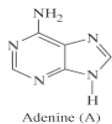
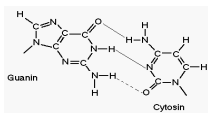
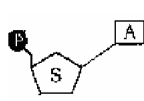
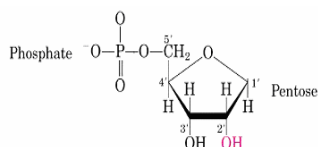
ตารางผนวกที่ ๘ ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. จากแนวคิดที่แสดง ความสัมพันธ์ ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ให้ท่านปฏิบัติตามคำสั่ง ต่อไปนี้	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน และอธิบาย ความสัมพันธ์ได้ถูกต้องครบถ้วน
3.) วาดแผนภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่นๆ แทนด้วยเซลล์ ของสิ่งมีชีวิต	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีนได้ถูกต้อง และอธิบายความสัมพันธ์ได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
4.) ให้วาดภาพที่ แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่นๆ ที่แสดงว่าเป็น นิวเคลียส โครโมโซม และ ยีน	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีนได้ถูกต้อง บางส่วนและและคลาดเคลื่อน บางส่วน หรืออธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีนได้ ถูกต้องเป็นบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน
2. อธิบายภาพที่วาดขึ้นว่าแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน อย่างไร	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- วาดภาพแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซมและยีน และอธิบาย ความสัมพันธ์คลาดเคลื่อนจาก แนวคิดวิทยาศาสตร์
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่วาดภาพ ไม่อธิบาย วาดภาพ และอธิบายไม่ชัดเจน วาดภาพ และอธิบายภาพไม่สอดคล้องกัน

ตารางผนวกที่ 9 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับจีน

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
3. ตามความเข้าใจของท่านจีน (gene) หมายถึงอะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับจีนได้ถูกต้องครบถ้วน โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับจีนได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับจีนได้ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายเกี่ยวกับจีนคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 10 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับ โครงสร้างของสารพันธุกรรม

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้าง ของสารพันธุกรรม และภาพใดที่ ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างสาร พันธุกรรม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - เลือกคำตอบถูก และให้เหตุผล ถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน	- ระบุภาพของสารพันธุกรรมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ทั้งหมด พร้อมอธิบายเหตุผลได้ ถูกต้องสมบูรณ์โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน
ภาพที่ 1 	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - เลือกคำตอบถูกและครบถ้วนแต่ ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ หรือ เลือก คำตอบถูกแต่ไม่ครบ และให้ เหตุผลสมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบ ถูกแต่ไม่ครบและให้เหตุผลไม่ สมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่ไม่ให้เหตุผลโดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน	- ระบุภาพของสารพันธุกรรมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน
ภาพที่ 2 	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลถูก บางส่วน/ คลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือกคำตอบผิดแต่ให้เหตุผล ถูก หรือเลือกคำตอบถูกบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือ เลือกคำตอบผิดและให้เหตุผลถูก บางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุภาพของสารพันธุกรรมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกบางส่วน/ คลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่าง บางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือกตัวอย่างภาพโครโมโซม ที่กำหนด
ภาพที่ 3 	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - เลือกคำตอบผิดและให้เหตุผล คลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุภาพของสารพันธุกรรมจาก ตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และอธิบาย คลาดเคลื่อนทั้งหมด
ภาพที่ 4 		
ภาพที่ 5 		
ภาพที่ 6 		

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
2. โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยอะไรบ้าง	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจนอธิบาย

ตารางผนวกที่ 11 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับหน้าที่ของสารพันธุกรรม

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
3. ท่านคิดว่าสารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของสาร พันธุกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายหน้าที่ของสาร พันธุกรรมได้ถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- อธิบายหน้าที่ของสาร พันธุกรรมถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายหน้าที่ของสาร พันธุกรรมคลาดเคลื่อนจาก แนวคิดวิทยาศาสตร์
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 12 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร ๕
จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร”

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
4. ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดย ไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับสารพันธุกรรม ได้ถูกต้องตามแนวคิด วิทยาศาสตร์โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับสารพันธุกรรม ได้ถูกต้องตามแนวคิด วิทยาศาสตร์โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อนแต่ไม่ครบถ้วน
	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับสารพันธุกรรม ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน บางส่วน
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- อธิบายเกี่ยวกับสารพันธุกรรม คลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน

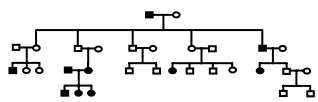
ตารางผนวกที่ 13 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. ให้นิยามจำแนกลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม หรือไม่แน่ใจ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน จากนั้นเขียนบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจลงในตาราง	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - เลือกคำตอบถูก และให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุลักษณะพันธุกรรมจากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องทั้งหมด พร้อมอธิบายเหตุผลและสรุปความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้องสมบูรณ์โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน
- อาการตัวเหลือง ตับ ม้าม โต ตั้งจุกยุบ เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ของโรคธาลัสซีเมีย	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - เลือกคำตอบถูกและครบถ้วนแต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ หรือ เลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบ และให้เหตุผลสมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบและให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบถูกต้องแต่ไม่ให้เหตุผลโดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุลักษณะพันธุกรรมจากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องโดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลและสรุปความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน
- อาการภูมิคุ้มกันบกพร่องของโรคเอดส์ในหญิงมีครรภ์	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลถูกบางส่วน/ คลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือกคำตอบผิดแต่ให้เหตุผลถูก หรือเลือกคำตอบถูกบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือกคำตอบผิดและให้เหตุผลถูกบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุลักษณะพันธุกรรมจากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องแต่ให้เหตุผลถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือระบุตัวอย่างลักษณะพันธุกรรมจากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องบางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน แต่ให้เหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์
- ลักษณะทางพันธุกรรมตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - เลือกคำตอบผิดและให้เหตุผลคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุลักษณะทางพันธุกรรมจากตัวอย่างที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องและอธิบายไม่ถูกต้องทั้งหมด
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

**ตารางผนวกที่ 14 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับจีโนไทป์และฟีโนไทป์**

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. ให้ท่าน ระบุว่าตัวอย่างที่ กำหนดให้ เป็นจีโนไทป์ หรือ ฟีโนไทป์ หรือไม่แน่ใจ โดยทำ เครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ที่ตรงกับความเข้าใจของท่าน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - เลือกคำตอบถูก และให้เหตุผล ถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน	- ระบุตัวอย่างที่เป็นจีโนไทป์และ ฟีโนไทป์จากตัวอย่างที่กำหนดให้ ได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมอธิบาย เหตุผลและสรุปความหมายของ จีโนไทป์และฟีโนไทป์ได้ถูกต้อง สมบูรณ์โดยไม่มีส่วนใด คลาดเคลื่อน
2. ตามความเข้าใจของท่าน จีโนไทป์ คืออะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - เลือกคำตอบถูกและครบถ้วนแต่ ไม่ให้เหตุผล	- ระบุตัวอย่างที่เป็นจีโนไทป์และ ฟีโนไทป์จากตัวอย่างที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง แต่ไม่ให้เหตุผล
3. ตามความเข้าใจของท่าน ฟีโนไทป์คืออะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - เลือกคำตอบถูกบางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน และให้ เหตุผลประกอบ	- ระบุตัวอย่างที่เป็นจีโนไทป์และ ฟีโนไทป์จากตัวอย่างที่กำหนดให้ ได้ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน บางส่วน และให้เหตุผลประกอบ
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - เลือกคำตอบผิดและให้เหตุผล คลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ระบุตัวอย่างที่เป็นจีโนไทป์และ ฟีโนไทป์จากตัวอย่างที่กำหนดให้ ไม่ถูกต้องทั้งหมด และอธิบายไม่ ถูกต้องทั้งหมด
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 16 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
2. พันธุประวัติที่ 2 ใบหน่ำรูปเหลี่ยม 	ลักษณะ แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วน เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
2.1 ลักษณะใบหน่ำรูปเหลี่ยมเป็นลักษณะที่ควบคุมโดย		
2.2.1. ยีนแสดงลักษณะใบหน่ำรูปเหลี่ยม	แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU) - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายพร้อมให้เหตุผลและสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
2.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหน่ำรูปเหลี่ยม		
2.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะใบหน่ำรูปไข่		
6. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร	แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM) - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายพร้อมให้เหตุผลและสรุปได้ถูกต้อง แต่เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะไม่ถูกต้องหรือเขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องแต่ไม่ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ไม่ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกายและเขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบคำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 17 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
3. พันธุประวัติที่ 3 โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ (Duchenne Muscular Dystrophy)	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม x พร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วน เขียนรูปแบบของยีน และจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะ และไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
3.1 ลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นลักษณะที่ควบคุมโดย	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม x พร้อมให้เหตุผลและสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
3.2.1 ยีนแสดงลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ		เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
3.3.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ		

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
3.3.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดง ลักษณะปกติ	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ</u> <u>คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u>	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ ควบคุมโดยยีนด้อยบน โครโมโซม x พร้อมให้เหตุผล และสรุปได้ถูกต้อง แต่เขียน รูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่ แสดงลักษณะและไม่แสดง ลักษณะไม่ถูกต้อง หรือเขียน รูปแบบของยีนและ จีโนไทป์ที่ แสดงลักษณะและไม่แสดง ลักษณะได้ถูกต้อง แต่ไม่ระบุว่า ลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดย ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย
8. ตามความเข้าใจของท่าน ยีน ด้อย บนโครโมโซม x คืออะไร	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด</u> <u>วิทยาศาสตร์ (SM)</u> - ตอบคำถามคลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ไม่ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ ควบคุมโดยยีนด้อยบน โครโมโซม X และเขียนรูปแบบ ของยีนและจีโนไทป์ที่แสดง ลักษณะและไม่แสดงลักษณะไม่ ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน

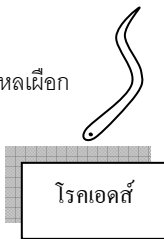
ตารางผนวกที่ 18 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
4. พันธุประวัติที่ 4 โรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดขึ้นจากภาวะพร่องฟอสเฟต (Hypophosphatemic rickets) 	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X พร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วน เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
4.1 ลักษณะโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดขึ้นจากภาวะพร่องฟอสเฟตเป็นลักษณะที่ควบคุมโดย..... 4.2.1 ยีนแสดงลักษณะโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดขึ้นจากภาวะพร่องฟอสเฟต 4.2.2 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะโรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดขึ้นจากภาวะพร่องฟอสเฟต..... 4.2.3 จีโนไทป์ทั้งหมดที่แสดงลักษณะปกติ.....	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - ตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X พร้อมให้เหตุผลและสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้องครบถ้วน
7. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - ตอบคำถามถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X พร้อมให้เหตุผลและสรุปได้ถูกต้อง แต่เขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะไม่ถูกต้อง หรือเขียนรูปแบบของยีนและจีโนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่แสดงลักษณะได้ถูกต้อง แต่ไม่ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u>	- ไม่ระบุว่าลักษณะที่กำหนดให้ ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X และเขียนรูปแบบของยีนและจี โนไทป์ที่แสดงลักษณะและไม่ แสดงลักษณะไม่ถูกต้อง
	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u>	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ
	- ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	คำถามไม่ชัดเจน

ตารางผนวกที่ 19 ประเภทแนวคิด และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ ของนักเรียนเตรียมทหาร
เกี่ยวกับมิวเทชันและการแปรผันทางพันธุกรรม

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้เป็นมิวเทชันหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล ภาพที่ 1  รอยหยักเชิงผม	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)</u> - เลือกคำตอบถูก และให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุลักษณะที่เกิดจากมิวเทชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมอธิบายเหตุผลและสรุปความหมายของมิวเทชัน ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งความหมายของมิวเทชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมิวเทชันกับการแปรผันทางพันธุกรรมและการถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน
ภาพที่ 2  รอยสันเท้าแตก	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)</u> - เลือกคำตอบถูกและครบถ้วนแต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ หรือ เลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบ และให้เหตุผลสมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่ครบและให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ หรือเลือกคำตอบถูกต้องแต่ไม่ให้เหตุผลโดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน	- ระบุลักษณะที่เกิดจากมิวเทชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้องบางส่วน พร้อมอธิบายเหตุผลและสรุปความหมายของมิวเทชัน ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งความหมายของมิวเทชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมิวเทชันกับการแปรผันทางพันธุกรรมและการถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน โดยไม่มีส่วนใดคลาดเคลื่อน
ภาพที่ 3  วงปีของต้นไม้		
ภาพที่ 4  เต่า 2 หัว		
ภาพที่ 5  ปลาไหลเผือก โรกอดส์	<u>แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)</u> - เลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลถูกบางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วนหรือเลือกคำตอบผิดแต่ให้เหตุผลถูกหรือเลือกคำตอบถูกบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือเลือกคำตอบผิดและให้เหตุผลถูกบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน	- ระบุลักษณะที่เกิดจากมิวเทชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้องบางส่วน แต่อธิบายเหตุผลและสรุปความหมายของมิวเทชันและความสัมพันธ์ระหว่างมิวเทชันกับการแปรผันทางพันธุกรรมและการถ่ายทอดทางพันธุกรรมคลาดเคลื่อน
ภาพที่ 6		

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

คำถาม	ประเภทแนวคิด	เกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบ
2. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน คืออะไร	<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (SM)</u>	- ระบุลักษณะที่เกิดจากมิวเทชัน จากตัวอย่างที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง ทั้งหมด และอธิบายเหตุผลและ สรุปความหมายของมิวเทชัน และ ความสัมพันธ์ระหว่างมิวเทชันกับ การแปรผันทางพันธุกรรมและการ ถ่ายทอดทางพันธุกรรม คลาดเคลื่อน
3. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการแปรผันทาง พันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกัน หรือไม่ อย่างไร	- เลือกคำตอบผิดและให้เหตุผล คลาดเคลื่อนทั้งหมด	- ไม่เขียนตอบ ทวนคำถาม ตอบ คำถามไม่ชัดเจน
4. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน กับการถ่ายทอดทาง พันธุกรรม มีความเกี่ยวข้องกัน หรือไม่ อย่างไร	<u>ไม่เข้าใจ (NU)</u> - ไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม ตอบ ไม่ชัดเจน	

ภาคผนวก จ

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่จำแนกตามประเภทแนวคิด
และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ

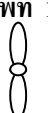
**คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่จำแนกตามประเภทแนวคิด
และเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ**

ชุดที่ 1 โครโมโซม

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ ภาพใดคือภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม (diagram) และภาพใดที่ไม่ใช่ภาพแสดงโครงสร้างโครโมโซม โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความ ที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ1 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพโครโมโซมสอดคล้อง
กับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน(น)
						
✓	✓	✓	✓	✓	✓	5

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพโครโมโซม

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพโครโมโซม

ตารางผนวกที่ จ2 ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพ
โครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 5$)

ภาพที่เป็นโครงสร้าง โครโมโซม	เหตุผล
ภาพที่ 1 	- เป็นโครโมโซม 1 แท่ง เป็น 1 โครมาทิด
ภาพที่ 2 	- มี 2 โครมาทิด มีองค์ประกอบครบ ครบส่วนของโครโมโซม
ภาพที่ 3 	- มีองค์ประกอบครบ 1 โครโมโซมมี 2 โครมาทิด
ภาพที่ 4 	- โครโมโซมบางชนิดรูปร่างแบบนี้ มีองค์ประกอบครบ
ภาพที่ 5 	- เป็นโครโมโซมที่ขดตัวเป็นปม โดยมีฮิสโตนโปรตีนเป็นตัวเชื่อม - เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์
ภาพที่ 6 	- โครมาทินขดไปมา ถ้าขี้ออกจะเรียกว่าโครโมโซม มีองค์ประกอบครบ

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ3 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพโครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน (n)
						
✓	✓	✓	×	×	✓	4
✓	✓	✓	✓	×	✓	3
✓	✓	✓	×	✓	✓	3

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพโครโมโซม

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพโครโมโซม

ตารางผนวกที่ จ4 ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผล ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 10)

ภาพที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซม	เหตุผล
ภาพที่ 4 	- ไม่เคยเห็นในหนังสือ มีองค์ประกอบไม่ครบ
ภาพที่ 5 	- เป็นภาพโครมาทิน เป็นภาพที่ไม่ครบคู่ของโครโมโซม

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ5 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพโครโมโซมสอดคล้อง กับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน(n)
						
×	✓	✓	×	✓	✓	2
×	✓	✓	×	✓	✓	2
✓	✓	✓	×	×	✓	2
✓	✓	✓	×	×	×	2
✓	✓	×	✓	✓	✓	1
✓	✓	×	×	✓	✓	1
✓	✓	×	✓	✓	×	1
✓	✓	×	×	×	✓	1
✓	✓	✓	×	✓	✓	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพโครโมโซม

×

หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพโครโมโซม

ตารางผนวกที่ จ6 ภาพโครงสร้างโครโมโซม เหตุผล ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพ
ที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและ
คลาดเคลื่อนบางส่วน (n = 13)

ภาพที่ไม่เป็นโครงสร้าง โครโมโซม	เหตุผล
ภาพที่ 4 	- โครโมโซมต้องอยู่กันเป็นแนวดิ่ง - มีองค์ประกอบไม่ครบ - โครโมโซมไม่ครบ 1 คู่
ภาพที่ 5 	- โครโมโซมต้องเป็นคู่ทั้งหมด 2 คู่
ภาพที่ 6 	- เป็นเส้นๆ เป็นหยักๆ ลักษณะองค์ประกอบไม่ครบ

ตารางผนวกที่ จ7 สรุปจำนวนนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซม

ภาพที่ไม่เป็นโครงสร้างโครโมโซม	จำนวน (n)
ภาพที่ 3 	4
ภาพที่ 4 	11
ภาพที่ 5 	5
ภาพที่ 6 	3

2. ท่านคิดว่า โครโมโซมคืออะไร

ตารางผนวกที่ จ8 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครโมโซมคืออะไร”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- แหล่งพันธุกรรม ตัวถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - สิ่งที่ใช้ถ่ายทอดพันธุกรรมจากอีกรุ่นสู่อีกรุ่น - สิ่งที่บรรจุสารพันธุกรรม
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- สารที่ใช้ในการถ่ายทอดพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นหนึ่ง - หน่วยย่อยๆของเซลล์ มีส่วนในการดำรงเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต - สิ่งที่ถ่ายทอดลักษณะเด่น ลักษณะด้อยสู่ลูกหลาน - สารพันธุกรรมที่ใช้สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต - หน่วยย่อยละเอียดลงไปของเซลล์ - ส่วนประกอบของเซลล์ ใช้ในการทำงานของเซลล์

ตารางผนวกที่ จ8 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
	- เป็นโครงสร้างของเซลล์ หน่วยทางพันธุกรรม ควบคุมลักษณะเพศ และการเจริญเติบโตของร่างกาย - สารพันธุกรรมที่จะเก็บลักษณะของยีนต้นแบบเอาไว้เมื่อเกิดการผสมพันธุ์จะมี - โครโมโซมอีกตัวมารวมกัน - ส่วนประกอบของพันธุกรรม
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	- สิ่งที่แสดงลักษณะทางพันธุวิศวกรรม - เซลล์ที่แสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิด

3. โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

ตารางผนวกที่ จ9 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครโมโซมมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- โครโมโซมเป็นที่อยู่ของดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นที่อยู่ของสารพันธุกรรม - ดังนั้น โครโมโซมจึงเป็นตัวถ่ายทอดทางพันธุกรรม - เป็นตัวกำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตให้มีความแตกต่างกัน - ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม - ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จากรุ่นสู่รุ่น โดยสัมพันธ์กับการทำงานของดีเอ็นเอ
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- ส่วนหนึ่งของชีวิต เพราะเป็นส่วนหนึ่งของเซลล์ มีความสำคัญในเรื่องของการเจริญผ่านพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต จะถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น - เป็นตัวถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ไม่มีโครโมโซมก็สูญพันธุ์ - หน่วยย่อยละเอียดลงไปของเซลล์ ซึ่งเซลล์จะทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตได้ - โครโมโซมมีผลสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยตรง กล่าวคือ สัตว์ที่อยู่บนบกจะมีโครโมโซมที่บังคับให้ร่างกายมีปอด ถ้าสัตว์ที่อยู่ในน้ำจะมีโครโมโซมที่บังคับให้ร่างกายมีเหงือกใช้ในการหายใจ
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	- เป็นส่วนที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ ถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ดี และปรับปรุงแก้ไขที่ไม่ดีให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม

4. ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้าง เกี่ยวกับโครโมโซม

ตารางผนวกที่ 10 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีความรู้เดิมอย่างไรบ้าง เกี่ยวกับโครโมโซม”

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)			
แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU)เกี่ยวกับหน้าที่ของโครโมโซม (n = 17)	แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) เกี่ยวกับจำนวนของโครโมโซม (n = 6)	แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) เกี่ยวกับหน้าที่และจำนวนของโครโมโซม (n = 12)	ไม่เข้าใจ(PU) มีดังนี้ (n = 3)
- โครโมโซมเป็นหน่วยทางพันธุกรรมขนาดเล็ก มีหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - โครโมโซมเป็นสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม - โครโมโซมตามความคิดของผมคือเซลล์ที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย ควบคุมทั้งเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากถ้าเราขาดโครโมโซมไปมากคู่เราก็อาจจะพิการได้ แต่ถ้าเรามีโครโมโซมเกินเราจะมีอวัยวะที่เราไม่ต้องการเพิ่มขึ้นมา - โครโมโซมเป็นส่วนประกอบเล็กๆของสิ่งมีชีวิต ถูกเก็บไว้อยู่ในภายในของนิวเคลียส มีหน้าที่จดจำลักษณะยีนพ่อหรือแม่แล้วมาถ่ายทอด ให้รุ่นลูก - โครโมโซมเป็นองค์ประกอบที่บ่งบอกถึงพันธุกรรมและลักษณะเฉพาะของเซลล์แต่ละ ชนิด	- เป็นเซลล์พันธุกรรม ถ่ายทอดรุ่นสู่รุ่น มีลักษณะเป็นแท่ง มีทั้งหมด 23 คู่ 46 แท่ง - ในเซลล์สืบพันธุ์จะมีเพียงครึ่งหนึ่ง เพื่อผสมอีกครั้งหนึ่ง - โครโมโซมร่างกายจะเป็นคู่ 2n โครโมโซมเซลล์สืบพันธุ์จะเป็นครึ่งเดียว n - ร่างกายของมนุษย์จะมีแหล่งเก็บพันธุกรรมอยู่ ซึ่งแสดงถึงสิ่งต่างๆ ภายในตัวเราซึ่งเรียกว่าโครโมโซม โดยร่างกายของมนุษย์มีโครโมโซมร่างกายอยู่ 46 แท่ง โครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์อยู่ 23 แท่ง	- ในร่างกายมนุษย์ ประกอบไปด้วยหน่วยทางพันธุกรรม นั่นก็คือ โครโมโซม ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้บุคคลแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกัน โครโมโซมของมนุษย์ประกอบด้วย โครโมโซมร่างกาย 22 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่ รวมเป็น 23 คู่ เป็นตัวถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซมร่างกายจะอยู่เป็นคู่ๆ สัตว์แต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน เซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย	- ไม่เข้าใจ เพราะสับสนเรื่องเซลล์ ไม่มีความรู้

ตารางผนวกที่ จ10 (ต่อ)

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)			ไม่เข้าใจ(PU) มีดังนี้
แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) เกี่ยวกับหน้าที่ของโครโมโซม	แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) เกี่ยวกับจำนวนของโครโมโซม	แนวคิดวิทยาศาสตร์(SU) เกี่ยวกับหน้าที่และจำนวนของโครโมโซม	
- โครโมโซมเป็นหน่วยพันธุกรรมมีหน้าที่แสดงผลออกทางรูปร่างร่างกาย ที่ส่งผลรุ่นต่อรุ่นและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกรุ่น - ส่วนหนึ่งของพันธุกรรม ควบคุมลักษณะการเจริญเติบโตรูปร่างหน้าตาขึ้นเด่น ยีนด้อย - โครโมโซม จะเป็นตัวควบคุมลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์และพืช - โครโมโซมเป็นสารพันธุกรรมที่เอาไว้ให้สิ่งมีชีวิตได้ผสมพันธุ์กัน เพื่อให้เกิดลักษณะต่างๆที่ปรากฏออกมา - เป็นตัวกำหนดลักษณะทางร่างกาย ความคิด ใช้กำหนดพันธุกรรม จากรุ่นพ่อแม่สู่ลูก			

5. ให้ท่านวาดภาพโครโมโซมที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 1 แท่ง ตามความเข้าใจของท่าน

ตารางผนวกที่ จ11 ประเภท จำนวนนักเรียนเตรียมทหารที่วาดภาพโครงสร้างของโครโมโซม

(n = 28)

ประเภทของโครงสร้างโครโมโซม	จำนวน(n)
	12
	12
	4

6. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือกระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ12 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเหตุผลที่นักเรียน เตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 17)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์ผิวหนัง	46	ใช้หน้าที่และจำนวนชุดของโครโมโซมเป็นเกณฑ์
2. เซลล์เม็ดเลือดขาว	46	
3. เซลล์รังไข่	46	
4. เซลล์ไข่	23	
5. เซลล์อสุจิ	23	
6. เซลล์อวัยวะ	23	
7. เซลล์ของไซโกต	46	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ13 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเหตุผลที่นักเรียน
เตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(n = 1)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์ผิวหนัง	46	ไม่ให้เหตุผลประกอบ
2. เซลล์เม็ดเลือดขาว	46	
3. เซลล์รังไข่	46	
4. เซลล์ไข่	23	
5. เซลล์อสุจิ	23	
6. เซลล์อวัยวะ	46	
7. เซลล์ของไซโกต	46	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ14 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ ที่นักเรียนเตรียมทหารตอบ
สอดคล้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 10)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม				
	(n = 6)	(n = 1)	(n = 1)	(n = 1)	(n = 1)
1. เซลล์ผิวหนัง	46	2	23	44	46
2. เซลล์เม็ดเลือดขาว	46	2	23	44	46
3. เซลล์รังไข่	23	2	23	46	46
4. เซลล์ไข่	23	1	23	46	1
5. เซลล์อสุจิ	23	1	23	46	1
6. เซลล์อวัยวะ	23	2	23	46	46
7. เซลล์ของไซโกต	46	2	23	46	46

7. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือก ระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ลำต้นมะละกอเท่ากับ 18 แท่ง

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ15 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์มะละกอ และเหตุผลที่นักเรียนเตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 13)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์กลีบดอก	18	ใช้หน้าที่และจำนวนชุดของโครโมโซมเป็นเกณฑ์
2. เซลล์ผล	18	
3. เซลล์ราก	18	
4. เซลล์รังไข่	18	
5. เซลล์เมล็ด	18	
6. เซลล์ไข่(egg)	9	
7. เซลล์ละอองเรณู	9	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ16 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์แต่ละกอ และเหตุผลที่นักเรียน
เตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 1)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์กลีบดอก	18	ไม่ให้เหตุผลประกอบ
2. เซลล์ผล	18	
3. เซลล์ราก	18	
4. เซลล์รังไข่	18	
5. เซลล์เมล็ด	18	
6. เซลล์ไข่(egg)	9	
7. เซลล์ละอองเรณู	9	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ17 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์แต่ละกอ ที่นักเรียนเตรียมทหาร
ตอบคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 14)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม			
	(n = 4)	(n = 5)	(n = 2)	(n = 3)
1. เซลล์กลีบดอก	18	18	18	18
2. เซลล์ผล	18	18	18	18
3. เซลล์ราก	18	18	18	18
4. เซลล์รังไข่	18	18	9	1
5. เซลล์เมล็ด	18	18	18	1
6. เซลล์ไข่ (egg)	18	9	9	18
7. เซลล์ละอองเรณู	18	18	9	18

8. จากชนิดของเซลล์ที่กำหนดให้ ระบุจำนวนโครโมโซมของเซลล์ชนิดนั้น และเลือก ระบุชนิดของเซลล์ โดยทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเป็น เซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ หรือไม่แน่ใจ จากนั้นบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ กำหนดให้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสุนัขเท่ากับ 78 แท่ง

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ18 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข และเหตุผลที่นักเรียน
เตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 18)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์หู	78	ใช้หน้าที่และจำนวนชุดของโครโมโซมเป็นเกณฑ์
2. เซลล์สมอง	78	
3. เซลล์ลิ้น	78	
4. เซลล์อสุจิ	39	
5. เซลล์ไข่	39	
6. เซลล์ผิวหนัง	78	
7. เซลล์กระเพาะปัสสาวะ	78	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ19 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข และเหตุผลที่นักเรียน
เตรียมทหารตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 1)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม	เหตุผล
1. เซลล์หู	78	ไม่ให้เหตุผลประกอบ
2. เซลล์สมอง	78	
3. เซลล์ลิ้น	78	
4. เซลล์อสุจิ	39	
5. เซลล์ไข่	39	
6. เซลล์ผิวหนัง	78	
7. เซลล์กระเพาะปัสสาวะ	78	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)
มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ20 ชนิดของเซลล์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์สุนัข ที่นักเรียนเตรียมทหารมี
แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 9)

ชนิดของเซลล์	จำนวนโครโมโซม			
	(n = 2)	(n = 4)	(n = 2)	(n = 1)
1. เซลล์หู	78	78	2	44
2. เซลล์สมอง	78	78	2	44
3. เซลล์ลิ้น	78	78	2	44
4. เซลล์อสุจิ	78	1	1	46
5. เซลล์ไข่	78	1	1	46
6. เซลล์ผิวหนัง	78	78	2	44
7. เซลล์กระเพาะปัสสาวะ	78	78	2	44

9. เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

ตารางผนวกที่ จ21 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “เซลล์ร่างกายตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- เซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และการทำงานต่างๆ ของร่างกาย เป็นเซลล์ที่มีชุดโครโมโซม 2 ชุด
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	- เซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย มีหน้าที่ในการทำงานส่วนต่างๆ ที่ไม่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ เซลล์ที่อยู่ตามส่วนต่างๆ ทั้งอวัยวะและผิวหนัง

10. เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

ตารางผนวกที่ จ22 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “เซลล์สืบพันธุ์ตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร”

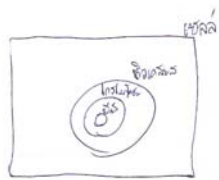
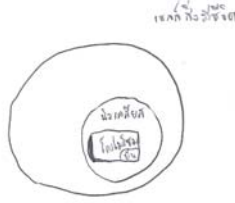
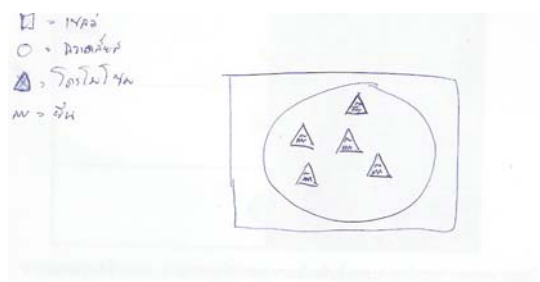
ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย เซลล์ที่สามารถปฏิสนธิกันจนเกิดเป็นเซลล์ร่างกายใหม่ เซลล์ที่ใช้ในการสืบพันธุ์ เซลล์ที่มีการแบ่งตัวจนเหลือโครโมโซมเพียงครึ่งเดียว พร้อมทั้งจะทำการสืบพันธุ์ต่อไป
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	- ส่วนสำคัญในการสืบพันธุ์ และเซลล์สำคัญที่ทำให้มีการสืบพันธุ์ต่อไป เซลล์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการขยายพันธุ์ เซลล์ที่อยู่ในอวัยวะสืบพันธุ์ของคนหรือสัตว์

ชุดที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และ เซลล์

- จากแนวคิดที่แสดงความสัมพันธ์ ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ให้ท่านปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้
 - วาดแผนภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่นๆ แทนด้วยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
 - ให้วาดภาพที่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม (□) หรือ วงกลม (○) หรือ รูปร่างอื่นๆ ที่แสดงว่าเป็น นิวเคลียส โครโมโซม และยีน

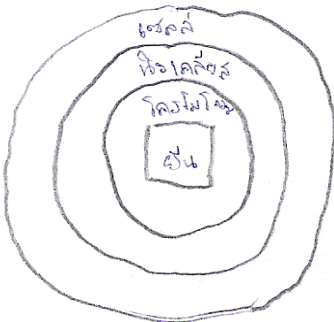
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ23 ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 15)

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	คำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
	
	เซลล์ประกอบไปด้วยนิวเคลียส ภายในนิวเคลียสจะมีโครโมโซม และภายในโครโมโซม จะมียีน
	

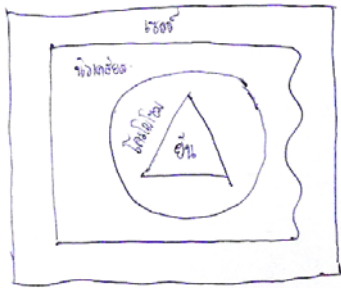
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ24 ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 6)

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	คำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
	a. เซลล์ประกอบด้วยนิวเคลียส โครโมโซม และยีน ยีนเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของหน่วยพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต b. นิวเคลียสอยู่ในเซลล์ ในนิวเคลียสมีโครโมโซมและยีน

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ25 ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
ของนักเรียนเตรียมทหารที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (n = 6)

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	คำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
	เซลล์เป็นหน่วยที่ใหญ่ที่สุด นิวเคลียสเป็นหน่วยประกอบด้วยโครโมโซมและยีนอยู่ภายในเซลล์

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ26 ภาพและคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
ของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์
(n = 1)

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน	คำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง เซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน
	ไม่ให้คำอธิบายประกอบ

3. ตามความเข้าใจของท่าน ยีน(gene) หมายถึงอะไร

ตารางผนวกที่ จ27 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ยีนตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร”

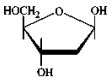
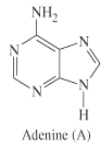
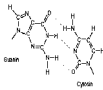
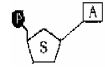
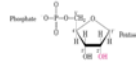
ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- ยีนเป็นหน่วยพันธุกรรม มีหน้าที่แสดงผลทางร่างกายภายนอกได้ - และยังบอกถึงพันธุกรรมว่ามีที่มาอย่างไร - สิ่งที่เป็นตัวควบคุมและถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมจากรุ่นสู่รุ่น - หน่วยพันธุกรรม อยู่ในโครโมโซมทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่างๆ
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- ตัวควบคุมลักษณะที่ปรากฏ สิ่งที่ได้รับทอดทางพันธุกรรม - ตัวกำหนดลักษณะเด่นบนโครโมโซม
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	- สิ่งที่เกิดจากการรวมตัวของโครโมโซม ควบคุมโดยโครโมโซมคู่ต่างๆ ลักษณะทางพันธุกรรม

ชุดที่ 3 สารพันธุกรรม

1. ภาพใดคือภาพของสารพันธุกรรม

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

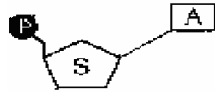
ตารางผนวกที่ จ28 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน(n)
						
✓	×	×	×	✓	×	4

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพสารพันธุกรรม

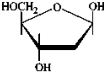
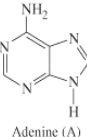
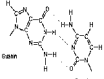
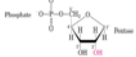
× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ จ29 ภาพโครงสร้างสารพันธุกรรม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพ สารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ภาพที่เป็นโครงสร้าง โครโมโซม	เหตุผล
ภาพที่ 1 	- เป็นโครงสร้าง DNA - มีองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์
ภาพที่ 5 	- ประกอบด้วย เบส น้ำตาล หมู่ฟอสเฟต

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

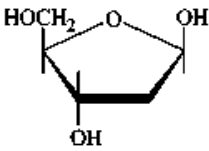
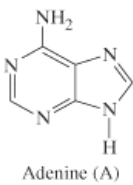
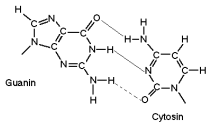
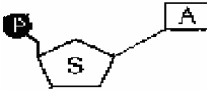
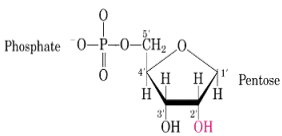
ตารางผนวกที่ ๓0 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพสารพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน(n)
		 Adenine (A)				
✓	✓	✓	✓	✓	✓	4

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพสารพันธุกรรม

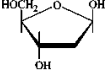
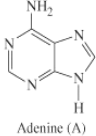
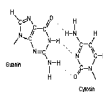
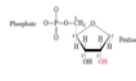
× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ 31 ภาพโครงสร้างสารพันธุกรรม เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนการ
สารพันธุกรรมสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ภาพที่เป็นโครงสร้างโครโมโซม	เหตุผล
ภาพที่ 1 	
ภาพที่ 2 	
ภาพที่ 3  Adenine (A)	
ภาพที่ 4  Guanine Cytosine	เป็นส่วนประกอบของสารพันธุกรรม
ภาพที่ 5 	
ภาพที่ 6  Phosphate Pentose	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ32 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพสารพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน (n)
		 Adenine (A)				
✓	×	×	✓	✓	✓	5
✓	×	✓	✓	✓	✓	4
✓	×	×	×	✓	×	2
✓	×	✓	✓	✓	×	2
✓	✓	×	×	✓	✓	1
✓	×	×	✓	×	✓	1
✓	✓	✓	×	✓	✓	1
✓	✓	✓	✓	×	✓	1
×	✓	×	✓	×	✓	1
✓	×	×	✓	✓	×	1

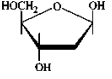
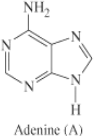
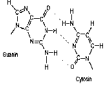
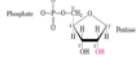
หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพสารพันธุกรรม

×

หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ33 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุภาพสารพันธุกรรม คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4	ภาพที่ 5	ภาพที่ 6	จำนวน (n)
		 Adenine (A)	 Guanine (G) Cytosine (C)		 Phosphate Sugar A	
X	X	X	X	X	X	2

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวเป็นภาพสารพันธุกรรม

X หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุภาพดังกล่าวไม่เป็นภาพสารพันธุกรรม

2. โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะไรบ้าง

ตารางผนวกที่ จ34 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “โครงสร้างของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะไรบ้าง”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	- นักเรียนเตรียมทหารอธิบายว่า โครงสร้างของสารพันธุกรรม ประกอบด้วย เบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- โครงสร้างของสารพันธุกรรม เป็นนิวคลีอิก หรือโครโมโซม หรืออื่น
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)	- นักเรียนเตรียมทหารอธิบายว่าโครงสร้างของสารพันธุกรรม เป็น ออกซิเจน หรือหมู่อะมิโน หรือคาร์บอน เบส หมู่ฟอสเฟต

3. ท่านคิดว่าสารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร

ตารางผนวกที่ จ35 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านคิดว่าสารพันธุกรรมมีหน้าที่อย่างไร”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- สารพันธุกรรมทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)	- สารพันธุกรรม ช่วยให้การเจริญเติบโตสมบูรณ์ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - ควบคุมการถ่ายทอดทางพันธุกรรม มีหน้าที่ในการจับตัวกัน ทำให้ได้พันธุกรรมที่ถูกต้อง

4. ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร

ตารางผนวกที่ จ36 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน สารพันธุกรรมคืออะไร”

ประเภทแนวคิด	คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU)	- สารที่ควบคุมการถ่ายทอดพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต - สารที่ถ่ายทอดสืบทอดลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้เห็นออกมา - สารที่ควบคุมพันธุกรรมของมนุษย์ พืช หรือสัตว์ ที่เป็นลักษณะของสิ่งนั้นๆโดยเฉพาะ - สิ่งที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นหนึ่ง ประกอบด้วย DNA RNA จะอยู่บนยีนและจะแสดงผลออกมาเป็นลักษณะต่างๆของมนุษย์ในปัจจุบัน เช่น สูง ขาว ลึกซึ้ง - โครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายบันไดลิง โดยมี เบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ
คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน/คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU/SM)	- ลักษณะเฉพาะของร่างกายแต่ละคน รวมไปถึงการทำงานของระบบร่างกายที่ได้รับการถ่ายทอดมา

ชุดที่ 4 ลักษณะทางพันธุกรรม

1. ให้ท่านจำแนกลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง
ลักษณะทางพันธุกรรม ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม หรือไม่แน่ใจ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน
จากนั้นเขียนบอกเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจลงในตาราง

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ37 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ธาลัสซีเมีย	โรคเอดส์	ลักยิ้ม	สีขนแมว	สุนัขตัดหาง	ขาแดง	กุหลาบเหี่ยว	จำนวน(n)
✓	×	✓	✓	×	✓	×	15

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ จ38 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 15)

ลักษณะทางพันธุกรรม	เหตุผล
1. ธาลัสซีเมีย	ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่น หนึ่งไปสู่ อีกรุ่นหนึ่งได้ ลักษณะพันธุกรรมเป็นลักษณะที่เกิด จากยีน ลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะพันธุกรรม เป็นลักษณะที่เกิด จากสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียว
2. โรคเอดส์	
3. ลักยิ้ม	
4. สีขนแมว	
5. สุนัขตัดหาง	
6. ขาแดง	
7. กุหลาบเหี่ยว	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ39 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน

ธาลัสซีเมีย	โรคเอดส์	ลักยิ้ม	สีขนแมว	สุนัขตัดหาง	ขาแดง	กุหลาบเหี่ยว	จำนวน (n)
✓	×	✓	✓	×	✓	×	4

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ จ40 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (n = 4)

ลักษณะทางพันธุกรรม	เหตุผล
1. ธาลัสซีเมีย	ไม่ให้เกิดผลประกอบ
2. โรคเอดส์	
3. ลักยิ้ม	
4. สีขนแมว	
5. สุนัขตัดหาง	
6. ขาแดง	
7. กุหลาบเหี่ยว	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ41 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

ธาลัสซีเมีย	โรคเอดส์	ลักยิ้ม	สีขนแมว	สุนัขตัดหาง	ชบาแดง	กุหลาบเหี่ยว	จำนวน (n)
×	×	✓	✓	×	✓	×	3
✓	✓	✓	✓	×	✓	×	3
×	✓	✓	✓	✓	✓	×	1
×	✓	✓	✓	×	✓	✓	1
✓	×	✓	✓	×	✓	✓	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

×

 หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ จ42 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (n = 9)

ลักษณะทางพันธุกรรม	เหตุผล
1. ธาลัสซีเมีย	- ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น ลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลัง
2. โรคเอดส์	
3. ลักยิ้ม	
4. สีขนแมว	- ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยโครโมโซม
5. สุนัขตัดหาง	ลักษณะที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจาก
6. ชบาแดง	สิ่งแวดล้อม
7. กุหลาบเหี่ยว	

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจ (NU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ43 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ ($n = 1$)

ธาลัสซีเมีย	โรคเอดส์	ลักยิ้ม	สีขนแมว	สุนัขตัดหาง	ขบาแดง	กุหลาบเหี่ยว	จำนวน(n)
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางผนวกที่ จ44 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุลักษณะทางพันธุกรรม
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน($n = 9$)

ลักษณะทางพันธุกรรม	เหตุผล
1. ธาลัสซีเมีย	ไม่ให้เหตุผลประกอบ
2. โรคเอดส์	
3. ลักยิ้ม	
4. สีขนแมว	
5. สุนัขตัดหาง	
6. ขบาแดง	
7. กุหลาบเหี่ยว	

ชุดที่ 5 จีโนไทป์และฟีโนไทป์

1. ให้ท่าน ระบุว่าตัวอย่างที่กำหนดให้ เป็นจีโนไทป์ หรือ ฟีโนไทป์ หรือไม่แน่ใจ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ที่ตรงกับความเข้าใจของท่าน พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
2. ตามความเข้าใจของท่าน จีโนไทป์ คืออะไร
3. ตามความเข้าใจของท่าน ฟีโนไทป์ คืออะไร

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ45 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

โครโมโซมกำหนดเพศ คือ XX XY	ยีนควบคุมหมู่เลือด A คือ $I^A I^A$	หมู่เลือกระบบ ABO คือ A B AB O	รูปแบบยีน AA Aa aa	จำนวน (n)
✓	✓	×	✓	2

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุตัวอย่างดังกล่าวเป็นจีโนไทป์

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุตัวอย่างดังกล่าวเป็นฟีโนไทป์

ตารางผนวกที่ จ46 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 2)

ประเภท	เหตุผล
จีโนไทป์	รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม
ฟีโนไทป์	รูปแบบของลักษณะทางพันธุกรรม ที่ปรากฏให้เห็นหรือสามารถตรวจสอบได้

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ47 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

โครโมโซมกำหนดเพศ คือ XX XY	ยีนคุมหมู่เลือด A คือ I ^A I ^A	หมู่เลือดระบบ ABO คือ A B AB O	รูปแบบยีน AA Aa aa	จำนวน (n)
×	✓	×	✓	6
×	✓	✓	✓	4
✓	✓	×	×	3
×	✓	✓	×	3
✓	×	×	✓	2
✓	×	✓	✓	2
✓	✓	✓	×	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุตัวอย่างดังกล่าวเป็นจีโนไทป์

×

 หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุตัวอย่างดังกล่าวเป็นฟีโนไทป์

ตารางผนวกที่ จ48 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน(n = 21)

ประเภท	เหตุผล
จีโนไทป์	รูปแบบการจับคู่ของยีน ยีนที่มีการกำหนดเด่น-ด้อย ลักษณะทางพันธุกรรมที่อยู่ภายใน จะแสดงออกมาทาง phenotype เช่น TT Tt แสดงลักษณะเด่นสูง tt แสดงลักษณะเด่นเตี้ย ลักษณะของยีนที่ไม่แสดงออกแต่มีอยู่ในร่างกาย คือรูปแบบของยีน ซึ่งจะอยู่ข้างใน ไม่ใช่สิ่งที่แสดงออกมา การเรียงจับคู่ของโครโมโซมในลักษณะต่างๆ เช่น AA Aa aa เป็นต้น เป็นลักษณะโครงสร้างภายใน อย่างเช่น TT Tt tt ตัวยีน ควบคุมลักษณะต่างๆในสิ่งมีชีวิต คือลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนเป็นลักษณะภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต ลักษณะพันธุกรรมที่ไม่แสดงออก

ตารางผนวกที่ จ48 (ต่อ)

ประเภท	เหตุผล
ฟีโนไทป์	- ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกมาสามารถมองเห็นชัดเจน - ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏออกมาให้เห็น - ลักษณะที่แสดงออกมาของคน - สิ่งที่แสดงออกมาภายนอก เช่น มีลักยิ้ม - ลักษณะเด่น ค้อยที่แฝงออกมา ใช้ในการคำนวณหา genotype - ลักษณะที่แสดงออกมาทางร่างกายของสิ่งมีชีวิต - ลักษณะทางพันธุกรรมแฝง

คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารที่ไม่เข้าใจ (NU) มีดังนี้

ตารางผนวกที่ จ49 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบบจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์

โครโมโซมกำหนดเพศ คือ XX XY	ยีนคุมหมู่เลือด A คือ I ^A I ^A	หมู่เลือดระบบ ABO คือ A B AB O	รูปแบบยีน AA Aa aa	จำนวน (n)
✓	✓	✓	✓	2
×	×	×	×	3

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบบตัวอย่างดังกล่าวเป็นจีโนไทป์

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบบตัวอย่างดังกล่าวเป็นฟีโนไทป์

ตารางผนวกที่ จ50 ประเภท เหตุผลของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบบจีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอดคล้องกับเกณฑ์ไม่เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ (n = 5)

ประเภท	เหตุผล
จีโนไทป์	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
ฟีโนไทป์	- ไม่แน่ใจ

ชุดที่ 6 ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. พันธุ์ประวัติที่ 1 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม (เชิงผมรูปหัวใจ)
เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางผนวกที่ จ51 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณาพันธุ์ประวัติที่ 1

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	จากการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ที่เป็น dominant heterozygous และมีรุ่นลูกที่เป็น recessive homozygous
แนวคิดวิทยาศาสตร์ บางส่วน(PU)	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	-พิจารณาจากพันธุ์ประวัติ

ตารางผนวกที่ จ51 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์ บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	ยีนด้อยบนโครโมโซม x	X^c	X^cX^c X^cY	X^CX^C X^CX^c X^CY	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	X^C	X^CX^C X^CX^c X^CY	X^cX^c X^cY	- พิจารณาจากพันธุประวัติ
แนวคิดคลาดเคลื่อนจาก แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM)	ยีนด้อยบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุประวัติ
ไม่เข้าใจ(NU)	ไม่เขียนตอบ	ไม่เขียนตอบ	ไม่เขียนตอบ	ไม่เขียนตอบ	ไม่ให้เหตุผลประกอบ

2. พันธุ์ประวัติที่ 2 ลักษณะใบหน้ารูปเหลี่ยม
เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย

ตารางผนวกที่ 52 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณาพันธุ์ประวัติที่ 2

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	พิจารณาจากการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)	ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุ์ประวัติ

ตารางผนวกที่ จ52 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ - พิจารณาจากพันธุประวัติ
	ยีนด้อยบนโครโมโซม x	X ^c	X ^c X ^c X ^c Y	X ^C X ^C X ^C X ^C X ^C Y	
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	X ^C	X ^C X ^C X ^C X ^C X ^C Y	X ^c X ^c X ^c Y	
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	

3. พันธุ์ประวัติที่ 3 โรคกล้ามเนื้อเนื้อแขนขาเสื่อม(Duchenne Muscular Dystrophy)
เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

ตารางผนวกที่ 53 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณาพันธุ์ประวัติที่ 3

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	ยีนด้อยบนโครโมโซม X	X^c	X^cX^c X^cY	X^CX^C X^CX^c X^cY	พิจารณาจากการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)	ยีนด้อยบนโครโมโซม X	X^c	X^cX^c X^cX^c X^cY	X^cX^c X^cY	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม X	X^c	X^cX^c X^cY	X^cX^c X^cX^c X^cY	-พิจารณาจากพันธุ์ประวัติ

ตารางผนวกที่ ๑53 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุประวัติ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนด้อยบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุประวัติ

4. พันธุ์ประวัติที่ 4 โรคกระดูกอ่อนแอที่เกิดจากภาวะพร่องฟอสเฟต (Hypophosphatemic rickets)
เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X

ตารางผนวกที่ ๖54 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากการพิจารณาพันธุ์ประวัติที่ 4

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	ยีนเด่นบนโครโมโซม X	X^C	$X^C X^C$ $X^C X^C$ $X^C Y$	$X^c X^c$ $X^c Y$	พิจารณาจากการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน(PU)	ยีนด้อยบนโครโมโซม X	X^c	$X^C X^C$ $X^C X^C$ $X^C Y$	$X^c X^c$ $X^c Y$	-ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม X	X^c	$X^C X^c$ $X^c Y$	$X^C X^C$ $X^C X^c$ $X^c Y$	- พิจารณาจากพันธุ์ประวัติ

ตารางผนวกที่ ๑54 (ต่อ)

ประเภทแนวคิด	การระบุรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะ	ยีน	จีโนไทป์ของผู้ที่แสดงลักษณะ	จีโนไทป์ของผู้ที่ไม่แสดงลักษณะ	เหตุผลที่ใช้พิจารณา
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	ยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย	A (ตัวพิมพ์ใหญ่)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุประวัติ
	ยีนเด่นบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- ไม่ให้เหตุผลประกอบ
	ยีนด้อยบนโครโมโซม x	a (ตัวพิมพ์เล็ก)	aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	AA Aa (หรืออาจเป็นตัวอักษรอื่น)	- พิจารณาจากพันธุประวัติ

5. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

ตารางผนวกที่ จ55 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
ยีนที่แสดงออก	18
ยีนที่แสดงออกถึงลักษณะออกมาแต่เข้าคู่กับยีนด้อย	7
ยีนที่ควบคุมลักษณะเด่นของร่างกาย	3

6. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร

ตารางผนวกที่ จ56 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซมร่างกาย คืออะไร”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
ยีนที่ไม่แสดงออกเมื่อไปเข้าคู่กับยีนเด่น จะแสดงออกเมื่อยีนด้อยเข้าคู่กันเอง	13
ยีนที่ไม่แสดงออก	12
ยีนที่มีอัตราส่วนในการแสดงออกน้อยเมื่อเทียบกับยีนเด่น	5

7. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร

ตารางผนวกที่ จ57 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน ยีนเด่น บนโครโมโซม X คืออะไร”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
ยีนที่แสดงออกถ่ายทอดออกมา	10
ยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆบนโครโมโซม x เมื่อไปรวมกับยีนอีกตัวบนโครโมโซม x ก็สามารถแสดงลักษณะได้เสมอ	9
ยีนที่แสดงพันธุกรรมไม่เด่นชัด	5
เป็นยีนเด่นอยู่ในร่างกายของหญิงและชาย แต่อยู่บนโครโมโซม x	3
เป็นลักษณะเด่นสามารถเกิดได้ในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย	1

8. ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซม x คืออะไร

ตารางผนวกที่ จ58 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ตามความเข้าใจของท่าน ยีนด้อย บนโครโมโซม X คืออะไร”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
เป็นยีนด้อยบนโครโมโซม X ที่ไม่แสดงลักษณะออกหากมีเพียงยีนเดียว แต่จะแสดงเมื่อมียีน 2 ยีน สำหรับเพศหญิงถ้ามียีนด้อยบนโครโมโซม x ก็จะเป็นพาหะ	12
ยีนที่ไม่ถ่ายทอด	8
ยีนที่ไม่แสดงผลทางโครโมโซม x	4
ยีนที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมเพศ แบ่งเป็นชายหญิง	2
ยีนควบคุมลักษณะด้อย เกิดในเพศชายมากกว่าเพศหญิง	2

9. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อย

ตารางผนวกที่ จ59 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น หรือลักษณะด้อย”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
ลักษณะที่แสดงออกมาเป็นลักษณะเด่น ลักษณะที่ถูกข่มไว้เป็นลักษณะด้อย	9
ลักษณะที่มีอัตราส่วนของการแสดงออกมากกว่าเป็นลักษณะเด่น	8
ลักษณะเด่นสามารถแสดงออกมาได้แม้เพียงยีนเดียว แต่ลักษณะด้อยต้องมี 2 ยีนเข้าคู่กัน	7
ลักษณะเด่นมักเป็นลักษณะที่ดี และลักษณะด้อยมักเป็นลักษณะที่ไม่ดี	3
ไม่ตอบ	1

10. ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X

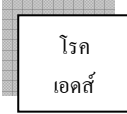
ตารางผนวกที่ จ60 ประเภทคำตอบของนักเรียนเตรียมทหาร จากคำถาม “ท่านมีวิธีการอย่างไรในการพิจารณาว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยโครโมโซมร่างกาย หรือลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X”

ประเภทคำตอบ	จำนวน (n)
พิจารณาจากเพศที่ถูกถ่ายทอดและการถ่ายทอด	15
พิจารณาจากโอกาสที่เกิดขึ้นในเพศชายและเพศหญิง	10
พิจารณาจากโจทย์ว่าให้เพศมาหรือไม่	1
พิจารณาที่ยีนที่ควบคุมพันธุกรรมบนโครโมโซม	1
ไม่ตอบ	1

ชุดที่ 7 มิวเทชันและการแปรผันทางพันธุกรรม

1. ให้ท่านระบุว่าภาพที่กำหนดให้ เป็นมิวเทชันหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน O หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล
2. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชัน คืออะไร
3. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชันกับการแปรผันทางพันธุกรรม มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่อย่างไร
4. ตามความเข้าใจของท่าน มิวเทชันกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร

ตารางผนวกที่ จ61 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกระบุตัวอย่างที่เป็นมิวเทชัน สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

รอยหยักเชิงผม	สันเท้าแตก	วงปี	เต่า 2 หัว	ปลาไหลเผือก	โรคเอดส์	จำนวน (n)
						
✓	×	×	✓	✓	×	2

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวเป็นมิวเทชัน

× หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกระบุลักษณะดังกล่าวไม่เป็นมิวเทชัน

ตารางผนวกที่ จ62 ประเภท จำนวน ของนักเรียนเตรียมทหารที่เลือกกระบวนตัวอย่างที่เป็น มิวเทชั่น
สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน

รอยหยักเชิงผม	สันเท้าแตก	วงปี	เต่า 2 หัว	ปลาไหลเผือก	โรคเอดส์	จำนวน (n)
						
×	×	×	✓	✓	×	12
×	×	×	✓	×	×	4
×	×	×	✓	×	×	4
✓	×	×	✓	×	×	2
×	×	×	✓	✓	✓	2
×	×	×	×	✓	✓	1
×	×	✓	×	✓	×	1
✓	×	×	✓	✓	✓	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกกระบวนลักษณะดังกล่าวเป็นมิวเทชั่น

×

หมายถึง นักเรียนเตรียมทหารเลือกกระบวนลักษณะดังกล่าวไม่เป็นมิวเทชั่น

ตารางผนวกที่ จ63 ประเภทแนวคิด คำตอบของนักเรียนเตรียมทหารเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องมิวเท้น

ประเภทแนวคิด	การระบุตัวอย่างที่เป็นมิวเท้น	ตามความเข้าใจของท่าน มิวเท้นหมายถึงอะไร	ตามความเข้าใจของท่าน มิวเท้น กับการแปรผันทางพันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร	ตามความเข้าใจของท่าน มิวเท้น กับการถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์	มิวเท้นเป็นการกลายพันธุ์	ผลทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม	ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน	มิวเท้นเป็นการกลายพันธุ์	ไม่ทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม	ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
		มิวเท้นเป็นการกลายพันธุ์	ไม่ทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม	ไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวจิตตินันท์ สาตะนิมิ
เกิดวันที่	22 สิงหาคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ศึกษาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ช่วยสอน กองวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนการศึกษา โรงเรียนเตรียมทหาร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเตรียมทหาร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	- ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - ทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์