ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวพัชรมัย นิ่มละออ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING CONTEXT-BASED LEARNING APPROACH ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN BIOLOGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Patcharamai Nimlaor

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวพัชรมัย นิ่มละออ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

พัชรมัย นิ่มละออ : ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF USING CONTEXT-BASED LEARNING APPROACH ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN BIOLOGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. สกลรัชต์ แก้วดี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.รสริน พลวัฒน์, 163 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มวัดผลหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และ(2) เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ประชากร คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 84 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน จำนวน 39 คน และกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบทั่วไป จำนวน 45 คน การวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

2. นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5883427127 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: CONCEPTUAL UNDERSTANDING / CONTEXT-BASED LEARNING APPROACH

PATCHARAMAI NIMLAOR: EFFECTS OF USING CONTEXT-BASED LEARNING APPROACH ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN BIOLOGY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAKOLRAT KAEWDEE, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. ROSSARIN POLLAWATN, Ph.D., 163 pp.

This research was posttest two-group quasi-experimental design, aimed to (1) analyze students' conceptual understanding in biology after learning through context-based learning approach, and (2) compare students' conceptual understanding in biology between group learning through context-based learning approach and group that learning through conventional method. The research population was upper secondary school students of large schools in Bangkok. The samples were 84 eleventh grade students. Thirty-nine students in one classroom were randomly assigned to the experimental group and given lessons based on context-based learning approach. Fourty-five students in another classroom were randomely chosen to the compared group and given lessons based on conventional teaching method. Research duration was in the second semester of the academic year 2016. The research instruments were conceptual understanding tests. The collected data was analyzed by means of arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1) The experimental group's percentage mean scores of students' conceptual understanding in biology was rated at pass level.

2) Students in both experimental and control group's mean scores of students' conceptual understanding in biology showed no significant difference.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Field of Study:	Science Education	Co-Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลือจาก อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ด้วยการอบรมสั่งสอน ถามไถ่ กวดขัน รวมถึงการให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการทำวิจัยและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องเหมาะสมและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นที่มาแห่งความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารตลอดจนคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่คอยให้ความช่วยเหลือ กำลังใจและชี้แนะสิ่งต่าง ๆ ให้ข้าพเจ้าตลอดการทำวิจัย และที่ขาดไม่ได้ขอขอบคุณนักเรียนโรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์ ที่ให้ความรัก ความห่วงใยและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่น สควค. รุ่นพี่และรุ่นน้องการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่คอยช่วยให้กำลังใจ คอยผลักดันให้มีกำลังใจในการก้าวต่อไปข้างหน้าและมอบความทรงจำดี ๆ ให้แก่กัน รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นระดับปริญญาตรีและระดับมัธยมที่ให้การช่วยเหลือในเวลาที่ต้องการเสมอโดยไม่เคยปฏิเสธและให้กำลังใจดี ๆ ตลอดมา

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่น้องของข้าพเจ้าที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจและเฝ้าดูความสำเร็จของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้มอบทุนการศึกษาโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ตลอดระยะเวลา 2 ปี แก่ข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้าสามารถศึกษาเล่าเรียนได้อย่างราบรื่น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญแผนภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

คำถามการวิจัย 4

วัตถุประสงค์การวิจัย 4

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 5

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ 8

1.1 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา 8

1.2 ความสำคัญและความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ 10

1.3 วิธีการและตัวอย่างเครื่องมือในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ 15

2. แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 22

2.1 ความหมายและความสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 22

2.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 24

2.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 25

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

4. กรอบแนวคิดการวิจัย 43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
1. รูปแบบการวิจัย 44
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 58
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 76
รายการอ้างอิง 83
ภาคผนวก 84
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 85
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 87
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 99
ภาคผนวก ง มโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รอง 153
ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 157
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 163

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ 13

ตารางที่ 2 เครื่องมือในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจ 21

ตารางที่ 3 ลักษณะและความสำคัญ และตัวอย่างของบริบทในแต่ละด้าน 25

ตารางที่ 4 บริบท ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และลำดับการใช้หลักการออกแบบ 37

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของกลุ่มตัวอย่าง 46

ตารางที่ 6 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 47

ตารางที่ 7 ขั้นตอนการสอน บริบทและลำดับหลักการสอน 48

ตารางที่ 8 จำนวนข้อคำถามจำแนกตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ 54

ตารางที่ 9 เกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) 56

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample t-test) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 60

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และระดับผลการเรียนของพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองจำแนกตามหน่วยการเรียนรู้ 61

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ของความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน 72

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจ มโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียน 73

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของนักเรียนในกลุ่มทดลอง (n=39) และกลุ่มเปรียบเทียบ (n=45) ที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่าง ๆ ตามเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียน..... 74

ตารางที่ 15 รายละเอียดมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รองเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต 160

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน..... 164

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวชี้วัดของความเข้าใจมโนทัศน์ (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ..... 165

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI)..... 166

ตารางที่ 19 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) และค่าอำนาจจำแนก (Cronbach's alpha) 166

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนภาพเวนน์ 16

แผนภาพที่ 2 ผังมโนทัศน์ฮีโมโกลบินและพิษที่เกิดจากคาร์บอนมอนอกไซด์ (Schönborn and Anderson (2008) 18

แผนภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างบริบทที่เลือกใช้และมโนทัศน์ที่ต้องการสอน (De Jong, 2006) 27

แผนภาพที่ 4 ลำดับการนำเสนอบริบทและมโนทัศน์ในแต่ละรูปแบบแนวคิดการเรียนรู้ (De Jong, 2006) 28

แผนภาพที่ 5 ขั้นตอนการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาชีววิทยา (Wieringa et al., 2011) 30

แผนภาพที่ 6 ผังมโนทัศน์อ้างอิง (Ummels et al., 2015) PH1-4 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง CR1-4 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์ BI1-2 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชีวสังเคราะห์ EN1-5 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน 32

แผนภาพที่ 7 ผังมโนทัศน์เริ่มต้น (Ummels et al., 2015) 33

แผนภาพที่ 8 ภาพกราฟิกแสดงบทบาทของผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อม (หน้าสุด) ที่ต้องจัดการกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตอาหารโปรตีน และผู้ประกอบอาชีพอื่นที่เกี่ยวข้อง (ด้านหลัง) เรียงจากด้านซ้ายไปขวา คือ ผู้วิจัยทางด้านการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกพืช เกษตรกรผู้เลี้ยงวัว และผู้บริโภค 34

แผนภาพที่ 9 ภาพกราฟิกแสดงการดูดซับและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตอาหารโปรตีน 35

แผนภาพที่ 10 ภาพกราฟิกแสดงเซลล์สัตว์ (ด้านซ้าย) เซลล์พืช (ด้านขวา) ไมโทคอนเดรีย (ตรงกลางด้านบน) และคลอโรพลาสต์ (ตรงกลางด้านล่าง) 35

แผนภาพที่ 11 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มและวัดหลังการทดลอง 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภาพที่ 12 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ 63

แผนภาพที่ 13 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ 65

แผนภาพที่ 14 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้เป็นส่วนใหญ่ 67

แผนภาพที่ 15 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย 68

แผนภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้ 70

แผนภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ในอดีตการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพึ่งพาปัจจัยที่ทำให้ประเทศมีความได้เปรียบนานาประเทศ คือ ปัจจัยทางด้านแรงงานและทรัพยากรทางธรรมชาติ แต่จากการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้เอื้อให้ประเทศไทยคงความได้เปรียบจากประเทศอื่น ๆ อีกต่อไป (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) เหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากกำลังแรงงานของไทยที่ลดลง เพราะกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2559) และต้นทุนค่าจ้างแรงงานที่สูงมากขึ้นเมื่อเทียบกับอดีต และเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านในปัจจุบัน รวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติที่ลดน้อยลง อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงประเทศต่าง ๆ ที่มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจสูง เช่น เกาหลีใต้ สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น พบว่า ประเทศเหล่านี้ต่างลดการพึ่งพาปัจจัยทางด้านแรงงานและทรัพยากรทางธรรมชาติ และหันไปพึ่งพาปัจจัยทางด้านความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงและขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมโลกในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อพัฒนาประเทศให้มีความได้เปรียบทางเศรษฐกิจและก้าวทันความเปลี่ยนแปลงของโลก ประเทศไทยจึงหันมาให้ความสำคัญและมุ่งพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาแห่งชาติฉบับที่ 12 ได้ระบุไว้ว่า “เพื่อให้ประเทศไทยพัฒนาเข้าสู่สังคมนวัตกรรมและเตรียมการก้าวสู่ประเทศรายได้สูงในอนาคต แนวทางการพัฒนาในช่วงระยะเวลา 5 ปี จะต้องให้ความสำคัญกับการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลงานวิจัยและพัฒนา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์” (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) และในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้านั้นปัจจัยแรกที่ต้องให้ความสำคัญคือการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555)

การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทยและนานาประเทศต่างก็มีเป้าหมายที่สำคัญตรงกัน คือ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) (Nelson, 1999; สุนีย์ คล้ายนิล, 2555) เพราะบุคคลเหล่านี้มีความสามารถที่เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยพัฒนาและผลักดันให้ประเทศมีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไปได้ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555) บุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ตระหนักถึงความสำคัญและความเกี่ยวข้องกันระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ มีความรู้และความเข้าใจต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถตัดสินใจโดยอาศัยมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตนเองและสังคมอย่างมีความรับผิดชอบได้ (American Association for the Advancement of Science, 1993) เมื่อพิจารณาลักษณะของบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่าเกี่ยวข้องกับการรู้และความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นพื้นฐานสำหรับการรู้วิทยาศาสตร์ (Klymkowsky, Garvin-Doxas, & Zeilik, 2003) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือการส่งเสริมให้บุคคลมีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้บุคคลมีการรู้วิทยาศาสตร์นั่นเอง

ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกันและสามารถประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ความเข้าใจมโนทัศน์ทำให้บุคคลมีลักษณะอย่างผู้เชี่ยวชาญ กล่าวคือ เมื่อต้องเผชิญหน้ากับข้อมูลใหม่ ๆ ที่ไม่เคยประสบมาก่อน จะมองเห็นรูปแบบ ความสัมพันธ์ หรือความขัดแย้งในข้อมูลเหล่านั้น ทำให้เลือกที่จะสนใจและจดจำเฉพาะข้อมูลที่สำคัญจำเป็นจากข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่อย่างมหาศาล และนำข้อมูลนั้นไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การมีความเข้าใจมโนทัศน์ยังช่วยให้บุคคลสามารถเลือกใช้วิธีการ ที่หลากหลาย ในการรับมือกับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างยืดหยุ่นอีกด้วย ส่วนบุคคลที่ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์จะมองไม่เห็นรูปแบบ ความสัมพันธ์ หรือความขัดแย้งของข้อมูลใหม่ ๆ ได้ และอาจรับมือข้อมูลใหม่เหล่านั้นโดยพยายามจดจำข้อมูลเหล่านั้นทั้งหมด (Bransford, Brown, & Cocking, 2000) จึงอาจกล่าวได้ว่าความเข้าใจมโนทัศน์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนของนักเรียนและควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ เพราะเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์จะทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์สิ่งที่ตนเรียนไปใช้รับมือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและดียิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) แม้ว่าในการประเมิน PISA ไม่ได้มุ่งเน้นการประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ แต่ระดับสมรรถนะของนักเรียนในการประเมิน PISA สามารถชี้ให้เห็นถึงความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนได้ ระดับสมรรถนะของ PISA บ่งบอกถึงความสามารถในการใช้แนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและซับซ้อน ซึ่งนั่นก็คือส่วนหนึ่งของความเข้าใจมโนทัศน์นั่นเอง จากผลการประเมิน PISA ปี พ.ศ. 2558 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่ 493 คะแนน และที่สำคัญคือสัดส่วนของนักเรียนในกลุ่มที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับต่ำกว่าพื้นฐาน คือไม่สามารถใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์แปลผลข้อมูลและลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน นักเรียนกลุ่มนี้มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 46.7 ของนักเรียนที่เข้ารับการทดสอบทั้งหมด ในขณะที่สัดส่วนของนักเรียนในกลุ่มที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับสูง คือ สามารถใช้แนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและซับซ้อน มีเพียงร้อยละ 0.4 ของนักเรียนที่เข้ารับการทดสอบทั้งหมดเท่านั้น และเมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนหมวด “ระบบของสิ่งมีชีวิต (living

systems)" ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีววิทยาพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 422 คะแนน สัดส่วนของนักเรียนในกลุ่มที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับต่ำกว่าพื้นฐานคิดเป็นร้อยละ 46.0 และสัดส่วนของนักเรียนในกลุ่มที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 0.5 ของนักเรียนที่เข้ารับการทดสอบทั้งหมด (OECD, 2016) จากผลคะแนน PISA ปี 2015 แสดงเห็นได้ว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา

สาเหตุสำคัญบางประการที่ทำให้นักเรียนประสบปัญหาต่อการมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา ประกอบไปด้วย ความเคยชินหรือความรู้เดิมของนักเรียนที่อาจขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ของครูที่ไม่สอดคล้องต่อความต้องการของนักเรียน ทัศนคติต่อการเรียนของนักเรียน ตำราเรียนที่มีเนื้อหาบทเรียนไม่ถูกต้อง รวมทั้งความยาก ความกว้าง ความซับซ้อนและความเป็นนามธรรมของมโนทัศน์ชีววิทยาด้วยเช่นเดียวกัน (Tekkaya, 2002) ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเรื่องที่เรียนเข้ากับความรู้เดิมที่ตนมีได้ (Koba & Tweed, 2009) นักวิชาการหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ชีววิทยาพบว่า มีมโนทัศน์ชีววิทยาจำนวนไม่น้อยที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน เช่น พันธุศาสตร์ ระบบประสาท (Bahar, Johnstone, & Hansell, 1999) วัฏจักรสาร ระบบต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน การหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน การแบ่งเซลล์ ยีนและโครโมโซม (Çimer, 2012) รวมทั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงก็จัดว่าเป็นเรื่องยากของการเรียนชีววิทยาเช่นกัน (Hershey, 2004; Koba & Tweed, 2009) เพราะเป็นมโนทัศน์ที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับมโนทัศน์อื่น ๆ อีกหลายมโนทัศน์ เช่น สิ่งแวดล้อม ชีวเคมี กายวิภาค สรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (Waheed & Lucas, 1992) อีกทั้งเป็นเรื่องที่นักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอีกด้วย (Hershey, 2004; Koba & Tweed, 2009)

ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พบในนักเรียนไทย เช่น นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่านอกจากน้ำตาลแล้ว น้ำ แร่ธาตุและปุ๋ยก็จัดเป็นอาหารของพืชเช่นกัน หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนว่านอกจากพืชจะได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้ว ยังได้รับพลังงานจากดิน น้ำ แร่ธาตุและคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย มากไปกว่านั้นคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว แต่ยังคงไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและการสร้างพลังงาน ATP และยังไม่สามารถอธิบายการทำงานของคลอโรฟิลล์ในการดูดกลืนพลังงานแสงได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม, 2547) นอกจากนี้งานวิจัยต่างประเทศยังพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและพบบ่อย เช่น นักเรียนเข้าใจว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการหายใจของพืชเมื่อมีแสง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส การสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถพบได้เฉพาะในพืชสีเขียวเท่านั้น หรือพืชดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปแล้วเปลี่ยนเป็นแก๊สออกซิเจน เป็นต้น (Tekkaya, 2002)

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง เชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนกับชีวิตประจำวัน และเรียนรู้ชีววิทยาด้วยความสนใจและสนุกสนาน (Tekkaya, 2002; Çimer, 2012) สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (context-based learning approach) มีลักษณะสำคัญ คือ เน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง สร้างความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Seel, 2012) นำบริบทหรือเหตุการณ์เสมือนจริงที่ในชีวิตส่วนตัวของนักเรียน ในสังคมรอบตัวนักเรียน ในการประกอบอาชีพต่าง ๆ และในการปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ มาเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์มโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ในโลกความเป็นจริง (Gilbert, 2006) นอกจากแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์แล้วยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจและทัศนคติที่ดีต่อการเรียนชีววิทยาอีกด้วย (Ummels et al., 2015; Wieringa et al., 2011) จากงานวิจัยของ Kuhn and Müller (2014) ที่จัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานพบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในการเรียนเรื่องอื่นได้ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากตำราแบบดั้งเดิม และ Ummels et al. (2015) รายงานว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนเรียน

จากการศึกษาความสำคัญ ปัญหา แนวคิด และงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำถามการวิจัย

ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีผลต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ เช่น Kuhn and Müller (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและใช้โจทย์ปัญหาจากข่าวหนังสือพิมพ์เป็นบริบทในการจัดการเรียนรู้กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากตำราแบบดั้งเดิม จัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เรื่อง พลังงานสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและใช้โจทย์ปัญหาจากข่าวหนังสือพิมพ์นั้นมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากตำราแบบดั้งเดิม และ Ummels et al. (2015) ได้นำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องการหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสงและชีวสังเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนเรียน อย่างไรก็ตามพัฒนาการของนักเรียนก็ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่คาดหมาย นอกจากนั้น Gutwill-Wise (2001) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เคมีให้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัย 2 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยกรินเนลล์และมหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ โดยเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ที่เรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีสูงกว่านักศึกษาที่เรียนรู้แบบทั่วไป แต่นักศึกษามหาวิทยาลัยกรินเนลล์มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์เคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐาน 2 ข้อ ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนในระดับดีขึ้นไป

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยนี้ ได้แก่

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

2) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง แนวคิดการเรียนรู้ที่จำลองสถานการณ์เสมือนจริงที่พบในการปฏิบัติในชีวิตส่วนตัวของนักเรียน การปฏิบัติทางสังคม การปฏิบัติทางวิชาชีพ หรือการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่นำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมาใช้ในออกแบบการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ใช้หลักการสอนของ Ummels et al. (2015) ประกอบด้วย 4 หลักการ ดังต่อไปนี้

หลักการที่ 1 เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย มีการนำเสนอบริบทร่วมกับมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากชีวิตส่วนตัวหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาก่อนหน้า

หลักการที่ 2 มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก มีการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยกับมโนทัศน์หลักที่ต้องการให้เรียนรู้ และทำให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์หลักอย่างค่อยเป็นค่อยไป

หลักการที่ 3 กระตุ้นให้เชื่อมโยงมโนทัศน์ มีการส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยอื่น ๆ ภายในบริบทเข้าด้วยกัน

หลักการที่ 4 สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท ส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละมโนทัศน์ภายในบริบท

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างใช้โดยทั่วไป ประกอบด้วย 3 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นนำ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจ ทบทวนหรือตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้การถามคำถามหรือนำอภิปราย

2) ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล ลงมือปฏิบัติกิจกรรม หรือทำการทดลองเพื่อค้นหาข้อสรุปหรือความคิดสำคัญของบทเรียน

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นทบทวนกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อสรุปหรือความคิดสำคัญที่นักเรียนเรียนรู้จากกิจกรรม

4. ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกันและสามารถประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ วัดได้จากแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบวัดนี้วัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาตามพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ประการดังนี้

1) การอธิบายมโนทัศน์ สามารถใช้ภาษาของตนเองในการพูดหรือเขียนอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์

2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ สามารถเทียบเคียงหรือเปรียบเปรยมโนทัศน์

3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับวัตถุ เหตุการณ์หรือมโนทัศน์อื่น

4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ สามารถสร้างสิ่งที่เป็นสิ่งแทนของมโนทัศน์

5) การประยุกต์มโนทัศน์ สามารถนำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีรายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์
   1.1 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา
   1.2 ความสำคัญและความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์
   1.3 วิธีการและตัวอย่างเครื่องมือในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์
2. แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
   2.1 ความหมายและความสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
   2.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
   2.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. ความเข้าใจมโนทัศน์

1.1 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา

มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า scientific concept หรือ science concept ในภาษาไทยมีคำอื่นที่ใช้เรียกแตกต่างกันออกไปหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสังกัปวิทยาศาสตร์ เป็นต้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยามมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Joseph D. Novak (1968) ให้นิยามมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็นภาพรวมอย่างกว้าง ๆ เกี่ยวกับบางแง่บางมุมของโลกกายภาพและโลกชีวภาพ เป็นการรวมกันระหว่างข้อเท็จจริงที่แต่ละบุคคลรับรู้กับประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลมีอยู่

Klopfer (1971) กล่าวว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นนามธรรมที่ถูกสังเกตพบในปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่ามีประโยชน์ในการใช้ค้นคว้าเกี่ยวกับโลกธรรมชาติต่อไปในอนาคตและได้มีการตกลงร่วมกันถึงคำจำกัดความที่แน่นอน

Jacobson and Bergman (1980) เสนอว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ความคิดทั่วไปที่เรามีเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวเราและโลกที่เราอาศัยอยู่

Carin (1993) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ การจัดระเบียบสิ่งต่าง ๆ ภายในสมองของมนุษย์โดยอาศัยความเหมือนของวัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโลก

มังกร ทองสุขดี (2522) กล่าวว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ระบบหรือความสัมพันธ์ของข้อเท็จจริงหรือหลักเกณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผล และแสดงถึงความเข้าใจต่อสิ่งต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531) ระบุว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความรู้ความเข้าใจนั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

ประสาท เนืองเฉลิม (2558) ให้นิยามว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ชุดความรู้ใหม่ที่เกิดจากการนำข้อเท็จจริงที่ได้มาจากการสังเกตหรือประสบการณ์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งมาสรุปรวมกันเป็นการรับรู้และความเข้าใจต่อเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล

จากความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้หรือความคิดที่เกิดขึ้นจากการจัดระเบียบสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งถูกสังเกตพบในธรรมชาติภายในสมองของมนุษย์โดยอาศัยเหตุผลเพื่อนำไปใช้ทำความเข้าใจต่อโลก จะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

ชีววิทยามีความหมายในภาษาอังกฤษว่า biology มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำคือคำว่า bios มีความหมายว่า ชีวิต และ logos มีความหมายว่าการศึกษา (Department of Biology of Norwegian University of Science and Technology, n.d.) ดังนั้น biology หรือ ชีววิทยาจึงมีความหมายว่า การศึกษาสิ่งมีชีวิตในด้านต่างๆ ทั้งในด้านโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต สรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (College of Arts and Sciences, n.d.; Department of Biology of Norwegian University of Science and Technology, n.d.; Department of Biology of University of Toronto Mississauga, n.d.; Leonard & Pick, 1998; Miller, Leonard, & Penick, 2010) ชีววิทยาเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่แสวงหาความรู้ความจริงในธรรมชาติโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นกระบวนการในการค้นหาความรู้ความจริงของชีววิทยาย่อมอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกันกับวิทยาศาสตร์ และสิ่งต่าง ๆ ที่ถูกค้นพบ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ความจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎหรือทฤษฎีย่อมมีความหมายไปในแนวทางเดียวกัน ดังนั้นเมื่อพิจารณาความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และความหมายของชีววิทยาแล้วสามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์

ชีววิทยา หมายถึง ความรู้หรือความคิดที่เกิดจากการนำข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาสิ่งมีชีวิตในด้านต่าง ๆ ทั้งในด้านโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต สรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต มาจัดระเบียบขึ้นภายในสมองของมนุษย์โดยอาศัยเหตุผล และจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

1.2 ความสำคัญและความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์

ความเข้าใจมโนทัศน์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ ความรู้ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้จะเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนของนักเรียน อาทิเช่น (1) ส่งเสริมความคงทนในการจำ การมีความเข้าใจมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนจดจำความรู้ได้นาน และแม้ว่าในบางครั้งนักเรียนจะหลงลืมความรู้ไปบ้างก็สามารถฟื้นคืนความรู้นั้นกลับมาได้อย่างรวดเร็ว (2) ส่งเสริมการนำความรู้ไปใช้ การมีความเข้าใจมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ได้ง่าย ไม่ต้องใช้ความพยายามมากนักในการเรียนรู้สิ่งใหม่ (National Research Council, 2001) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้นนั่นเอง (Learning Media for the Ministry of Education, 2009) เพราะนักเรียนมองเห็นความคล้ายคลึงกันระหว่างสถานการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่ตนมีอยู่ (3) ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา การมีความเข้าใจมโนทัศน์ช่วยให้นักเรียนช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่ไม่เคยประสบมาก่อนได้ (Canobi, Reeve, & Pattison, 1998; National Research Council, 2001) รู้ว่าต้องแก้ไขอย่างไรและทำไมจึงต้องทำเช่นนั้น (National Research Council, 2001) เป็นต้น

ความเข้าใจมโนทัศน์ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า conceptual understanding หรืออาจเรียกว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) ความรู้เชิงหลักการ (principled knowledge) (Rittle-Johnson & Schneider, 2014) แนวความคิดหลัก (big idea) (International Baccalaureate Organization, 2012; Learning Media for the Ministry of Education, 2009) จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องมีองค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษานิยามความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ไว้หลายท่าน ดังนี้

National Research Council (2001) ได้ให้นิยามไว้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ หมายถึง การรู้วิธีการบูรณาการความคิดเข้าด้วยกันและการนำความคิดไปใช้ ไม่ใช่แค่การรู้เฉพาะข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

Darmofal, Soderholm, and Brodeur (2002) ให้นิยามว่าความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน

Klymkowsky et al. (2003) อธิบายว่าความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการถ่ายโอนความรู้และความเข้าใจไปสู่ขอบเขตความรู้อื่น

Weerawardhana, Ferry, and Brown (2004) ระบุว่าความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ได้อย่างยืดหยุ่น สามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

W. Grigg, Lauko, and Brockway (2006) ให้ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ไว้ว่า การเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้อธิบายและคาดคะเนสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในธรรมชาติ

Learning Media for the Ministry of Education (2009) ระบุว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ สิ่งที่บุคคลรู้หรือเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

Puk and Stibbards (2011) เสนอว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใด ๆ กับมโนทัศน์อื่น มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง หรือมโนทัศน์ที่จำเป็นต้องมีมาก่อน

Ummels et al. (2015) กล่าวว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถของบุคคลในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์

จากความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกันและสามารถประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมต่าง ๆ หลายพฤติกรรม จากการค้นคว้าพบว่า มีองค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษาระบุพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ไว้หลายท่าน ดังนี้

L. Grigg (2014) กล่าวว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ประกอบด้วยความสามารถ 4 ประการ ได้แก่

1) ระบุคุณลักษณะ (attribute) ที่สำคัญและไม่สำคัญของมโนทัศน์ได้
2) ระบุสิ่งที่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ได้
3) ประยุกต์มโนทัศน์ในสถานการณ์หรือบริบทใหม่ ๆ ได้
4) สร้างข้อสันนิษฐาน โดยใช้มโนทัศน์สนับสนุนได้

National Research Council (2001) ได้ระบุลักษณะของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และใช้ความรู้ในสถานการณ์นั้นได้อย่างเหมาะสม
2) เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

3) บอกความเหมือนและความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์

เช่นเดียวกับ National assessment of educational progress (2003) ที่ระบุความสามารถของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) จดจำ บอกชื่อ และแสดงตัวอย่างของมโนทัศน์

2) ใช้แบบจำลอง แผนผัง แผนภูมิ หรือกราฟในการอธิบายมโนทัศน์

3) ประยุกต์ความรู้หรือหลักการ

4) เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ และบูรณาการมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกัน

Konicek-Moran and Keeley (2015) ระบุว่าความสามารถของนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1) เชื่อมโยงวัตถุหรือเหตุการณ์กับมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

2) นำมโนทัศน์ที่ได้เรียนมาไปใช้ในสถานการณ์อื่น

3) อธิบายมโนทัศน์ด้วยถ้อยคำของตนเอง

4) ใช้คำอุปมาหรืออุปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์

5) สร้างแบบจำลองทางกายภาพหรือแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์

กระทรวงศึกษาธิการแห่งหมู่เกาะเบอร์มิวดา (Ministry of education, 2008) ได้รายงานลักษณะของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1) ใช้มโนทัศน์เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เริ่มจากสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วพัฒนาไปใช้ในสถานการณ์ที่ไม่เคยประสบเป็นลำดับถัดไป

2) แสดงมโนทัศน์ออกมาในรูปของคำ แผนผัง แผนภูมิ และกราฟได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาข้างต้นพบว่านักการศึกษาแต่ละท่านหรือองค์กรทางการศึกษาระบุพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ไว้แตกต่างกันออกไป สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์

นักการศึกษา/องค์กรทางการศึกษา				
L. Grigg (2014)	National Research Council (2001)	National assessment of educational progress (2003)	Konicek-Moran and Keeley (2015)	Ministry of education (2008)
- ระบุคุณลักษณะที่สำคัญและไม่สำคัญของมโนทัศน์, - ยกตัวอย่างมโนทัศน์		- จดจำ บอกชื่อ และ แสดงตัวอย่างของมโนทัศน์	- อธิบายมโนทัศน์ด้วยถ้อยคำของตนเอง	- แสดงมโนทัศน์ออกมาในรูปของคำหรือข้อความ
	- บอกความเหมือนและความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์	- เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์	- ใช้คำอุปมาหรืออุปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์	
	- เชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกัน	- บูรณาการมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกัน	- เชื่อมโยงมโนทัศน์กับเหตุการณ์หรือวัตถุที่เกี่ยวข้อง	
		- ใช้แบบจำลองแผนผัง แผนภูมิ หรือกราฟอธิบายมโนทัศน์	- สร้างแบบจำลองทางกายภาพหรือแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์	- แสดงมโนทัศน์ออกมาในรูปของแผนผัง แผนภูมิ หรือกราฟ
- สร้างข้อสันนิษฐานโดยมีมโนทัศน์สนับสนุน	- ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่	- ประยุกต์ความรู้หรือหลักการ	- ประยุกต์มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่	- ใช้มโนทัศน์อธิบายและคาดคะเนปรากฏการณ์ต่าง ๆ

จากตารางที่ 1 พบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์บางประการมีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ได้ประกอบไปด้วย 5 ประการ ดังนี้

1. การอธิบายมโนทัศน์ นักเรียนสามารถใช้ภาษาของตนเองในการพูดหรือเขียนอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ใด ๆ ได้ ไม่ใช่เป็นเพียงการทวนซ้ำคำพูดของเพื่อน ครู หรือหนังสือตำราเรียน โดยการอธิบายคือการบรรยายรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเผยให้เห็นความจริงอื่นที่เกี่ยวข้อง (Oxford Dictionaries, 2016) ในการอธิบายอาจมีการยกตัวอย่างประกอบคำอธิบายเพื่อทำให้คำอธิบายชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ศรีมงคล เทพเรณู, 2545) ดังนั้นการระบุคุณลักษณะของมโนทัศน์และการยกตัวอย่างมโนทัศน์จึงเป็นส่วนหนึ่งของการอธิบายมโนทัศน์

2. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบระหว่างมโนทัศน์ได้ การเปรียบเทียบมี 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบในลักษณะการเทียบเคียงคือการนำสิ่งต่าง ๆ มาพิจารณาลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกันระหว่าง 2 สิ่งนั้น และ (2) การเปรียบเทียบในลักษณะการเปรียบเปรยคือการนำสิ่งหนึ่งมาเทียบว่าเป็นอีกสิ่งหนึ่งจากลักษณะที่คล้ายคลึงกัน (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2545)

3. การเชื่อมโยงมโนทัศน์ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับวัตถุ เหตุการณ์หรือมโนทัศน์อื่นที่เกี่ยวข้องกันได้ แต่ยังไม่ใช่การนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่เพียงแต่สามารถบอกได้ว่ามโนทัศน์เกี่ยวข้องกับวัตถุ เหตุการณ์ หรือมโนทัศน์อื่นอย่างไร

4. การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ได้ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคือความสามารถในการสร้างสิ่งที่เป็นสิ่งแทนหรือสิ่งที่แสดงถึงมโนทัศน์ได้ โดยแบบจำลองอาจเป็นได้ทั้งแบบแผนความคิดอ่าน แสดงออกมาได้ในรูปของข้อความ ภาพวาด สมการหรือแผนผังเป็นต้น และแบบจำลองทางกายภาพ (Konicek-Moran & Keeley, 2015)

5. การประยุกต์มโนทัศน์ นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ภายในห้องเรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ภายในหรือภายนอกห้องเรียนหรือในรายวิชาอื่น หรือใช้มโนทัศน์ในการอธิบายหรือคาดคะเนปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้นและพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์สามารถสรุปได้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกันและสามารถประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยนักเรียนที่เกิดความเข้าใจมโนทัศน์จะสามารถ (1) อธิบายมโนทัศน์ (2) เปรียบเทียบมโนทัศน์ (3) เชื่อมโยงมโนทัศน์ (4) สร้างแบบจำลองมโนทัศน์ และ (5) ประยุกต์มโนทัศน์

Chulalongkorn University

1.3 วิธีการและตัวอย่างเครื่องมือในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์

ความเข้าใจมโนทัศน์ คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันและสามารถประยุกต์มโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์สามารถ 1) อธิบายมโนทัศน์ 2) เปรียบเทียบมโนทัศน์ 3) เชื่อมโยงมโนทัศน์ 4) สร้างแบบจำลองมโนทัศน์ 5) ประยุกต์มโนทัศน์ การวัดความเข้าใจมโนทัศน์ตามพฤติกรรมข้างต้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 การอธิบายมโนทัศน์

การอธิบายมโนทัศน์ คือ การใช้ภาษาของตนเองในการพูดหรือเขียนอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่ามีวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) การใช้แบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Bishop & Anderson, 1990 cited in Nehm & Reilly, 2007) เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเป็นผู้เขียนอธิบายคำตอบด้วยตนเองทั้งหมด ตัวอย่างแบบทดสอบคำถามปลายเปิดที่วัดการอธิบายมโนทัศน์ เรื่อง การคัดเลือกโดยธรรมชาติ แสดงได้ดังนี้

จงให้นิยามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

.....

.....

.....

2) การสัมภาษณ์ (Smith & Southerland, n.d.) เป็นการถามคำถามแบบตัวต่อตัวระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ ทำให้ผู้สัมภาษณ์สามารถสังเกตพฤติกรรมของผู้ให้สัมภาษณ์ได้จากการแสดงออกทางสีหน้าและท่าทาง และสามารถถามคำถามเพิ่มเติมจากคำตอบของผู้ให้สัมภาษณ์ได้ในระหว่างการสัมภาษณ์

1.3.2 การเปรียบเทียบมโนทัศน์

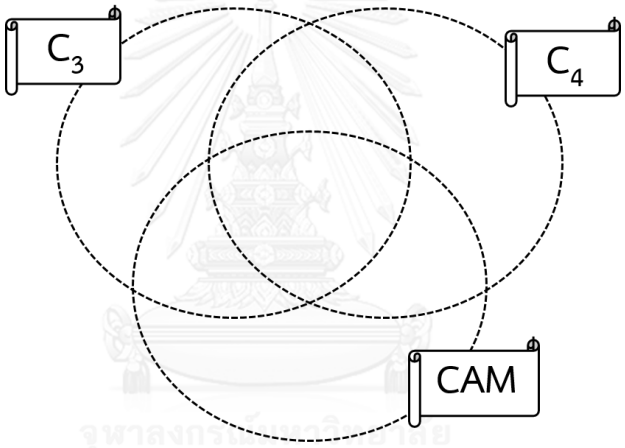
การเปรียบเทียบมโนทัศน์ คือ การเทียบเคียงหรือเปรียบเปรยมโนทัศน์ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่ามีวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) การใช้ผังกราฟิก (graphic organizers) ผังกราฟิกเป็นเครื่องมือในการนำเสนอข้อมูลที่ถูกจัดกระทำแล้วออกมาในรูปแผนภาพ ตัวอย่างผังกราฟิกที่วัดการเปรียบเทียบมโนทัศน์เช่น

(1) เมทริกซ์เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง (Rupley, Nichols, Mraz, & Blair, 2012) เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติหรือลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างมโนทัศน์ เรื่อง สัตว์มีกระดูกสันหลัง แสดงได้ดังนี้

	เลือดอุ่น	เลือดเย็น	อาศัยบนบก	อาศัยในน้ำ	เมตามอร์-ฟอซิส	ปอด
ปลา						
สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ						
สัตว์เลื้อยคลาน						
นก						
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม						

(2) แผนภาพเวนน์ (Gunstone & White, 1986) เป็นแผนภาพที่เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ 2 สิ่งขึ้นไป โดยบริเวณที่ซ้อนทับกัน คือ บริเวณที่ระบุถึงลักษณะที่เหมือนกันและบริเวณที่ไม่ซ้อนทับกันจะระบุถึงลักษณะที่แตกต่างกัน ตัวอย่างแผนภาพเวนน์ที่เปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง พืช C_3 C_4 และ CAM แสดงได้ดังนี้



แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนภาพเวนน์

(3) ตารางเปรียบเทียบ (Colleage board, 2008) เป็นการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ 2 สิ่งภายใต้ประเด็นเดียวกัน ตัวอย่างตารางเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง ออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน และโฟโตฟอสโฟรีเลชัน แสดงได้ดังนี้

จงเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างในกระบวนการสร้าง ATP ต่อไปนี้

1. ออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน (oxidative phosphorylation) ในไมโทคอนเดรีย
2. โฟโตฟอสโฟรีเลชัน (photophosphorylation) ในคลอโรพลาสต์

	ไมโทคอนเดรีย	คลอโรพลาสต์
แหล่งพลังงาน		
ตัวรับอิเล็กตรอน		
แรงขับเคลื่อนโปรตอน		
การสังเคราะห์ ATP		
ตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย		

2) การใช้แบบทดสอบ Miller analogies test (Turner, 1973) เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนพิจารณาระบบความสัมพันธ์ของคำที่กำหนดให้ 2 คำแรก แล้วให้นักเรียนเลือกคำที่ 4 ที่สอดคล้องเป็นระบบสัมพันธ์กันกับ 2 คำแรก โดยเลือกจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ตัวอย่างแบบทดสอบ Miller analogies test แสดงได้ดังนี้

1) นก : ขนนก :: ปลา : _____

(a) ครีบ (c) เหงือก

(b) กรงเล็บ (d) เกล็ด

2) ไมโทซิส : การแบ่งเซลล์ :: ออสโมซิส :_____

(a) การแพร่ (c) การย่อย

(b) ความเข้มข้น (d) การเปลี่ยนแปลง

3) เซลล์ : เนื้อเยื่อ :: เนื้อเยื่อ : _____

(a) ระบบ (c) สิ่งมีชีวิต

(b) อวัยวะ (d) สัตว์ปีก

4) เมล็ด : พืช :: ไข่ : _____

(a) ไข่แดง (c) นก

(b) กะเทาะ (d) เปลือก

3) แบบทดสอบปลายเปิด (Schönborn & Anderson, 2008) เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์เปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างกับมโนทัศน์เป้าหมาย ตัวอย่างแบบทดสอบปลายเปิดเพื่อวัดการเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง ออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน แสดงได้ดังนี้

จงสร้างมโนทัศน์เปรียบเทียบโดยใช้แม่เหล็กที่มีแรงแตกต่างกัน 3 ขนาด และตะปูเหล็กในการสร้างมโนทัศน์เปรียบทียบ เพื่อใช้อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างตัวนำอิเล็กตรอน ในขณะเกิดกระบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน และอธิบายด้วยว่ามโนทัศน์เปรียบเทียบเหมือนหรือแตกต่างจากมโนทัศน์เป้าหมายอย่างไร

1.3.3 การเชื่อมโยงมโนทัศน์

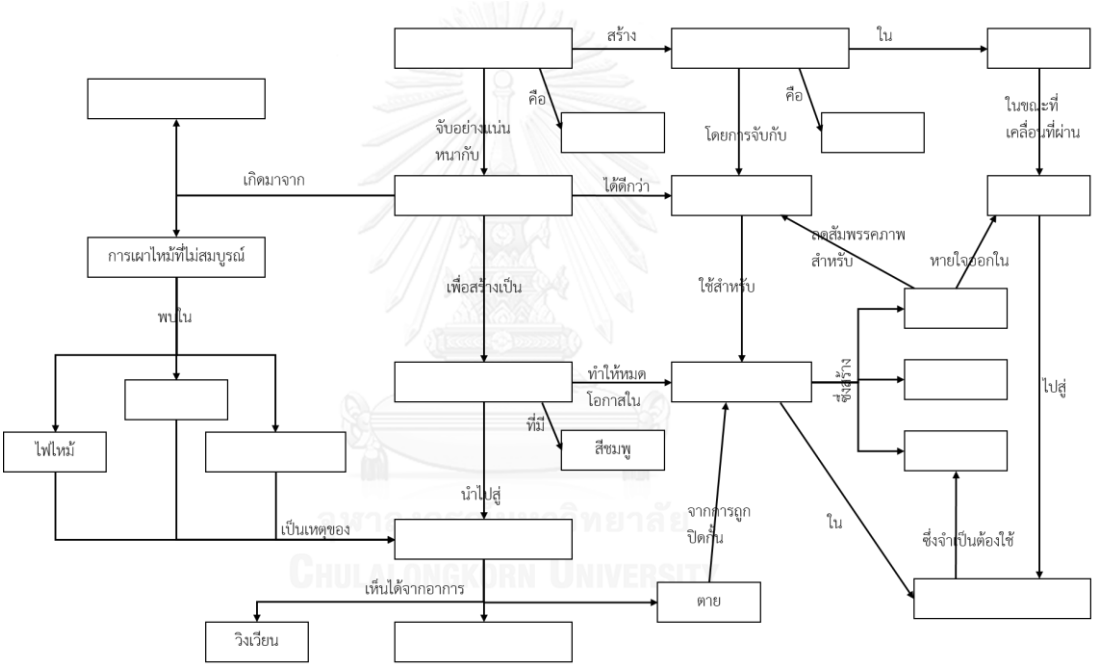
การเชื่อมโยงมโนทัศน์ คือ การเชื่อมโยงมโนทัศน์กับวัตถุ เหตุการณ์หรือมโนทัศน์อื่น จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่ามีวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) ผังมโนทัศน์ จัดเป็นผังกราฟิกชนิดหนึ่ง ตัวอย่างผังโนทัศน์ในวิชาชีวเคมีของ Schönborn and Anderson (2008) ที่วัดการเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่อง พิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ แสดงได้ดังนี้

คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สที่มีอันตรายถึงชีวิต ไม่มีกลิ่น ไม่มีสีและไม่มีรสชาติ บรรยากาศมีคาร์บอนมอนอกไซด์ปะปนอยู่ 0.1 % สามารถทำให้มนุษย์เสียชีวิตได้ภายใน 1 ชั่วโมง เนื่องจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้แน่นกว่าออกซิเจนถึง 220 เท่า

ในปี 2003 ริค มาสท์ นักแข่งรถมืออาชีพต้องถอนตัวจากวงการแข่งรถเนื่องจากมีอาการปวดหัวอย่างรุนแรงและอาการอื่น ๆ เพราะคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษเฉียบพลันและเรื้อรัง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เลือดของชาวอเมริกันพบว่า ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงของคนชนบทที่ไม่สูบบุหรี่จะรวมตัวกับคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.2 – 5 % จากเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ส่วนคนในเมืองที่ไม่สูบบุหรี่จะมีค่านี้ราว 5% และคนในเมืองที่สูบบุหรี่มากจะสูงถึง 9% ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในเลือดจะไม่มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากร่างกายสามารถสร้างคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้นมาได้เองจากกระบวนการสลายฮีมไปเป็นบิลิรูบิน

จงเติมคำตอบที่เหมาะสมที่สุดลงในช่องว่างของผังมโนทัศน์ด้านล่าง



แผนภาพที่ 2 ผังมโนทัศน์ฮีโมโกลบินและพิษที่เกิดจากคาร์บอนมอนอกไซด์ (Schönborn and Anderson (2008)

2) แบบทดสอบแบบถูกผิด (Keeley, Eberle and Farrin cited in Konicek-Moran & Keeley, 2015) เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเลือกตอบสิ่งที่เกี่ยวข้องตามที่โจทย์กำหนด ตัวอย่างแบบทดสอบแบบถูกผิดที่วัดการเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่อง การสะท้อนแสง แสดงได้ดังนี้

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X หน้าสิ่งของหรือวัตถุที่นักเรียนคิดว่าสามารถสะท้อนแสงได้

___น้ำ
___หินสีเทา
___ใบไม้
___กระจก
___หญ้า
___ทราย
___เปลือกมันฝรั่ง
___กระดาษเคลือบมัน
___ซุปมะเขือเทศ
___กระดาษยับย่น
___โลหะเงา
___โลหะด้าน
___แอปเปิ้ลแดง
___กระดาษแข็ง
___ดวงจันทร์
___ตะปูขึ้นสนิม
___ก้อนเมฆ
___ดิน
___ไม้
___นม
___ผ้าปูที่นอน
___เหรียญใหม่
___เหรียญเก่า
___แผ่นฟอยล์อะลูมิเนียมเรียบ

1.3.4 การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์

การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ คือ การสร้างสิ่งที่เป็นสิ่งแทนของมโนทัศน์ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่ามีวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) ภาพวาด (Quillin & Thomas, 2015) เป็นการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ตามความเข้าใจของนักเรียนโดยการใช้ภาพวาด ตัวอย่างเครื่องมือที่แสดงถึงการสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ เรื่อง เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ และการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส แสดงได้ดังนี้

1. จงวาดภาพเซลล์พืชและเซลล์สัตว์พร้อมทั้งระบุความแตกต่าง

2. จงวาดภาพเซลล์ที่มีโครโมโซม 2 ชุด เท่ากับ 8 โครโมโซม (2n = 8) ในระยะเมตาเฟซของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเปรียบเทียบกับระยะเมตาเฟซ I ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1.3.5 การประยุกต์มโนทัศน์

การประยุกต์มโนทัศน์ คือ การนำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่ามีวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) แบบทดสอบ 2 ระดับ (Keeley and Sneider, 2012 cited inKonicek-Moran & Keeley, 2015) เป็นแบบทดสอบที่คำตอบในคำถามแรกเป็นแบบตัวเลือกหลายตัวเลือกและคำถามที่สองเป็นแบบเขียนตอบโดยกำหนดสถานการณ์ให้ ตัวอย่างแบบทดสอบ 2 ระดับที่วัดการประยุกต์มโนทัศน์ เรื่อง แรงโน้มถ่วง แสดงได้ดังนี้

ครูให้นักเรียนจินตนาการว่า ถ้าสมมติให้มนุษย์สามารถเจาะรูทะลุผ่านโลกจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้แล้วดามด้วยท่อเหล็กที่ไม่สามารถถูกทำให้ละลายได้ จากนั้นนักเรียนอภิปรายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้านักเรียนปล่อยก้อนหินลงไปในช่องว่างนั้น นักเรียน 6 คนมีความเห็นดังต่อไปนี้

อลันน่า: ก้อนหินจะตกลงไปในช่องว่างจนกว่าจะกระทบกับบางอย่าง

เนต: ก้อนหินจะตกตรงลงไปด้านล่างแล้วออกมาที่อีกด้านหนึ่งของช่องว่าง

เทซ: ก้อนหินจะตกลงไปด้านล่าง และหลุดออกไปสู่อวกาศ

ทิม: ก้อนหินจะตกลงไปอยู่ใจกลางโลกแล้วหยุดนิ่ง

จีน: ก้อนหินจะตกผ่านใจกลางโลกก่อนที่จะมีความเร็วลดลงและกลับมาที่ใจกลางโลกอีกครั้ง

แฟรงก์: ก้อนหินอาจจะไปติดอยู่ที่ข้างใดข้างหนึ่ง

นักเรียนเห็นด้วยกับใครมากที่สุด_____ เพราะเหตุใด_____

2) แบบทดสอบปลายเปิด (Linnenbrink-Garcia, Pugh, Koskey, & Stewart, 2011) เป็นแบบทดสอบเพื่อทดสอบการใช้มโนทัศน์อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่นักเรียนไม่เคยประสบมาก่อน ตัวอย่างแบบทดสอบปลายเปิดเพื่อวัดมโนทัศน์ เรื่อง การคัดเลือกโดยธรรมชาติ แสดงได้ดังนี้

1. นักวิทยาศาสตร์พบว่ากิ้งก่าที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายจะมีสีน้ำตาลและกิ้งก่าที่อาศัยอยู่ในป่าจะมีสีเขียว นักเรียนจะอธิบายข้อค้นพบนี้ของนักวิทยาศาสตร์ได้ว่าอย่างไร
2. นักเรียนคิดว่าสีของกิ้งก่าเป็นแบบนี้มาตั้งแต่บรรพบุรุษเลยหรือไม่ อย่างไร
3. นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกิ้งก่าสีเขียวถ้าป่ากลายเป็นทะเลทรายเพราะต้นไม้ถูกตัดทำลายและมีฝนตกน้อย

แนวทางการให้คะแนนและตัวอย่างคำตอบ

แนวทางการให้คะแนน	ตัวอย่างคำตอบ
1 คะแนน หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้อง (misconception)	แสงอาทิตย์ทำให้ผิวกิ้งก่าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
1.5 คะแนน หมายถึง คำตอบไม่ถูกต้องแต่มีการใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (misconception with science language)	สิ่งมีชีวิตมี “การปรับตัว (adaptation)” ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น หนอนที่อาศัยอยู่บนต้นไม้สีเข้มเมื่อต้นไม้มีสีอ่อนลง หนอนจะปรับตัวให้มีสีอ่อนลงตามสีต้นไม้
3 คะแนน หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์บางประการ และยังมีส่วนที่เข้าใจไม่ถูกต้องอยู่ (hybrid conception)	หนอนเรียนรู้ที่จะอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่กลมกลืนกับตนเอง แต่เมื่อต้นไม้เปลี่ยนเป็นสีอ่อนหนอนที่มีสีเข้มจะลดจำนวนลงเพราะไม่สามารถอาศัยอยู่บนต้นไม้สีอ่อนได้
4 คะแนน หมายถึง คำตอบถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วน มีการใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (incomplete conception)	หนอนมีชีวิตอยู่ได้เพราะอาศัยอยู่บนต้นไม้ที่เหมาะกับตน ถ้าหากต้นไม้เปลี่ยนเป็นสีอ่อนหนอนสีเข้มจะลดจำนวนลงไปเพราะถูกผู้ล่าล่าเป็นอาหาร
5 คะแนน หมายถึง คำตอบถูกต้อง ครบถ้วน (correct conception)	หนอนสีเข้มจะมีชีวิตอยู่ได้นานตราบเท่าที่มันอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมสีเข้มที่กลมกลืนกับตนเอง แต่หนอนสีอ่อนไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เพราะมีลักษณะไม่กลมกลืนกับต้นไม้สีเข้มและถูกล่าเป็นอาหาร ทำให้ยีนแสดงลักษณะสีอ่อนไม่สามารถถูกส่งต่อไปยังลูกหลานได้แต่ยีนสีเข้มส่งต่อไปได้ทำให้หนอนสีอ่อนมีจำนวนลดลง

จากวิธีการวัดและตัวอย่างเครื่องมือที่รวบรวมมาข้างต้น สามารถสรุปตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจมโนทัศน์ตามพฤติกรรมบ่งชี้แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เครื่องมือในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจ

พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์		เครื่องมือ
1.การอธิบายมโนทัศน์		1. แบบทดสอบคำถามปลายเปิด 2. การสัมภาษณ์
2.การเปรียบเทียบมโนทัศน์	เทียบเคียง	1. เมทริกซ์เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง 2. แผนภาพของเวน 3. ตารางเปรียบเทียบ

พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์	เครื่องมือ
เปรียบเปรย	1. แบบทดสอบ Miller analogies test 2. แบบทดสอบคำถามปลายเปิด
3.การเชื่อมโยงมโนทัศน์	1. ผังมโนทัศน์ 2. แบบทดสอบถูกผิด
4.การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	1. ภาพวาด
5.การประยุกต์มโนทัศน์	1. แบบทดสอบ 2 ระดับ 2. คำถามปลายเปิด

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้มีความหลากหลายแตกต่างกันออกไป เครื่องมือวัดความเข้าใจมโนทัศน์ที่ใช้สำหรับแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่

1. การอธิบายมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบคำถามปลายเปิด
2. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้คือตารางเปรียบเทียบ
3. การเชื่อมโยงมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้คือผังมโนทัศน์
4. การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้คือภาพวาด
5. การประยุกต์มโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้คือคำถามปลายเปิด

2. แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

2.1 ความหมายและความสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

เพื่อให้เข้าใจความหมายของคำว่า“แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน” ได้ชัดเจน จำเป็นต้องเข้าใจความหมายของคำว่า“บริบท”เสียก่อน คำว่าบริบทหรือ context มีรากศัพท์มาจากคำกริยาในภาษาละตินว่า “contexere” มีความหมายว่า “ถักทอเข้าด้วยกัน” หรือคำนามในภาษาละตินว่า “contextus”, แปลว่า “ความเกี่ยวเนื่องกัน”, “การเชื่อมต่อ” หรือ “ความสัมพันธ์” (Gilbert, 2006) ในความหมายของนักการศึกษา บริบท หมายถึง สถานการณ์เสมือนจริงที่สามารถพบได้ในการปฏิบัติในชีวิตของนักเรียนเอง การปฏิบัติทางสังคม การปฏิบัติทางวิชาชีพ หรือการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คำ วลี มโนทัศน์ หลักเกณฑ์ หรือกฎอย่างมีความหมาย (De Jong, 2008; Gilbert, 2006; Ummels et al., 2015; Wieringa et al., 2011)

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานหรือ context-based learning approach พบว่า มีนักการศึกษานิยามความหมาย ดังนี้

Bennett, Lubben, and Hogarth (2007) ให้ความหมายว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเป็นแนวทางการสอนที่ถูกนำมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บริบทหรือการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการพัฒนาแนวคิดหรือส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน แตกต่างจากแนวทางการสอนแบบดั้งเดิมที่เริ่มต้นจากการให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนนำไปสู่การประยุกต์แนวคิดนั้น

Elster (2009) กล่าวว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง การนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในวิธีที่ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เหล่านั้นกับประสบการณ์ในชีวิตของตนเองและนำไปสู่การประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

Stanisavljević, Pejčić, and Stanisavljević (2016) อธิบายว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้ประยุกต์มโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

กล่าวโดยสรุป แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง แนวทางการสอนที่ใช้บริบทเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ และสามารถประยุกต์มโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

จากความหมายของบริบทและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานข้างต้น สามารถสรุปเป็นความหมายของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานได้ว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่จำลองสถานการณ์เสมือนจริงที่สามารถพบได้ในการปฏิบัติในชีวิตของนักเรียนเอง การปฏิบัติทางสังคม การปฏิบัติทางวิชาชีพหรือการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ และสามารถประยุกต์มโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

จุดเริ่มต้นของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเกิดขึ้นราวคริสต์ทศวรรษ 1980 ในเมืองยอร์ก ประเทศอังกฤษภายหลังการหารือกันระหว่างครูและบุคลากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ อันเนื่องมาจากความวิตกกังวลต่อการจัดการเรียนรู้เคมีและผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน (Bennett & Lubben, 2006) และพบว่า การจัดการเรียนรู้เคมีมีอุปสรรคที่สำคัญคือนักเรียนสนใจศึกษาต่อทางด้านเคมีค่อนข้างน้อยแม้จะทราบว่าความรู้เคมีเกี่ยวข้องกับความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและสังคมของตนเอง และยังพบว่ามีนักเรียนจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สนใจศึกษาต่อทางวิทยาศาสตร์ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะนักเรียนไม่รู้สึกว่าเคมีหรือวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับตนเองทั้งในชีวิตประจำวันและในอนาคตข้างหน้า (Parchmann, Broman, Busker, & Rudnik, 2014)

ดังนั้นเพื่อเอาชนะอุปสรรคที่กล่าวมาข้างต้นครูและบุคลากรทางการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงได้หารือกันเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้น่าสนใจ เกี่ยวข้องกับความสนใจและชีวิตประจำวันของนักเรียนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนที่หลากหลาย (Bennett & Lubben, 2006) โดยนำสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน สังคม หรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางมาเป็นจุดเริ่มต้นให้นักเรียนใช้ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เพื่อร่วมกันสืบค้น อภิปราย และแก้ไขปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นในสถานการณ์เหล่านั้นได้ (Parchmann et al., 2014) ทำให้นักเรียนไม่ได้เป็นเพียงแค่ผู้สังเกตการณ์หรือรับสารมาจากหนังสือเรียนเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป แต่เปลี่ยนเป็นผู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจริง ๆ ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการเรียนไปสู่ความจริงภายนอกห้องเรียน ทำให้การเรียนรู้นั้นมีคุณค่าต่อนักเรียนและเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Seel, 2012) รวมทั้งมองเห็นความสำคัญของสิ่งที่ตนเองเรียน (Bennett et al., 2007) จากความต้องการนี้ของครูและบุคลากรทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการพัฒนาหลักสูตร Salters course ขึ้น ซึ่งเป็นหลักสูตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในวิชาเคมีและถือได้ว่าเป็นตัวอย่างการเรียนรู้แรกที่ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Parchmann et al., 2014) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลักสูตรที่ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาขึ้นมามากมายครอบคลุมทั้งในวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ (Bennett & Lubben, 2006)

2.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

ในช่วงเริ่มแรกของการพัฒนาหลักสูตรที่ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้นไม่มีการนำทฤษฎีทางศาสตร์การสอนหรือทฤษฎีทางปัญญามาใช้สนับสนุนที่ชัดเจน (Bennett & Lubben, 2006) การจัดการเรียนรู้มักใช้วิธีการหรือกลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่มากกว่าการต่อยอดจากทฤษฎีทางการศึกษาที่มีอยู่เดิมแล้ว (Seel, 2012) แม้ว่าจะไม่ได้มีการอ้างอิงทฤษฎีอย่างชัดเจนแต่นักพัฒนาหลักสูตรได้จัดทำบทเรียนภายใต้หลักเกณฑ์ 2 ประการคือ (1) เริ่มต้นจากเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียน และ (2) บทเรียนนำเสนอแนวคิดหรือมโนทัศน์ที่สำคัญจำเป็นต่อนักเรียน หลักเกณฑ์ข้อนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตร 2 ประการ คือ (1) เปิดโอกาสให้นักพัฒนาหลักสูตรเลือกใช้บริบทที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย และ (2) เปิดโอกาสให้นักพัฒนาหลักสูตรเลือกใช้วิธีการสอน กลยุทธ์การสอน หรือกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียนได้อย่างเหมาะสม (Bennett & Lubben, 2006) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและทฤษฎีทางการศึกษาพบว่า ทฤษฎีที่สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือ แนวคิดการเรียนรู้โดยการลงมือทำ

(learning by doing) ของ John Dewey และทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (social constructivism) ของ Lev Vygotsky (Seel, 2012)

2.2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการลงมือทำ

ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการลงมือทำ เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากปรัชญาการศึกษาของ John Dewey ที่นำเสนอแนวคิดว่าการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากประสบการณ์ของนักเรียนเอง การจัดการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในบริบทจากสถานการณ์จริงมากกว่าการได้รับการถ่ายทอดข้อมูล หรือบอกเล่าจากผู้เชี่ยวชาญ (Seel, 2012)

2.2.2 ทฤษฎีทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม

ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่พัฒนาโดย Lev Vygotsky ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่ากระบวนการพัฒนาทางปัญญาของเด็กมีผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเรียนรู้เกิดขึ้นได้เมื่อบุคคลมีส่วนร่วมในบริบททางสังคม การพัฒนาทางปัญญาของเด็กมีข้อจำกัดเนื่องมาจากช่วงห่างระหว่างระดับพัฒนาการ (zone of proximal development; ZPD) ทางเชาวน์ปัญญาที่ตนเองเป็นอยู่ในปัจจุบัน และระดับที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึง ช่วงห่างระดับพัฒนาการนี้แตกต่างออกไปในเด็กแต่ละคน การช่วยเหลือในลักษณะที่เรียกว่าการเสริมศักยภาพ (scaffolding) สามารถช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาข้ามช่วงห่างระดับพัฒนาการนี้ไปได้ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558)

2.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

2.3.1 ขอบเขตของบริบทและวิธีการเลือกใช้บริบทในการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้นมีจุดเน้นคือ มีการนำบริบทไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ De Jong (2008) ได้จำแนกการนำบริบทไปใช้โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านส่วนตัว (personal domain) ด้านสังคม (social and society domain) ด้านการปฏิบัติทางวิชาชีพ (professional practice domain) และด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (scientific and technological domain) ลักษณะและความสำคัญ และตัวอย่างของบริบทที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เคมี แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ลักษณะและความสำคัญ และตัวอย่างของบริบทในแต่ละด้าน

ด้านของบริบท	ลักษณะและความสำคัญ	ตัวอย่างของบริบท
1. ด้านส่วนตัว	เกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของนักเรียน การเรียนรู้โดยใช้บริบทด้านส่วนตัวนี้ก่อให้เกิด	การดูแลสุขภาพส่วนบุคคล เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว สามารถเชื่อมโยงไปสู่ความรู้

ด้านของบริบท	ลักษณะและความสำคัญ	ตัวอย่างของบริบท
	การพัฒนาส่วนบุคคล ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญในการดูแลตัวเอง	เรื่อง สารเคมีในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว
2. ด้านสังคม	เกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ที่เกิดในชุมชน สังคม และสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้โดยใช้บริบทด้านสังคมนี้ช่วยเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบต่อสังคม	ประเด็นทางสังคม เช่น ผลกระทบของภาวะฝนกรดต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเชื่อมโยงกับความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดและโลหะ
3. ด้านการปฏิบัติวิชาชีพ	เกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ในการประกอบอาชีพในอนาคตของนักเรียน การเรียนรู้โดยใช้บริบทด้านการปฏิบัติวิชาชีพนี้ช่วยเตรียมความพร้อมสำหรับการประกอบอาชีพของนักเรียนในอนาคต	การประกอบอาชีพ เช่น วิศวกรเคมี สามารถเชื่อมโยงกับการออกแบบและทดสอบกระบวนการทางอุตสาหกรรมขนาดเล็กภายในห้องเรียน ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมการผลิตกาวหรือโพลิเมอร์
4. ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเรียนรู้โดยใช้บริบทด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (scientific and technological literacy)	การเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ (paradigm shift) สามารถเชื่อมโยงกับความเป็นมาของการพัฒนาทฤษฎีกรด-เบส

ด้วยเหตุที่บริบทนั้นมีความหลากหลาย ดังนั้นครูต้องเลือกใช้บริบทให้เหมาะสมต่อนักเรียนและเนื้อหาวิชาเรียนที่จะสอนเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาจากการเลือกใช้บริบทที่ไม่เหมาะสม De Jong (2008) ได้เสนอแนะเกณฑ์ในการเลือกใช้บริบทที่เหมาะสมดังนี้

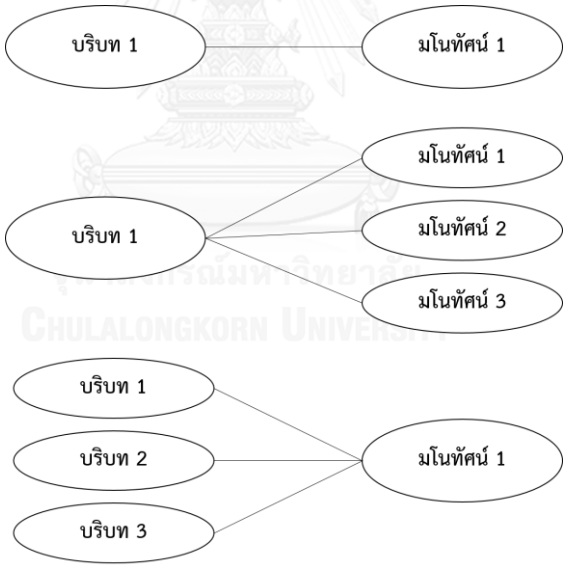
1) ควรเป็นบริบทที่เป็นที่รู้จักทั่วไปและสัมพันธ์กับความสนใจของนักเรียนที่มีความสนใจแตกต่างกัน เช่น นักเรียนชายส่วนใหญ่มักสนใจในบริบทที่เป็นเทคโนโลยี แต่นักเรียนหญิงส่วนใหญ่มักสนใจในบริบทที่เกี่ยวข้องกับความสวยความงาม

2) ไม่ควรเป็นบริบทที่หันเหความสนใจของนักเรียนออกจากมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ เพราะบางครั้งบริบทที่ครูเลือกใช้สร้างความสนใจให้แก่นักเรียนมากทำให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นในเรื่องอื่นจนเสียสมาธิในการเรียน

3) ไม่ควรเป็นบริบทที่ซับซ้อนมากเกินไป มิเช่นนั้นจะทำให้นักเรียนเชื่อมโยงบริบทกับมโนทัศน์ได้ยาก

4) ไม่ควรเป็นบริบทที่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสน เพราะในบางบริบทเช่นบริบททางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาจมีประเด็นบางประเด็นที่ขัดแย้งกับความเข้าใจหรือความเคยชินในชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ค่าความเป็นกรดของฝนกรด ถ้ามีความเป็นกรดมากค่า pH ของน้ำฝนก็จะยิ่งน้อย แต่สำหรับนักเรียนแล้วมักเคยชินว่าค่าอะไรก็ตามที่มีค่าสูงจะมีตัวเลขกำกับที่สูงตามไปด้วย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานครูสามารถเลือกใช้บริบทด้านใดก็ได้ โดยอาจเลือกบริบทหนึ่งเพื่อใช้สอนมโนทัศน์เดียวหรือหลายมโนทัศน์ หรือเลือกหลาย ๆ บริบทเพื่อสอนมโนทัศน์เพียงมโนทัศน์เดียว การนำบริบทมาใช้สอนมโนทัศน์หนึ่ง ๆ นั้น ไม่จำเป็นต้องจำกัดเฉพาะบริบทด้านใดด้านหนึ่ง ตัวอย่างเช่น การบริโภคอาหารมีความเกี่ยวข้องทั้งบริบทด้านส่วนตัวและบริบทด้านสังคม (De Jong, 2006) ความสัมพันธ์ระหว่างบริบทที่เลือกใช้และมโนทัศน์ที่ต้องการสอนแสดงได้ ดังแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างบริบทที่เลือกใช้และมโนทัศน์ที่ต้องการสอน (De Jong, 2006)

2.3.2 รูปแบบของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

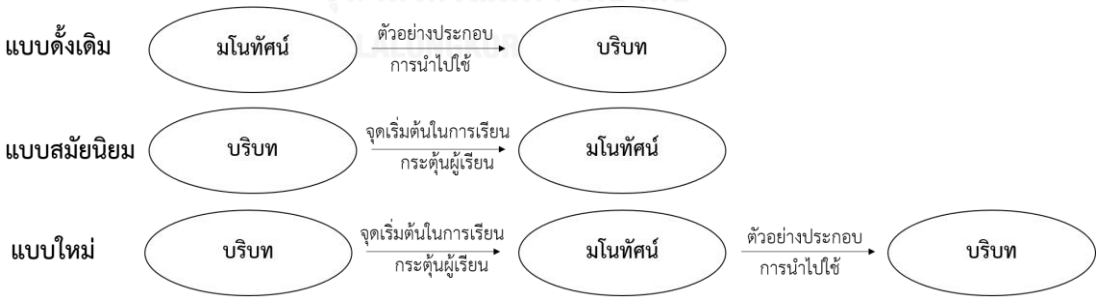
ในการจัดการเรียนรู้ครูสามารถเลือกและลำดับบริบทและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้หลายรูปแบบ หน้าที่ของบริบทจะแตกต่างกันไปตามลำดับการนำเสนอของครู ด้วยเหตุนี้ปรากฏเป็นรูปแบบของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 3 รูปแบบดังนี้ (De Jong, 2008)

1) รูปแบบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบดั้งเดิม (traditional context-based approach) ครูนำเสนอมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ก่อนแล้วจึงนำเสนอบริบทที่ให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ บริบทรูปแบบนี้มีหน้าที่ 2 ประการ คือ ประการแรกเป็นตัวอย่างประกอบมโนทัศน์ที่ครูได้สอนไปแล้ว ซึ่งมักใช้กับมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม ประการที่สองเป็นตัวช่วยที่เอื้อต่อการนำมโนทัศน์ที่เรียนไปใช้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการนำความมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

2) รูปแบบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบสมัยนิยม (modern context-based approach) ครูนำเสนอบริบทที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ก่อนแล้วนำเสนอมโนทัศน์ บริบทรูปแบบนี้มีหน้าที่ 2 ประการ คือ ประการแรกเป็นจุดเริ่มต้นหรือเหตุที่นำมาสู่การสอนมโนทัศน์ ประการที่สองช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจซึ่งนำไปสู่แรงจูงใจในการเรียนมโนทัศน์

3) รูปแบบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบใหม่ (recent context-based approach) ครูนำเสนอบริบทที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ก่อนเช่นเดียวกับรูปแบบสมัยนิยม แต่มีการนำเสนอบริบทอื่นหลังจากเรียนมโนทัศน์นี้ บริบทรูปแบบนี้มีหน้าที่ 4 ประการ คือเป็นจุดเริ่มต้นและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเช่นเดียวกับรูปแบบสมัยนิยม และทำหน้าที่เป็นตัวอย่างประกอบและเอื้อต่อการนำมโนทัศน์ไปใช้เช่นเดียวกับรูปแบบดั้งเดิม

รูปแบบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและลำดับการนำเสนอบริบทและมโนทัศน์ในแต่ละรูปแบบแนวคิดการเรียนรู้สามารถสรุปได้ดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 ลำดับการนำเสนอบริบทและมโนทัศน์ในแต่ละรูปแบบแนวคิดการเรียนรู้ (De Jong, 2006)

2.3.3 หลักการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอกลวิธีและหลักการในการจัดการเรียนรู้โดยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแตกต่างกันออกไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

De Jong (2008) ได้เสนอกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาเคมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเสนอบริบทเบื้องต้น (offering an introductory context phase) ในขั้นนี้ครูนำเสนอบริบทที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนเรียน โดยมุ่งให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือปัญหา หรือคำถามที่เกี่ยวข้องกับบริบทเพื่อนำไปสู่สิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้

2) ขั้นรวบรวมและดัดแปลงคำถามของนักเรียน (collecting and adapting students' questions) ในขั้นนี้ครูรวบรวมคำถามของนักเรียนและใช้เป็นจุดเริ่มต้นเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบหรือประเด็นปัญหาที่นักเรียนสงสัยจากการเรียนรู้มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับบริบท

3) ขั้นปรับโครงสร้างข้อมูลสารสนเทศจากตำราเรียนและเว็บไซต์ (restructuring textbook content or selecting website information) ในขั้นนี้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ของตนกับข้อมูลสารสนเทศ ตำราเรียน หรือเว็บไซต์ที่คัดสรรให้มีความสอดคล้องกัน

4) ขั้นเสนอบริบทสืบสอบ (offering a follow-up inquiry context) ในขั้นนี้ครูนำเสนอบริบทที่กระตุ้นให้นักเรียนจำเป็นต้องนำความรู้เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

Ummels et al. (2015) ได้กล่าวถึงหลักการออกแบบบทเรียนด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไว้ 4 ประการ หลักการเหล่านี้ไม่มีลำดับที่แน่นอนในการนำไปใช้ การจัดการเรียนสอนจะมีความเป็นธรรมชาติมากขึ้นเมื่อเริ่มต้นด้วยหลักการที่ 1 และจบบทเรียนด้วยหลักการที่ 4 รายละเอียดของหลักการทั้ง 4 ประการมีดังต่อไปนี้

1) เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย ในการนำเสนอบริบทเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียน ควรเป็นบริบทที่ประกอบไปด้วยมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากชีวิตส่วนตัวหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาก่อน ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น

2) มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก ควรมีการนำเสนอมโนทัศน์หลักที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้อย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยนำเสนอมโนทัศน์ผ่านบริบทและกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและมีการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หลักและบริบท

3) กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์ กิจกรรมการเรียนรู้ที่นำมาใช้ เช่น การสร้างผังมโนทัศน์ การเขียนประเด็นเกี่ยวกับชีวิตจริง และการสนทนาในห้องเรียนโดยครูถามให้นักเรียนคิด เชื่อมโยง และให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันเองและครู

4) สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท กระตุ้นให้นักเรียนได้พิจารณาไตร่ตรองถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบทเดิมหรือในบริบทอื่น โดยอาจใช้กิจกรรมการสนทนาในห้องเรียนหรือการเขียนเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นผู้คิดแก้ปัญหา

Wieringa et al. (2011) ได้สรุปขั้นตอนการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาชีววิทยาเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

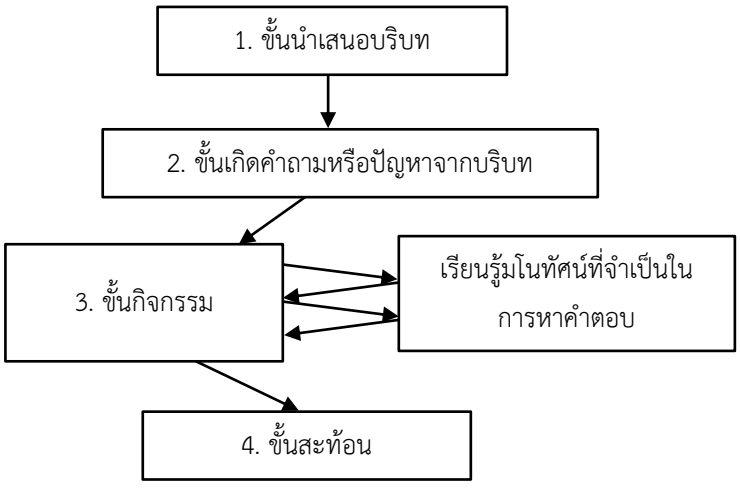
1) ขั้นนำเสนอบริบท เป็นขั้นที่ครูนำเสนอบริบทที่เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถประสบได้ในชีวิตส่วนตัว ในสังคม ในการประกอบวิชาชีพ หรือในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นนี้บริบทที่นำมาใช้มุ่งให้นักเรียนรู้สึกว่าตนเป็นส่วนหนึ่งในสถานการณ์นั้น

2) ขั้นตั้งคำถามหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียน ครูหรือทั้งนักเรียนและครูร่วมกันตั้งคำถามหรือวิเคราะห์ปัญหาจากบริบทที่ครูนำเสนอ

3) ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบของคำถามหรือปัญหาโดยการลงมือปฏิบัติกิจกรรม ขั้นนี้ทำให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้หาคำตอบสำหรับปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้น

4) ขั้นสะท้อน เป็นขั้นที่นักเรียนและครูร่วมกันสะท้อนคำตอบและหรือวิธีการแก้ปัญหาสำหรับคำถามหรือปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งมีการสรุปมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้และนำมโนทัศน์เหล่านั้นไปใช้ในบริบทอื่น

ขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน แสดงในแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 ขั้นตอนการสอนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาชีววิทยา (Wieringa et al., 2011)

2.3.4 ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

Stanisavljević et al. (2016) ได้นำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมาใช้จัดการเรียนรู้ เรื่อง การลดจำนวนลงของพาหะถ่ายเรณู มีขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอน คือ

1) ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยแสดงภาพประกอบและใช้สื่อพาวเวอร์พ้อยท์

2) ครูแจกบทความจากหนังสือพิมพ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับบทเรียนให้นักเรียนอ่านและแจกคำถามที่ต้องการนักเรียนหาคำตอบ บทความจากหนังสือพิมพ์และข้อคำถามที่ให้นักเรียนตอบแสดงได้ดังนี้

<u>บทความจากหนังสือพิมพ์</u>

การลดจำนวนลงของพาหะถ่ายเรณูบังคับให้เกษตกรสวนแอปเปิ้ลต้องผสมเกสรเองด้วยมือ

หลักฐานจากทั่วโลกแสดงให้เห็นว่าแมลงถ่ายเรณูลดจำนวนลง โดยเฉพาะในพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการทำการเกษตรหนาแน่นซึ่ง มีจำนวนแมลงไม่เพียงพอที่จะผสมเกสรได้อย่างทั่วถึง ตัวอย่างของจำนวนพาหะถ่ายเรณูที่ลดจำนวนลงอย่างรุนแรง เห็นได้จากผึ้งป่าในสวนแอปเปิ้ลและสาลี่ทางตอนใต้ของประเทศจีน มีจำนวนลดลงมากเนื่องจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชมากเกินไปและการขาดแคลนที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ

ในเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาเกษตรกรต้องผสมเกสรดอกไม้ด้วยมือ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ราคาพืชผลสูงขึ้น ถึงอย่างไรก็ตามแรงงานสำหรับผสมเกสรดอกไม้ด้วยมือในโลกนี้มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ ถ้าไม่มีผึ้งความมั่นคงทางอาหารของเราก็จะสั่นคลอน เราอาจจะจำเป็นต้องดำรงชีวิตอยู่โดยอาศัยพืชที่มีการถ่ายเรณูโดยการอาศัยลม เช่น ข้าว ข้าวบาร์เล่ย์ และข้าวโพด เป็นต้น นั่นเป็นเหตุผลว่าทำไมเราจึงควรแสดงความเอื้ออาทรต่อสัตว์และพืชจำนวนมากมายที่อยู่ร่วมโลกใบเดียวกับเรา

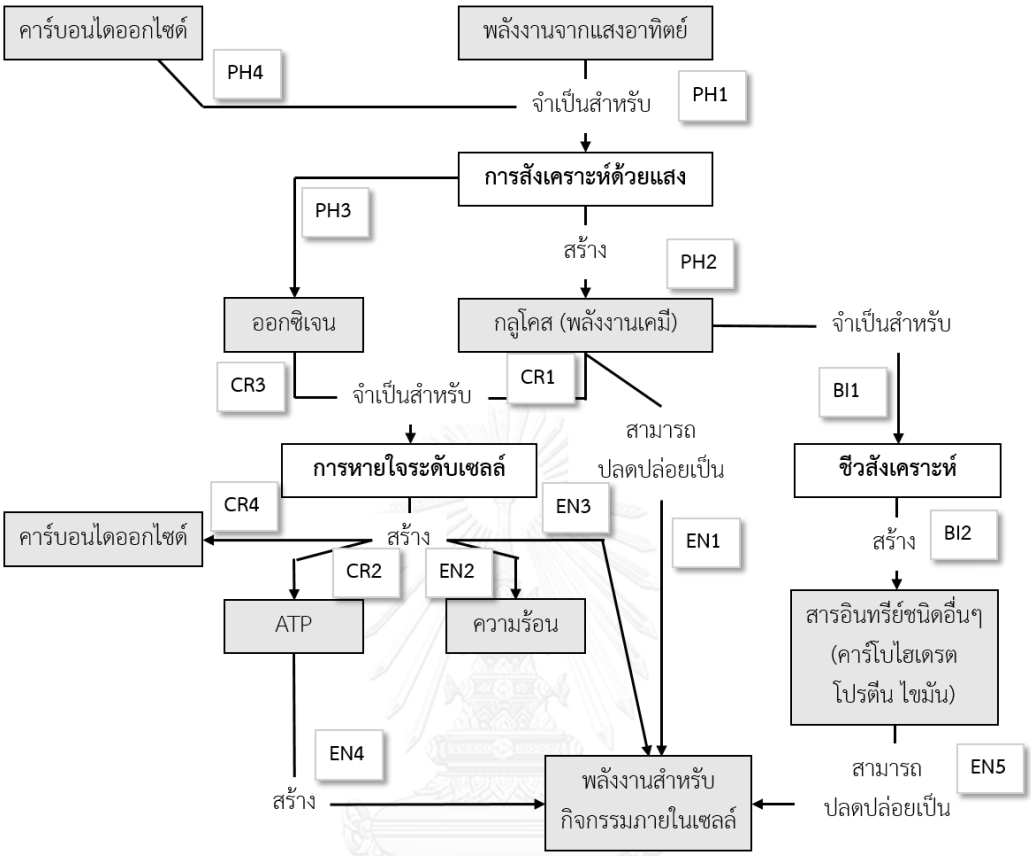
<u>ข้อคำถาม</u>

1. เกิดอะไรขึ้นกับแมลงถ่ายเรณูในไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้
2. ในพื้นที่ใดของโลกที่ประสบปัญหานี้มากที่สุด
3. อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้พาหะถ่ายเรณูลดจำนวนลง
4. ในประเทศจีนมีการผสมเกสรอย่างไร อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนั้น
5. อะไรคือผลพวงที่เกิดจากการลดจำนวนลงของผึ้ง
6. นักเรียนคิดว่าควรแก้ปัญหาการลดจำนวนลงของพาหะถ่ายเรณูอย่างไร
7. เขียนอธิบายผลของการลดจำนวนลงของพาหะถ่ายเรณูต่อตัวนักเรียนเอง

3) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา นำเสนอคำตอบ และหาข้อสรุปร่วมกัน

Ummels et al. (2015) นำเสนอการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่อง กระบวนการหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) และกระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) เริ่มต้นจากการศึกษามโนทัศน์จากตำราเรียนเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างผังมโนทัศน์อ้างอิง (reference concept map)

ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิงในการวัดพัฒนาการของนักเรียน รายละเอียดของผังมโนทัศน์อ้างอิง แสดงดังแผนภาพที่ 6



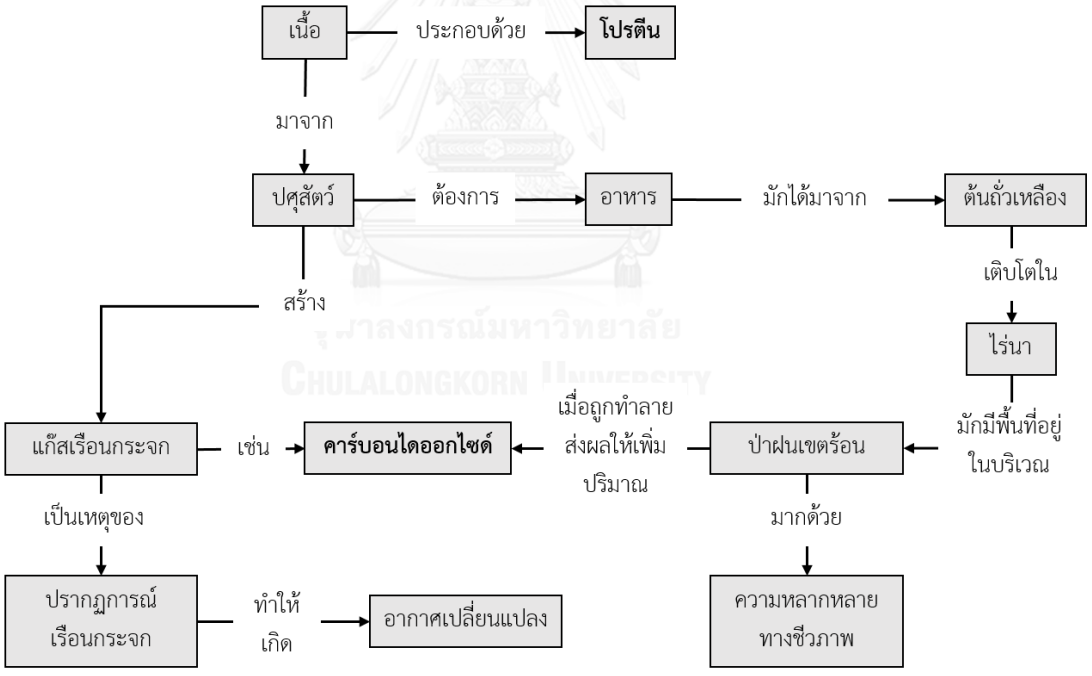
แผนภาพที่ 6 ผังมโนทัศน์อ้างอิง (Ummels et al., 2015) PH1-4 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง CR1-4 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์ BI1-2 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชีวสังเคราะห์ EN1-5 แทนประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานดังกล่าวใช้ประเด็นทางสังคม เรื่อง ผลของการผลิตเนื้อสัตว์และอาหารโปรตีนชนิดอื่นที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และเลือกใช้บริบท 3 ด้าน ได้แก่ ด้านส่วนตัว ด้านการปฏิบัติวิชาชีพและด้านวิทยาศาสตร์ และมีการใช้บริบทร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ 7 กิจกรรม ได้แก่ บทบาทสมมติ (role play) ผังมโนทัศน์เริ่มต้น (pre-concept map) การใช้ภาพบริบท (context visualization) การเขียนคำแนะนำฉบับร่าง (draft-version writing advice) กิจกรรมการปฏิบัติจริง (hands-on activity) การสร้างผังมโนทัศน์ (concept mapping) และการเขียนคำแนะนำฉบับจริง (final-version writing advice)

บริบทแรกเป็นบริบทด้านส่วนตัว บริบทด้านนี้แสดงให้เห็นถึงชีวิตครอบครัว ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม ได้แก่ บทบาทสมมติและการสร้างผังมโนทัศน์เริ่มต้น ทั้ง 2 กิจกรรมสอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 1 คือ เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย นั่นคือ มโนทัศน์คาร์บอนไดออกไซด์และโปรตีน

บทบาทสมมติ: นักเรียน 5 คนแสดงบทบาทสมมติเป็นบุคคลในครอบครัวเดียวกันและร่วมกันอภิปรายโต้แย้งเกี่ยวกับการบริโภคเนื้อสัตว์ตามบทพูดที่ครูเตรียมไว้ให้ นักเรียนที่เหลือฟังและพิจารณาตามว่าเห็นด้วยกับข้อโต้แย้งใด ในการอภิปรายโต้แย้งนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้มโนทัศน์คาร์บอนไดออกไซด์ โปรตีน และพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมของเซลล์ การอภิปรายจบลงด้วยคำถามว่า “เราควรจะบริโภคเนื้อสัตว์ต่อไปในอนาคตหรือไม่”

ผังมโนทัศน์เริ่มต้น: นักเรียนดูวีดิทัศน์สั้น ๆ เกี่ยวกับผลของการบริโภคเนื้อสัตว์ต่อสิ่งแวดล้อมโลก จากนั้นครูให้นักเรียนเติมมโนทัศน์ที่ได้จากการอภิปรายในกิจกรรมบทบาทสมมติและจากวีดิทัศน์ลงในผังมโนทัศน์เริ่มต้น ดังแผนภาพที่ 7

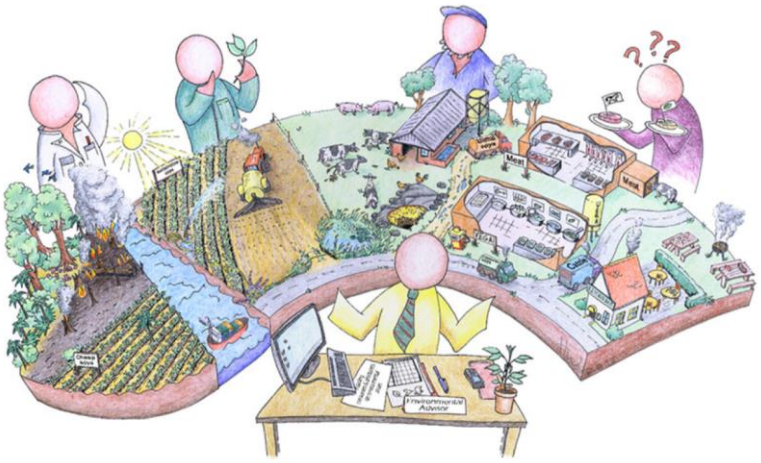


แผนภาพที่ 7 ผังมโนทัศน์เริ่มต้น (Ummels et al., 2015)

บริบทที่ 2 เป็นบริบทด้านการปฏิบัติวิชาชีพ ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 3 กิจกรรม ได้แก่ การใช้ภาพบริบท กิจกรรมการปฏิบัติจริง และการเขียนคำแนะนำฉบับร่าง กิจกรรมการใช้ภาพบริบทและกิจกรรมการปฏิบัติจริงสอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 2 คือ มุ่งเน้นไปที่

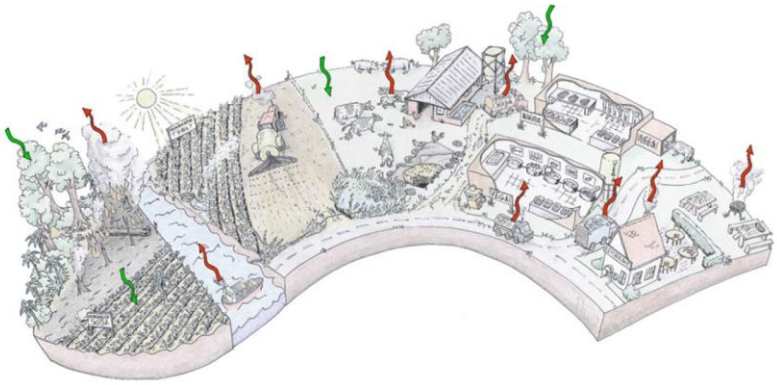
มโนทัศน์หลัก กิจกรรมการเขียนคำแนะนำฉบับร่างสอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 4 คือ สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท

การใช้ภาพบริบท: นักเรียนเป็นผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับอาชีพนี้ครูจึงแสดงภาพบริบทเพื่อนำเสนอบทบาทของผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อมดังแผนภาพที่ 8 และนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เรือนกระจกและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหารประเภทโปรตีนที่ได้มาจากพืชและเนื้อสัตว์ ดังแผนภาพที่ 9 ในกิจกรรมนี้นักเรียนต้องสามารถเขียนลูกศรระบุการดูดซับและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากบริเวณต่าง ๆ ในแผนภาพที่ 9 ให้ถูกต้อง และในตอนท้ายของกิจกรรมครูแสดงการเชื่อมโยงมโนทัศน์คาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับการหายใจระดับเซลล์และการสังเคราะห์ด้วยแสง



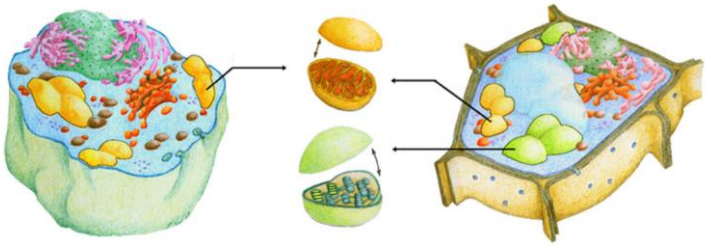
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 8 ภาพกราฟิกแสดงบทบาทของผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อม (หน้าสุด) ที่ต้องจัดการกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตอาหารโปรตีน และผู้ประกอบอาชีพอื่นที่เกี่ยวข้อง (ด้านหลัง) เรียงจากด้านซ้ายไปขวา คือ ผู้วิจัยทางด้านการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกพืช เกษตรกรผู้เลี้ยงวัว และผู้บริโภค



แผนภาพที่ 9 ภาพกราฟิกแสดงการดูดซับและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตอาหารโปรตีน

กิจกรรมการปฏิบัติจริง: ครูตั้งคำถามให้นักเรียนเกิดความสงสัยว่า “พืชและสัตว์หายใจได้อย่างไร” และให้นักเรียนสังเกตปากใบของใบถั่วเหลืองและวาดภาพเซลล์ที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นร่วมกันอภิปรายบทบาทในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปากใบ โดยครูแสดงภาพของคลอโรพลาสต์ที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์และสร้างออกซิเจน และไมโทคอนเดรียที่ใช้ออกซิเจนและสร้างคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ แสดงดังแผนภาพที่ 10 เพื่อเน้นย้ำมโนทัศน์หลักคือกระบวนการหายใจระดับเซลล์และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแก่นักเรียน จากนั้นครูบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการแมเทบอลิซึมและการสร้างผลิตภัณฑ์ชนิดโปรตีน ในขั้นนี้ครูจะนำเสนอความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์คาร์บอนไดออกไซด์และมโนทัศน์ชีวสังเคราะห์เข้ากับผลิตภัณฑ์ชนิดโปรตีน



แผนภาพที่ 10 ภาพกราฟิกแสดงเซลล์สัตว์ (ด้านซ้าย) เซลล์พืช (ด้านขวา) ไมโทคอนเดรีย (ตรงกลางด้านบน) และคลอโรพลาสต์ (ตรงกลางด้านล่าง)

การเขียนคำแนะนำฉบับร่าง: เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสง และชีวสังเคราะห์แล้ว ครูให้นักเรียนเขียนคำแนะนำเพื่อเผยแพร่ความรู้สู่สาธารณะในประเด็นคำถามที่ว่า เราควรบริโภคเนื้อสัตว์ต่อไปในอนาคตหรือไม่หากคำนึงถึงการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์ โดยให้นักเรียนจับคู่กันระดมสมองก่อนเริ่มลงมือเขียนงานและมีครูคอยให้คำแนะนำ เมื่อเขียนงานเสร็จแล้วให้นักเรียน

แลกเปลี่ยนผลงานกันอ่าน เพื่อให้นักเรียนคนอื่นเสนอข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานของนักเรียน

บริบทที่ 3 เป็นบริบทด้านวิทยาศาสตร์ ในบริบทนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมการปฏิบัติจริง และการสร้างผังมโนทัศน์ กิจกรรมการปฏิบัติจริงสอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 4 คือ สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท และการสร้างผังมโนทัศน์สอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 3 คือ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์

กิจกรรมการปฏิบัติจริง: นักเรียนได้รับบทบาทเป็นนักวิจัยการเกษตร ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบโปรตีนในอาหารที่รับประทานในชีวิตประจำวันระหว่างโปรตีนจากถั่วเหลืองเทียบกับโปรตีนจากเนื้อไก่ นักเรียนต้องคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ที่ใช้ในการทำการเพาะปลูกถั่วเหลืองเพื่อให้ได้โปรตีน 1 กิโลกรัมจากถั่วเหลือง กับปริมาณพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เพื่อให้ได้โปรตีน 1 กิโลกรัมจากเนื้อไก่ ในตอนท้ายของกิจกรรมนี้ครูจะคอยช่วยเหลือให้นักเรียนอธิบายผลการศึกษานี้ด้วยมโนทัศน์ชีววิทยา

การสร้างผังมโนทัศน์: ครูให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ที่ประกอบด้วยกระบวนการหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสง และชีวสังเคราะห์ ว่ามีความเกี่ยวข้องกับการผลิตโปรตีนทั้งในเซลล์พืชและสัตว์อย่างไรโดยมีครูคอยช่วยตรวจสอบความถูกต้อง หลังจากสร้างผังมโนทัศน์เสร็จเรียบร้อยแล้วครูตั้งคำถามท้าทายนักเรียนว่า “เพราะเหตุใดเซลล์พืชจึงผลิตโปรตีนได้มีประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์สัตว์”

จากนั้นครูใช้บริบทที่ 2 คือ บริบทด้านการปฏิบัติทางวิชาชีพอีกครั้งหนึ่งโดยใช้กิจกรรมการเขียนคำแนะนำฉบับจริง สอดคล้องกับหลักการออกแบบข้อที่ 3 คือ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์

การเขียนคำแนะนำฉบับจริง: ครูให้นักเรียนรับบทบาทเป็นผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อมอีกครั้งหนึ่ง และให้นักเรียนเขียนคำแนะนำเพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะในประเด็นคำถามที่ว่า “เราควรบริโภคเนื้อสัตว์ต่อไปในอนาคตหรือไม่หากคำนึงถึงการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์และพื้นที่ที่ต้องใช้ในการทำปศุสัตว์” นักเรียนสามารถนำงานเขียนคำแนะนำฉบับร่างมาปรับปรุงเป็นงานฉบับสมบูรณ์ได้

ตารางที่ 4 บริบท ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และลำดับการใช้หลักการออกแบบ

บริบท	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	หลักการออกแบบ
บริบทที่ 1: ชีวิตครอบครัว	1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการบริโภคเนื้อสัตว์	บทบาทสมมติ	1
	2. นักเรียนเติมคำตอบลงในผังมโนทัศน์เริ่มต้น	ผังมโนทัศน์เริ่มต้น	1
บริบทที่ 2: ผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อม	3. ครูแสดงภาพบทบาทของผู้ให้คำแนะนำด้านสิ่งแวดล้อม	ภาพบริบท	2
	4. ครูแสดงภาพกราฟิกการปลดปล่อยและดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหารประเภทโปรตีน		
	5. ครูแสดงภาพกราฟิกคลอโรพลาสต์ ไมโทคอน-เดรีย เซลล์พืชและเซลล์สัตว์		
	6. นักเรียนสังเกตปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์และวาดรูปเซลล์	กิจกรรมการปฏิบัติ	2
	7. นักเรียนเขียนคำแนะนำสำหรับเผยแพร่สู่สาธารณะ (ฉบับร่าง)	งานเขียน	4
	10. นักเรียนเขียนคำแนะนำสำหรับเผยแพร่สู่สาธารณะ (ฉบับสมบูรณ์)	งานเขียน	3

บริบท	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	หลักการออกแบบ
บริบทที่ 3: นักวิจัยทางด้านการเกษตร	8. นักเรียนคำนวณเปรียบเทียบน้ำหนักโปรตีนและพื้นที่ที่ต้องใช้ในการทำเกษตรกรรมระหว่างถั่วเหลืองและเนื้อไก่	กิจกรรมการปฏิบัติ	3
	9. นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์	สร้างผังมโนทัศน์	3

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการสอน และตัวอย่างการสอนไว้แตกต่างกัน เมื่อพิจารณารายละเอียดของหลักการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการสอน และตัวอย่างการสอนต่าง ๆ แล้วพบว่า หลักการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของ Ummels et al. (2015) ครอบคลุมหลักการออกแบบการสอนหรือขั้นตอนการสอนของนักการศึกษาท่านอื่น ๆ ได้ อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานตามหลักการของ Ummels et al. (2015) ประกอบด้วยหลักการ 4 ประการ ดังนี้

หลักการที่ 1 เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย นำเสนอบริบทที่ประกอบด้วยมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากชีวิตส่วนตัวหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาก่อนหน้า

หลักการที่ 2 มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยกับมโนทัศน์หลักที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์หลักอย่างค่อยเป็นค่อยไป

หลักการที่ 3 กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์ กระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยอื่น ๆ ภายในบริบทเข้าด้วยกัน

หลักการที่ 4 สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาไตร่ตรองถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์ และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

Chanchaichaovivat, Panijpan, and Ruenwongsa (2009) ได้ทดลองเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม (traditional learning) กับการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ (experiential learning) ที่มีผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่อง วิธีทางชีวภาพในการควบคุมโรคพืช (biological control of plant disease) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในประเทศไทย โดยได้แบ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 64 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่ม คือกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมกับกลุ่มที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ กลุ่มที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์จะได้ทำกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติ (hands-on activities) และได้ออกแบบการทำการทดลองเอง ในขณะที่กลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมจะไม่ได้ทำกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติและจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบบรรยายเป็นเวลาทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ เก็บข้อมูลก่อนและภายหลังการทดลองพบว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ทั้งกลุ่มที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ภายหลังการจัดการเรียนรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนในกลุ่มที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์สูงกว่านักเรียนในกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวัดจากแบบทดสอบหลายตัวเลือก การเขียนผังมโนทัศน์ และการสัมภาษณ์ และพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในกลุ่มที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์สูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยนักเรียนในกลุ่มทดลองมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับดีในขณะที่นักเรียนในกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับพอใช้

Venville and Dawson (2010) ได้ทดลองใช้การสอนที่ใช้การโต้แย้งเป็นฐาน โดยใช้ประเด็นทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (socio-scientific issue; SSI) เพื่อพัฒนาทักษะในการโต้แย้ง ทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ในเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทดลองสอนโดยครูชีววิทยาที่มีประสบการณ์และได้รับการอบรมจากผู้เชี่ยวชาญในการโต้แย้ง จำนวน 46 คน และกลุ่มควบคุมที่สอนโดยครูชีววิทยา 2 คนที่มีประสบการณ์แต่ไม่ได้รับการอบรมจากผู้เชี่ยวชาญในการโต้แย้ง จำนวน 46 คน เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลองด้วยแบบสอบ ทั้ง 2 กลุ่มใช้เวลาในการเรียนเท่ากันและใช้เนื้อหาบทเรียนเดียวกัน แต่กลุ่มทดลองได้รับการสอนเพื่อให้มีทักษะในการโต้แย้งเป็นเวลา 3 คาบเรียนโดยใช้เนื้อหาบทเรียนอื่นก่อนเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนจริง และในบทเรียนที่กลุ่มทดลองใช้ในการโต้แย้ง กลุ่มควบคุมจะได้สืบค้นข้อมูลจากห้องสมุดในบทเรียนเดียวกัน ผลการทดลองพบว่า (1) ระดับทักษะในการโต้แย้งของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันเมื่อวัดผลก่อนเรียน แต่ภายหลังเรียนระดับทักษะในการโต้แย้งของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ และยังพบว่า ระดับทักษะในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2) ทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันเมื่อวัดผลก่อนเรียน แต่ภายหลังเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ (3) พบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มทดลองมีพัฒนาการความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น แต่กลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

Azevedo, Guthrie, and Seibert (2004) ได้ทดลองใช้แนวคิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (self-regulated learning) ร่วมกับการใช้สื่อหลายมิติ (hypermedia) เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 24 คน ที่ไม่ได้ศึกษาวิชาชีววิทยาเป็นวิชาเอกและมีความรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตในระดับปานกลางและต่ำ เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลองโดยใช้แบบสอบชุดเดียวกัน ในขณะทดลองใช้กลวิธีการคิดออกเสียง (think-alound) โดยผู้วิจัยให้นักศึกษาทำการศึกษา เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตด้วยตนเองเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นจึงให้นักศึกษารายงานสิ่งที่ตนได้เรียนรู้มารวมทั้งสิ่งที่นักศึกษาคิด ในขณะเดียวกันผู้วิจัยจะคอยกระตุ้นให้นักศึกษาพูดสิ่งที่ได้ศึกษาออกมาเมื่อนักศึกษาเงียบไปเกินกว่า 3 วินาที เมื่อนักศึกษาได้เรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตแล้วจึงให้ทำแบบสอบหลังการทดลองทันที ผู้วิจัยได้ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักศึกษาจากตัวแทนความคิด (mental model) ที่แบ่งออกเป็น 12 ระดับ พบว่า นักศึกษาที่มีพัฒนาการมากมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแทนความคิดเฉลี่ย 4.5 ระดับ ในขณะที่นักศึกษาที่มีพัฒนาการน้อยมีการเปลี่ยนแปลงของระดับตัวแทนความคิดเฉลี่ย 1 ระดับ เมื่อศึกษาความแตกต่างของการเรียนรู้ด้วยตนเองระหว่างนักศึกษาที่มีพัฒนาการมากและน้อยพบว่านักศึกษาที่มีการพัฒนาการมากมีการวางแผนในการเรียน ตรวจสอบผลของการเรียนของตนเอง เลือกใช้กลยุทธ์ในการเรียนที่มีประสิทธิภาพมากกว่ากลยุทธ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพและมักใช้เวลาและความพยายามในการแก้ไขปัญหา แต่นักศึกษาที่มีการพัฒนาการน้อยแทบไม่มีการวางแผนและการตรวจสอบการเรียนของตนเอง เลือกใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพและไม่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและมักขอความช่วยเหลือจากผู้วิจัยในการแก้ไขปัญหา

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

Gutwill-Wise (2001) ได้ทดลองเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับการสอนแบบทั่วไปในวิชาเคมีของนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย 2 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยกรินเนลล์และมหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เคมีและเจตคติต่อวิชาเคมี

พบว่านักศึกษามหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีสูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่นักศึกษามหาวิทยาลัยกรินเนลล์มีความเข้าใจมโนทัศน์เคมีหลังเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยกรินเนลล์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีเจตคติต่อวิชาเคมีในเชิงบวกมากกว่านักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป แต่สำหรับมหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ได้ผลตรงข้ามกัน คือ นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปมีเจตคติต่อวิชาเคมีในเชิงบวกมากกว่านักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

Ummels et al. (2015) ได้ทดลองใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เรื่องการหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสงและชีวสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลองโดยใช้ผังมโนทัศน์พบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และสอดคล้องกับผังมโนทัศน์อ้างอิงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ออกแบบการสอนและใช้อ้างอิงแต่อย่างไรก็ตามพัฒนาการของนักเรียนก็ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าความคาดหมาย

Stanisavljević et al. (2016) ได้เปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์เรื่องผลของการลดลงของพาหะถ่ายเรณูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 65 คน แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยในกลุ่มควบคุมครูสอนแบบบรรยาย ยกตัวอย่างและสาธิตโดยไม่มีการถามคำถามหรือการอภิปรายในห้องเรียน และในกลุ่มทดลองครูแสดงภาพและสื่อพาวเวอร์พ้อยท์ เรื่อง การลดจำนวนลงของพาหะถ่ายเรณู จากนั้นจึงให้นักเรียนอ่านบทความจากหนังสือพิมพ์และให้นักเรียนตั้งคำถาม จากนั้นจึงนำเสนอคำตอบอันจะนำไปสู่ข้อสรุป เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลองด้วยแบบสอบพบว่า ผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลสัมฤทธิ์หลังการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ นอกจากนั้นภายหลังการทดลองยังพบว่า แรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

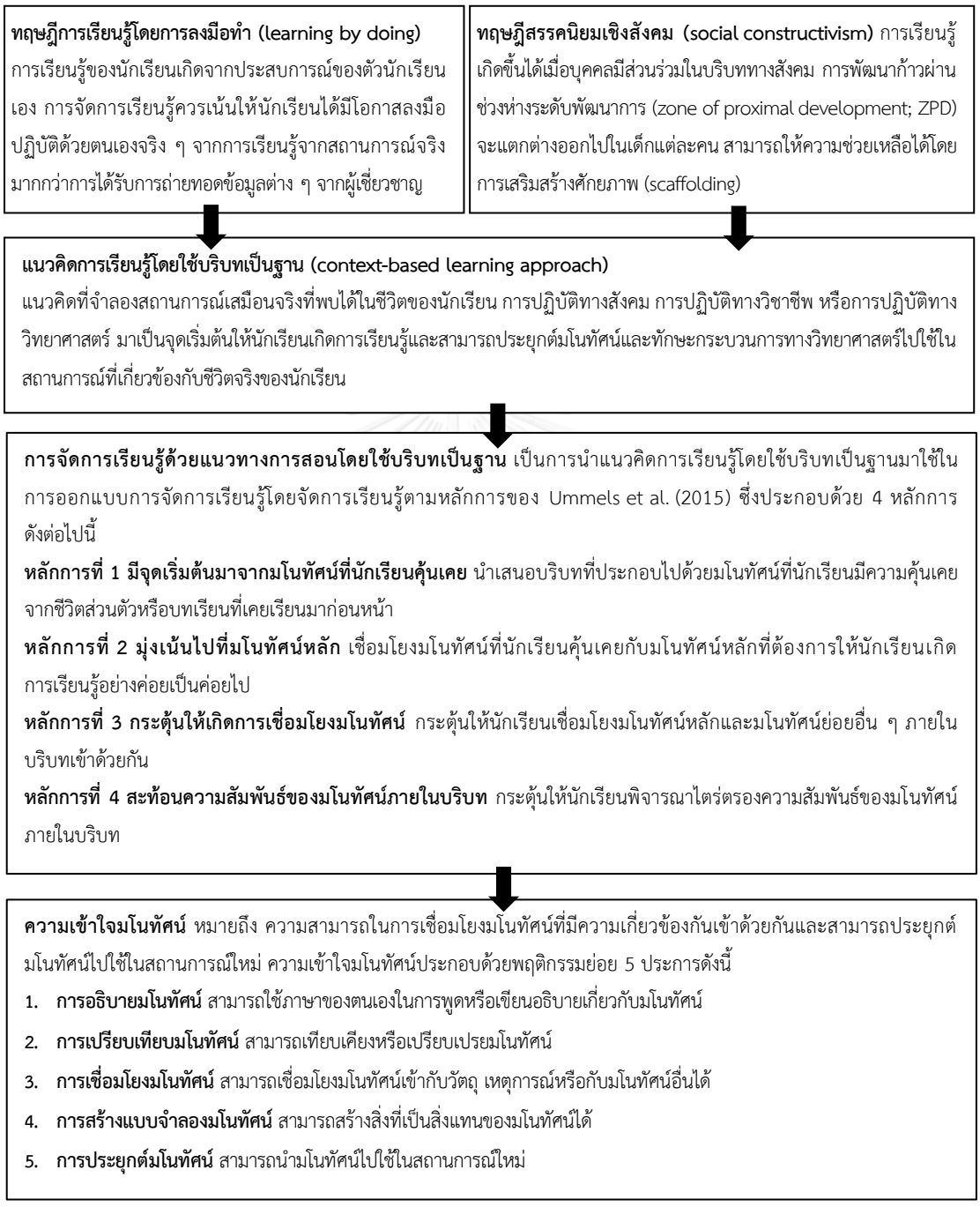
Kuhn and Müller (2014) ได้เปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานโดยใช้โจทย์ปัญหาจากข่าวหนังสือพิมพ์กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากตำราแบบดั้งเดิมในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 122 คน วัดผลก่อนและหลังการทดลองพบว่า นักเรียนมีความสามารถทางการเรียนไม่แตกต่างกันก่อนการทดลอง แต่ภายหลังการทดลองพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดย

ใช้บริบทเป็นฐานโดยใช้โจทย์ปัญหาจากข่าวหนังสือพิมพ์นั้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในหัวข้อการเรียนเรื่องอื่นได้ดีมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากตำราแบบดั้งเดิม อีกทั้งพัฒนาแรงจูงใจในการเรียนได้มากกว่าอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ เป็นดังนี้



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มและวัดหลังการทดลอง (two group posttest only design) จัดให้มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป มีการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ดังแสดงในแผนภาพที่ 11

กลุ่มทดลอง	X---------O
กลุ่มเปรียบเทียบ	~X---------O

แผนภาพที่ 11 รูปแบบการวิจัยแบบศึกษาสองกลุ่มและวัดหลังการทดลอง

X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
~X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป
O	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังทำการทดลอง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 52 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มีวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1) การกำหนดโรงเรียน

การกำหนดโรงเรียนใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) คือ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เป็นโรงเรียนที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากโรงเรียนมีการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความพร้อมในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อาทิเช่น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ เครื่องขยายเสียง มุมความรู้ภายในห้องเรียน และห้องสมุดสำหรับค้นคว้าหาความรู้ เป็นต้น อีกทั้งคณะผู้บริหารโรงเรียนและคณาจารย์ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ให้การสนับสนุน และการช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

2) การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จำนวน 4 ห้องเป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) แล้วทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง (post hoc) รายคู่ด้วยสถิติทดสอบ Scheffe เพื่อเปรียบเทียบห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ไม่แตกต่างกัน ผลการทดสอบพบว่า มีห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ชีววิทยา ไม่แตกต่างกันจำนวน 2 คู่ แสดงดังตารางที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของกลุ่มตัวอย่าง

ห้อง	n	$\bar{x}$	S.D.	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา			
				5/1	5/2	5/3	5/4
5/1	28	75.43	7.58	-	.911	.002*	.000*
5/2	32	76.66	6.66	.911	-	.000*	.000*
5/3	45	69.22	5.83	.002*	.000*	-	.791
5/4	39	67.77	6.26	.000*	.000*	.791	-

*P<.05

จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 คู่ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ไม่แตกต่างกัน คือ ห้อง 5/1 กับ 5/2 และ 5/3 กับ 5/4 โรงเรียนได้อนุเคราะห์ห้องเรียนที่ใช้ทำการวิจัย คือ ห้อง 5/3 และ 5/4 ที่มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์เท่ากับ 69.22 และ 67.77 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.83 และ 6.26 ตามลำดับ จากนั้นใช้วิธีจับสลากเลือกห้องที่เป็นห้องทดลองและห้องเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่าห้อง 5/3 จำนวน 45 คน เป็นห้องเปรียบเทียบ และห้อง 5/4 จำนวน 39 คน เป็นห้องทดลอง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่
   1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
   1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   2.1 แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

รายละเอียดและขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังแสดงต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสำหรับกลุ่มทดลอง และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และศึกษาตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานของ Ummels et al. (2015) เพื่อจัดลำดับขั้นตอนการสอน สามารถสรุปได้ว่ามีหลักการสอนดังต่อไปนี้

หลักการที่ 1 เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย มีการนำเสนอบริบทร่วมกับมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากชีวิตส่วนตัวหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาก่อนหน้า

หลักการที่ 2 มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก มีการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยกับมโนทัศน์หลักที่ต้องการให้เรียนรู้ และทำให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์หลักอย่างค่อยเป็นค่อยไป

หลักการที่ 3 กระตุ้นให้เชื่อมโยงมโนทัศน์ มีการส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยอื่น ๆ ภายในบริบทเข้าด้วยกัน

หลักการที่ 4 สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท ส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละมโนทัศน์ภายในบริบท

1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตจากหนังสือเรียนเพิ่มเติม ชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง - สารสีและการดูดกลืนแสงของสารสี - ปฏิกิริยาแสง (การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร) - การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C3 C4 และ CAM - โฟโตเรสไพเรชัน - ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	12
2	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต - ออกซิน - ไซโทไคนิน - จิบเบอเรลลิน	6

แผนลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
	- เอทิลีน - กรดแอบไซซิก	
รวม		18

1.3 กำหนดบริบทที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นจึงกำหนดกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการลำดับหลักการสอนให้มีความสอดคล้องและครบถ้วน

1.4 ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองที่ใช้บริบทเป็นฐานและจัดทำเอกสารประกอบกิจกรรมให้สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยใช้หลักการสอนของ Ummels et al. (2015) ตามหัวข้อเรื่อง จำนวนคาบเรียน บริบทและกิจกรรมที่ได้กำหนดไว้ โดยแต่ละแผนมีขั้นตอนการสอน บริบทและลำดับหลักการสอน แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ขั้นตอนการสอน บริบทและลำดับหลักการสอน

คาบที่	ขั้นตอนการสอน	หลักการสอน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง		
1-3	**บริบทที่ 1 ด้านสังคม : ปัญหาพื้นที่เกษตรกรรมในรัฐคลองผดุง**	
	1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อให้รับบทบาทเป็นนักวิจัยฝึกหัด และครูรับบทบาทเป็นตัวแทนเจ้าหน้าที่รัฐ จากนั้นครูแจ้งความประสงค์ของรัฐในการขอความร่วมมือนักวิจัยฝึกหัดเพื่อแก้ไขปัญหาการกำหนดเขตที่ดินในการปลูกพืชให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่วเขียว บานไม่รู้โรย และแก้วมังกร	1. เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยคือ การเจริญเติบโตของพืช
	2. ครูแสดงแผนที่สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศในแต่ละส่วนของรัฐคลองผดุง และการกระจายตัวของการปลูกพืชแต่ละชนิด จากนั้นครูและนักเรียน	1. เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยคือ การเจริญเติบโตของพืช

คาบที่	ขั้นตอนการสอน	หลักการสอน
	ร่วมกันอภิปรายถึงผลของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตของพืช	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก โดยมโนทัศน์หลัก คือ การสังเคราะห์ด้วยแสง
	บริบทที่ 2 ด้านวิทยาศาสตร์: การวิจัยการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	
	3. ครูแจก “แนวทางการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช” ให้นักเรียนศึกษา ประกอบไปด้วย 1) การศึกษาชนิดของพืชจากลักษณะภายนอกของพืชทั้ง 5 ชนิด และการศึกษาโครงสร้างภายในของพืชเพื่อระบุตำแหน่งของเนื้อเยื่อที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง	1. เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยคือ โครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของพืช 2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
4-5	2) การศึกษาโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงและสารสำคัญภายในโครงสร้าง ของพืชทั้ง 5 ชนิด	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
	3) การศึกษาหน้าที่ของสารสี ของพืชทั้ง 5 ชนิด โดยในข้อที่ 1 – 3 ทุกกลุ่มต้องส่งตัวแทนสมาชิกกลุ่มละ 2 คนมาร่วมกันศึกษาพืชแต่ละชนิด	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
6-9	4) การค้นคว้า เรื่อง ปฏิกิริยาแสง	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
	5) การค้นคว้า เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบ C_3 C_4 และ CAM	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
	6) ค้นคว้า เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
	4. สรุปประเภทพืชทั้ง 5 ชนิดว่าเป็นพืช C_3 C_4 และ CAM จากข้อมูลโครงสร้างภายในของพืชและกราฟแสดงปริมาณกรดที่ตรวจพบในเวลาต่าง ๆ ของพืชแต่ละชนิด	4. สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท

คาบที่	ขั้นตอนการสอน	หลักการสอน
	5. นักเรียนแบ่งเขตการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ลงในแผนที่รัฐคลองผดุงที่ครูเตรียมไว้ให้และระบายสีต่าง ๆ แทนชนิดพืช พร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผล	4. สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท
10-12	**บริบทด้านสังคม: การแสดงผลงาน**	
	6. นักเรียนนำเสนอผลงานในงาน “นิทรรศน์ผลงานรัฐ: การเปลี่ยนแปลงเพื่อความยั่งยืน”	4. สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท
	7. นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์เพื่อสรุปข้อมูลทั้งหมด	3. กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต		
1	**บริบทที่ 1 ด้านสังคม : ชุมชนเกษตรกรรม**	
	1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อรับบทบาทเป็นชาวสวนมะนาว สับปะรด ทุเรียน องุ่นและปทุมมา จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาในการผลิตพืช	1. เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยคือ การเจริญเติบโตของพืช
	2. นักเรียนเติมคำตอบลงในผังมโนทัศน์เริ่มต้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่ครูเตรียมไว้ให้	1. เริ่มต้นจากมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย 2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก โดยมโนทัศน์หลัก คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
2-3	**บริบทที่ 2 อาชีพ : เกษตรกร**	
	3. ครูแสดงหลักการผลิตพืชแต่ละชนิดและให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเพื่อค้นหาและเลือกใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการผลิตตามหลักการที่ได้รับ	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก
	4. นักเรียนเขียนคู่มือและสื่อคำแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบสำหรับเผยแพร่สู่สาธารณะ	4. สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท

คาบที่	ขั้นตอนการสอน	หลักการสอน
4-6	**บริบทที่ 3 ด้านสังคม : การประชุมวิชาการ**	
	5. นักเรียนเผยแพร่ผลงานของตนเองในงาน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร” และตอบปัญหาจากทางบ้าน	2. มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์หลัก 4. สะท้อนความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท
	6. นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์เพื่อสรุปข้อมูลทั้งหมด	3. กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์

1.5 กำหนดกิจกรรมใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จากนั้นดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปสำหรับกลุ่มเปรียบเทียบและจัดทำเอกสารประกอบกิจกรรมตามหัวข้อเรื่อง บริบทของเนื้อหาสาระ และจำนวนคาบเรียนที่ได้กำหนดไว้

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบกิจกรรมที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล รวมทั้งความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนั้น เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ (1) อาจารย์จากคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ (2) อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ (3) อาจารย์จากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ การวัดประเมินผล รวมทั้งความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2551) จากนั้นแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่าจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ดังนี้

1) ด้านรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบกิจกรรม เสนอให้ปรับแก้ไขคำว่า “ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง” เป็น “ผลการเรียนรู้” เนื่องจากเป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) ด้านเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบกิจกรรม เสนอให้ปรับแก้ไขข้อความให้ให้กระชับและมีใจความสมบูรณ์

1.8 แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนเดียวกับกลุ่มตัวอย่างและยังไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน และเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองใช้พบข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1) ครูคาดหวังว่าเมื่อนักเรียนได้รับแจกเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1 ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ที่แสดงถึงปัญหาของสวนของนักเรียนว่ามีรายได้ค่อนข้างต่ำแล้วนักเรียนจะสามารถเสนอวิธีหารายได้เพิ่มเติมโดยการเพิ่มผลผลิตพืช แต่นักเรียนกลับคิดถึงการเพิ่มรายได้โดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อทดลองจริงครูจึงบอกเงื่อนไขในกิจกรรมว่านักเรียนต้องหาวิธีการเพิ่มผลผลิตพืชเพื่อให้สามารถหารายได้ได้เฉลี่ยเดือนละ 30,000 บาท

2) การใช้วีดิทัศน์ทำให้นักเรียนเติมรายละเอียดเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.2 ไม่ทันทำให้ต้องเปิดทวนหลายรอบและกลายเป็นการชักนำให้นักเรียนเติมคำตอบตามเพื่อนกลุ่มอื่นมากกว่าการพยายามช่วยเหลือกันเองภายในกลุ่ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเปลี่ยนวิธีการจากการให้นักเรียนดูวีดิทัศน์เป็นการให้นักเรียนค้นคว้าจากเอกสารประกอบการเรียนรู้

3) ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1 ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พบว่า ผู้วิจัยคำนวณวันเวลาในการปลูกองุ่นคลาดเคลื่อนทำให้นักเรียนไม่สามารถวางแผนการปลูกองุ่นได้ จึงดำเนินปรับการแก้ไข

4) ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3 ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เดิมผู้วิจัยเว้นช่องว่างให้นักเรียนเติมชื่อฮอร์โมน ชื่อสารทางการค้า ความเข้มข้นของสารทางการค้า และเหตุผลที่เลือกใช้สารทางการค้าชนิดนั้นในขั้นตอนการปลูกพืช แต่พบว่าการเว้นช่องว่างทำให้นักเรียนสับสนจึงปรับเป็นการนำเสนอเฉพาะขั้นตอนการปลูกพืช จากนั้นจึงตั้งคำถามที่นำมาสู่การเลือกใช้ฮอร์โมนหรือสารทางการค้า

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ โดยแต่ละฉบับจำแนกตามหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสาร งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์ พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ ตลอดจนแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์และเกณฑ์การให้คะแนน

ความเข้าใจมโนทัศน์ พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ประกอบด้วย (1) การอธิบายมโนทัศน์ (2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ (3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ (4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ และ (5) การประยุกต์มโนทัศน์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดและประเมินผล

2.2 วิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตจากหนังสือเรียนเพิ่มเติม ชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อสรุปเป็นมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รองพบว่า เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วยมโนทัศน์หลักจำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ (1) การสังเคราะห์ด้วยแสง และมโนทัศน์รองจำนวน 11 เรื่อง ได้แก่ (1) ปฏิกิริยาแสง (2) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (3) โฟโตเรสไพเรชัน (4) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร (5) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (6) การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 (7) การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4 (8) การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM (9) พืช C_3 (10) พืช C_4 และ (11) พืช CAM และ เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต ประกอบด้วยมโนทัศน์หลักจำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ (1) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และมโนทัศน์รองจำนวน 7 เรื่อง ได้แก่ (1) ฮอร์โมนพืช (2) สารสังเคราะห์คล้ายฮอร์โมนพืช (3) ออกซิน (4) เอทิลีน (5) ไซโทไคนิน (6) จิบเบอเรลลิน และ (7) กรดแอบไซซิก (รายละเอียดของมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต แสดงในภาคผนวก ง)

2.3 นำมโนทัศน์ที่วิเคราะห์ได้จาก เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วน

2.4 กำหนดโครงสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ โดยกำหนดจำนวนข้อคำถามย่อยให้เหมาะสมกับปริมาณของเนื้อหาสาระในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จำนวนข้อคำถามย่อยตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แสดงได้ในตารางที่ 8

Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 จำนวนข้อคำถามจำแนกตามพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อมโนทัศน์	พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์	จำนวนข้อคำถาม
1. การสังเคราะห์ด้วยแสง	1. การสังเคราะห์ด้วยแสง 2. ปฏิกิริยาแสง 3. ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	1. อธิบายมโนทัศน์	3
	1. โฟโตเรสไพเรชัน 2. ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 3. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 C_4 และ CAM 4. พืช C_3 C_4 และ CAM	2. เปรียบเทียบมโนทัศน์	2
	การสังเคราะห์ด้วยแสง	3. เชื่อมโยงมโนทัศน์	1
	1. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร 2. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร 3. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3	4. สร้างแบบจำลองมโนทัศน์	3
	1. โฟโตเรสไพเรชัน 2. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 3. พืช C_3 4. ปฏิกิริยาแสง	5. ประยุกต์มโนทัศน์	2
	รวม		**11 ข้อ**
2. การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	1. อธิบายมโนทัศน์	1
	ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก	2. เปรียบเทียบมโนทัศน์	1
	การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	3. เชื่อมโยงมโนทัศน์	1
	ออกซิน	4. สร้างแบบจำลองมโนทัศน์	1
	ออกซิน จิบเบอเรลลิน และเอทิลีน	5. ประยุกต์มโนทัศน์	1
	รวม		**5 ข้อ**

2.5 สร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตตามโครงสร้างแบบวัดที่ได้กำหนดและสร้างให้ครอบคลุมมโนทัศน์ที่วิเคราะห์ได้ แบบวัดที่สร้างขึ้นเป็นแบบวัดแบบอัตนัยจำนวน 2 ฉบับ จำแนกตามหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับข้อสอบแต่ละข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

<u>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง</u>

1) การอธิบายมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 5 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-4 คะแนน โดยปรับจาก Coştu (2002) cited in Saglam-Arslan & Devecioglu, 2010

2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยตอบถูกได้ 1 และหากตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0

3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยการตรวจนับเส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เส้นละ 0.5 คะแนน คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์คำละ 0.5 คะแนน ระดับของมโนทัศน์ระดับละ 5 คะแนน และการเชื่อมโยงข้ามกลุ่ม 10 คะแนน โดยปรับจาก J. D. Novak and Gowin (1984)

4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 6 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-5 คะแนน

5) การประยุกต์มโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 6 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-5 คะแนน

<u>หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช</u>

1) การอธิบายมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 5 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-4 คะแนน โดยปรับจาก Coştu (2002) cited in Saglam-Arslan & Devecioglu, 2010

2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยตอบถูกได้ 1 และหากตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0

3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยการตรวจนับเส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เส้นละ 0.5 คะแนน คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์คำละ 0.5 คะแนน ระดับของมโนทัศน์ระดับละ 5 คะแนน และการเชื่อมโยงข้ามกลุ่ม 10 คะแนน โดยปรับจาก J. D. Novak and Gowin (1984)

4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 5 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-4 คะแนน

5) การประยุกต์มโนทัศน์ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 3 ระดับ กำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 0-2 คะแนน

2.6 ปรับคะแนนแต่ละพฤติกรรมให้มีคะแนนเต็มเท่ากับ 10 คะแนน เพื่อให้แต่ละพฤติกรรมมีน้ำหนักคะแนนเท่ากัน แล้วประเมินผลเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) ที่แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553)

ช่วงคะแนนร้อยละ	ผลการเรียน
80-100	ดีเยี่ยม
75-79	ดีมาก
70-74	ดี
65-69	ค่อนข้างดี
60-64	ปานกลาง
55-59	พอใช้
50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
0-49	ต่ำกว่าเกณฑ์

2.7 นำแบบวัดและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.7 นำแบบวัด เกณฑ์การประเมินและการตรวจให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ (1) อาจารย์จากคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ (2) อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ และ (3) อาจารย์ประจำกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามเชิงปฏิบัติการของพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ที่ต้องการวัด (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2551) รวมทั้งความถูกต้องและความชัดเจนของภาษาแล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาพบว่า ข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวชี้วัดของความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยามากกว่า 0.5 ทุกข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสรุปได้ดังนี้

1) ด้านการใช้ภาษา ปรับการเขียนว่า “จง” เป็น “ให้นักเรียน”

2) ด้านรูปแบบ เพิ่มข้อความที่แสดงให้เห็นถึงกรอบในการเขียนคำตอบให้ชัดเจน โดยอาจจะกำหนดคำให้นักเรียนใช้ในการเลือกตอบ เพิ่มตัวอย่างคำตอบในแต่ละระดับ

คะแนนเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ตรวจในเกณฑ์การประเมิน และควรมีการคาดคะเนคำตอบที่คาดว่านักเรียนจะตอบผิดด้วย

2.8 นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 28 คน และนักเรียนได้เรียนเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตแล้ว เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

2.9 นำตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจำนวน 3 คนที่มีความสามารถแตกต่างกันมาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 1 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) และผู้วิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (สูตรคำนวณแสดงในภาคผนวก จ) ผลการตรวจสอบคุณภาพสรุปว่า ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัยอยู่ระหว่าง 0.81-0.98

2.10 ตรวจคำตอบของนักเรียนแล้วนำผลการวัดมาวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือเพื่อหาค่าดัชนีความยาก (p) และค่าดัชนีอำนาจจำแนก (r) แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยใช้กลยุทธ์ 50% และคำนวณโดยใช้สูตรของ D.R. Sabers (1970) โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (วรรณี แกมเกตุ, 2551) และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับด้วยการหาค่าความเที่ยงโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha) (สูตรคำนวณแสดงในภาคผนวก จ) ผลการตรวจสอบคุณภาพสรุปว่า ข้อสอบฉบับที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ การสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.53 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.98 ข้อสอบฉบับที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.45-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.33 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.96 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นและผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการตามลำดับ ดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

แนะนำรายวิชา จุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การวิจัย และการวัดประเมินผลแก่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความเข้าใจระหว่างนักเรียนและผู้วิจัย

4.2 การดำเนินการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับกลุ่มทดลองและใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปกับกลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 2 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังทำการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองสอนครบถ้วนตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้วจึงวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต ด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา ใช้เวลาในการสอบ 100 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีการและสถิติดังต่อไปนี้

5.1 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample t-test) และนำคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยามาเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) เพื่อระบุระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา แล้วจึงวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาจากการวิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา โดยวิเคราะห์จากการเชื่อมโยงมโนทัศน์และการประยุกต์มโนทัศน์

5.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05 แล้วเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) เพื่อระบุระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05 แล้วจึงหาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเมื่อเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวิธีการสอนแบบทั่วไป การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเทียบกับเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

1.2 การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.3 การเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจำนวน 39 คน ใช้เนื้อหา 2 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต วิเคราะห์ข้อมูลใน 2 ประเด็นต่อไปนี้ คือ (1) การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเทียบกับเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป และ (2) การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

1.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเทียบกับเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ของนักเรียนกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample t-test) โดยเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) ในระดับดีขึ้นไป คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample t-test) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	เกณฑ์ร้อยละระดับดีขึ้นไป	t	P
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง	50	27.32	7.10	54.64	>70	6.76	0.00*
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต	50	26.92	6.68	53.84	>70	7.56	0.00*
รวมหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2	100	54.24	12.00	54.24	>70	8.20	0.00*

*P<.05

จากตารางที่ 10 พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยารวม 2 หน่วย เท่ากับ 54.24 คะแนน หรือร้อยละ 54.24 ต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 70 จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแต่ละหน่วยการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยที่ 1 และ 2 เท่ากับ 27.32 และ 26.92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 54.64 และ 53.84 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้

1.2 การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) และวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนหลังเรียนจากพฤติกรรมการเชื่อมโยงมโนทัศน์และการประยุกต์มโนทัศน์ได้ดังนี้

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และระดับผลการเรียนของพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองจำแนกตามหน่วยการเรียนรู้

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	ระดับผลการเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง	**50**	**27.32**	**54.64**	**ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ**
อธิบายมโนทัศน์	10	6.88	68.80	ค่อนข้างดี
เปรียบเทียบมโนทัศน์	10	12.64	63.20	ปานกลาง
เชื่อมโยงมโนทัศน์	10	12.62	63.10	ปานกลาง
สร้างแบบจำลองมโนทัศน์	10	7.11	35.55	ต่ำกว่าเกณฑ์
ประยุกต์มโนทัศน์	10	8.51	42.55	ต่ำกว่าเกณฑ์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต	**50**	**26.92**	**53.84**	**ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ**
อธิบายมโนทัศน์	10	6.15	61.54	ค่อนข้างดี
เปรียบเทียบมโนทัศน์	10	6.62	66.15	ปานกลาง
เชื่อมโยงมโนทัศน์	10	6.44	64.36	ปานกลาง
สร้างแบบจำลองมโนทัศน์	10	4.44	44.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
ประยุกต์มโนทัศน์	10	3.27	32.70	ต่ำกว่าเกณฑ์
รวมหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2	**100**	**54.24**	**54.24**	**ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ**

จากตารางที่ 11 พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อพิจารณาจำแนกตามหน่วยการเรียนรู้พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาจากพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาพบว่า พฤติกรรมอธิบายมโนทัศน์อยู่ในระดับค่อนข้างดี ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ พฤติกรรมเปรียบเทียบมโนทัศน์และเชื่อมโยงมโนทัศน์อยู่ในระดับปานกลาง ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ และพฤติกรรมสร้างแบบจำลองมโนทัศน์และประยุกต์มโนทัศน์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ และการประยุกต์มโนทัศน์หลังเรียนสามารถแสดงได้ดังนี้

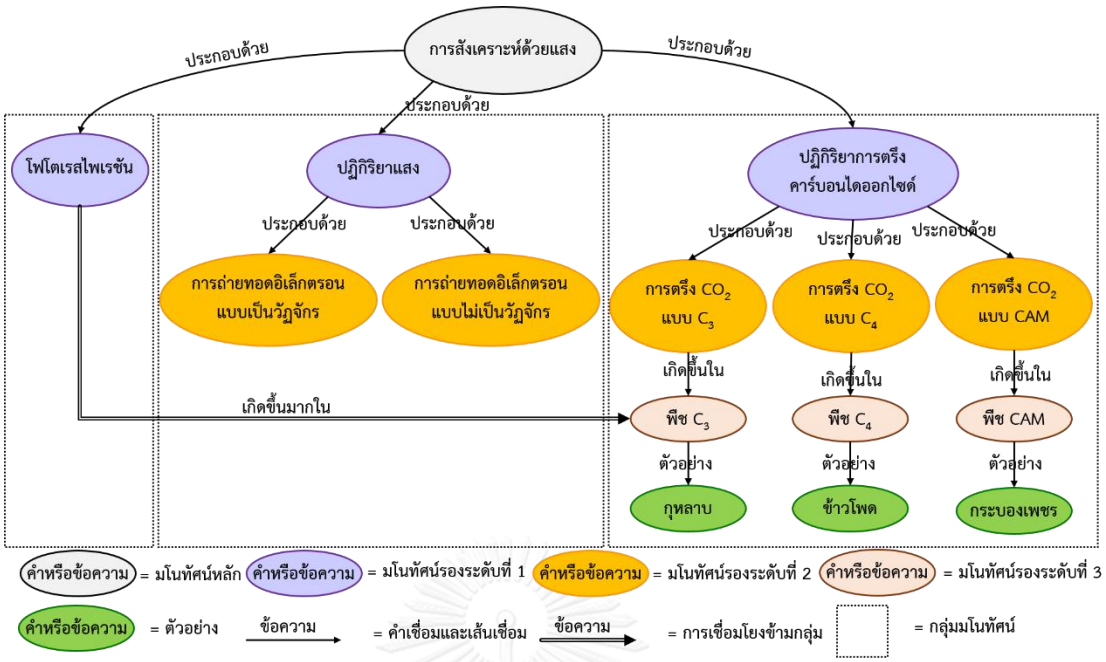
1.2.1 การวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์

การเชื่อมโยงมโนทัศน์ คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับสิ่งต่าง ๆ เหตุการณ์ หรือมโนทัศน์อื่น การวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์พิจารณาคำตอบจากการเขียนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่จำนวน 39 คน มีประเด็นพิจารณา 4 ข้อ ได้แก่ (1) ความครบถ้วนของคำหรือข้อความสำคัญที่แสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ในผังมโนทัศน์ (2) ความถูกต้องของการจัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ (3) ความครบถ้วนและความถูกต้องของการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ และ (4) ความครบถ้วนและความถูกต้องของการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์

จากการเขียนผังมโนทัศน์ของนักเรียนพบว่า สามารถจัดกลุ่มการเชื่อมโยงมโนทัศน์ของนักเรียนได้เป็น 4 กลุ่มดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 นักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ ลักษณะคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้จะมีความสมบูรณ์ในทุกประเด็น กล่าวคือ (1) ผังมโนทัศน์ปรากฏคำหรือข้อความสำคัญที่แสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ครบถ้วน (2) จัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องทั้งหมด (3) วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องทั้งหมด (4) ระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ไม่มีนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ และไม่มีนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ตัวอย่างคำตอบจากผังโนทัศน์ของนักเรียนสามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 12



แผนภาพที่ 12 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องสมบูรณ์

จากแผนภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนระบุมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ครบถ้วน โดยมโนทัศน์หลัก ได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสง มโนทัศน์รอง ได้แก่ *โฟโตเรสไพเรชัน ปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM พืช C_3 พืช C_4* และ*พืช CAM* และตัวอย่างมโนทัศน์ ได้แก่ *กุหลาบ ข้าวโพด* และ*กระบองเพชร*

2) มีการจัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์ถูกต้อง เช่น นักเรียนจัดตำแหน่งให้ “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” ที่เป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 1 อยู่ในลำดับถัดมาจาก “การสังเคราะห์ด้วยแสง” ซึ่งเป็นมโนทัศน์หลัก และจัดตำแหน่งให้ “การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4” ที่เป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 2 อยู่ในลำดับถัดมา และจัดให้ “ข้าวโพด” อยู่ในลำดับสุดท้าย เนื่องจากเป็นตัวอย่างมโนทัศน์ของ “พืช C_4” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 3 เป็นต้น

3) มีการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องและครบถ้วน เช่น นักเรียนวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “การสังเคราะห์ด้วยแสง” ซึ่งเป็นมโนทัศน์หลัก และ “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 1 และวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” และ “การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับ

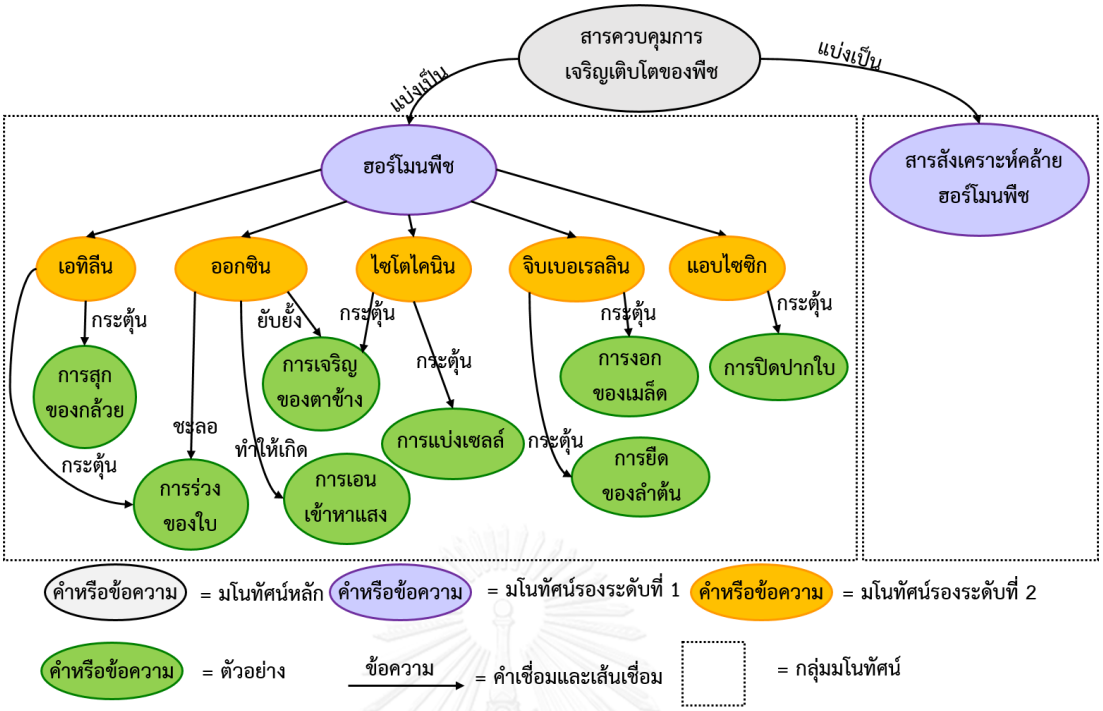
ที่ 2 แล้ววาดเส้นเชื่อมระหว่าง “การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4” และ “พืช C_4” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 3 และสุดท้ายวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “พืช C_4” และ “ข้าวโพด” ซึ่งเป็นตัวอย่างมโนทัศน์ นอกจากนี้นักเรียนวาดเส้นเชื่อมข้ามกลุ่มมโนทัศน์ โดยวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “โฟโตเรสไพเรชัน” และ “พืช C_3” ซึ่งพืช C_3 เป็นมโนทัศน์ในกลุ่มมโนทัศน์ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

4) มีการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้องและครบถ้วน เช่น นักเรียนระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ว่า “ประกอบด้วย” บนเส้นเชื่อมระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงและปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ บ่งบอกความสัมพันธ์ได้ว่า “การสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วย ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” และการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ว่า “ตัวอย่าง” บนเส้นเชื่อมระหว่างพืช C_4 และ ข้าวโพด บ่งบอกความสัมพันธ์ได้ว่า “พืช C_4 ตัวอย่าง ข้าวโพด”

กลุ่มที่ 2 นักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ลักษณะคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้มีความไม่สมบูรณ์ในประเด็นที่ (1) (3) หรือ (4) กล่าวคือ (1) ผังมโนทัศน์ปรากฏคำหรือข้อความสำคัญที่แสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ไม่ครบถ้วน (2) จัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ถูกต้องทั้งหมด (3) วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ไม่ครบถ้วนแต่เส้นที่วาดถูกต้องทั้งหมด (4) ระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ไม่ครบถ้วนแต่คำหรือข้อความถูกต้องทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.13 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 35.90 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และมีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ตัวอย่างคำตอบจากผังมโนทัศน์ของนักเรียนแสดงได้ดังแผนภาพที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภาพที่ 13 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

จากแผนภาพที่ 13 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนระบุมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ครบถ้วน โดยมโนทัศน์หลัก ได้แก่ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มโนทัศน์รอง ได้แก่ *ฮอร์โมนพืช สารสังเคราะห์คล้ายฮอร์โมนพืช เอทิลีน ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน* และ*แอบไซซิก* และตัวอย่างมโนทัศน์ ได้แก่ *การสุกของกล้วย การร่วงของใบ การเจริญของตาข้าง การเอนเข้าหาแสง การแบ่งเซลล์ การงอกของเมล็ด การยืดของลำต้น* และ*การปิดปากใบ*

2) มีการจัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์ถูกต้องทั้งหมด เช่น นักเรียนจัดตำแหน่งให้ “ฮอร์โมนพืช” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 1 มีลำดับถัดมาจาก “สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช” ซึ่งเป็นมโนทัศน์หลัก แล้วจึงจัดตำแหน่งให้ชื่อฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ เช่น “เอทิลีน” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 2 อยู่ในลำดับถัดมา จากนั้นจึงจัดตำแหน่งให้ตัวอย่างมโนทัศน์ เช่น “การสุกของกล้วย” อยู่ในลำดับท้ายสุด

3) มีการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เช่น นักเรียนวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช” ซึ่งเป็นมโนทัศน์หลัก และ “ฮอร์โมนพืช” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 1 และวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “ฮอร์โมนพืช” และ “เอทิลีน” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 2 และวาดเส้นเชื่อมโยงระหว่าง “เอทิลีน” และ “การสุกของ

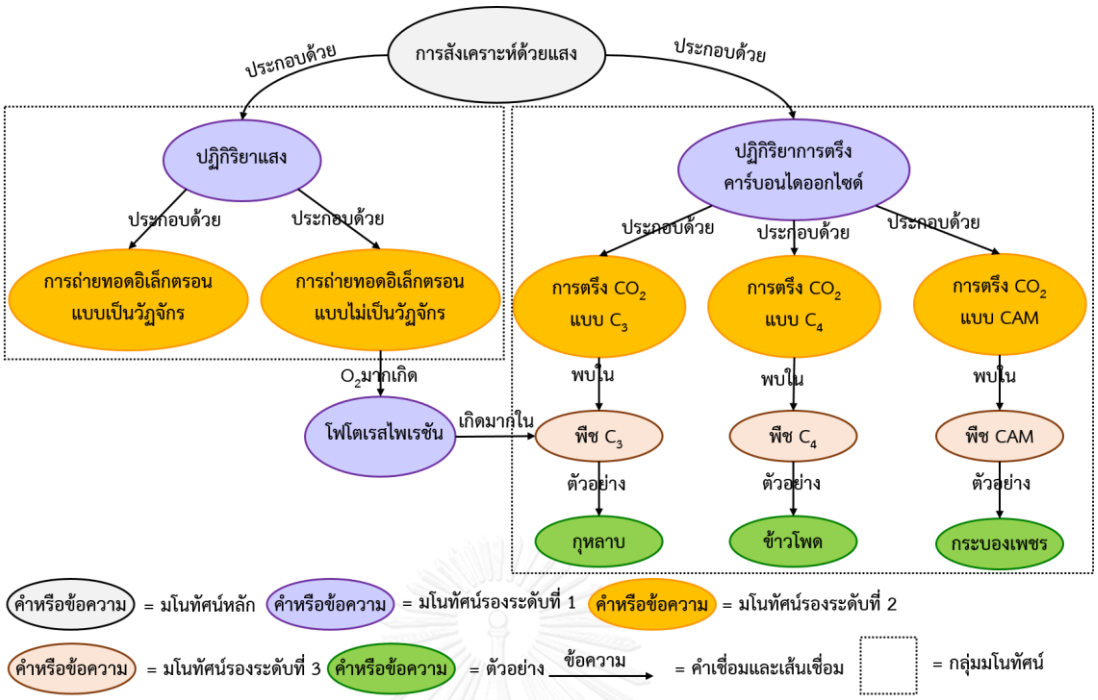
กล้วย” ซึ่งเป็นตัวอย่างมโนทัศน์ แต่นักเรียนไม่ได้วาดเส้นเชื่อมระหว่าง “แอบไซซิก” และ “การงอกของเมล็ด”

4) มีการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ไม่ครบถ้วนแต่คำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์บนผังมโนทัศน์ถูกต้องทั้งหมด เช่น นักเรียนไม่ระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์บนเส้นเชื่อมระหว่าง “ฮอร์โมนพืช” และชื่อฮอร์โมนพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ “เอทิลีน” “ออกซิน” “ไซโทไคนิน” “จิบเบอเรลลิน” และ “แอบไซซิก” แต่คำหรือข้อความแสดงบนเส้นแสดงความสัมพันธ์ในผังมโนทัศน์ถูกต้องทั้งหมด เช่น ระบุคำว่า “กระตุ้น” ระหว่างเอทิลีนและการสุกของกล้วย บ่งบอกความสัมพันธ์ได้ว่า “เอทิลีน กระตุ้น การสุกของกล้วย” และเนื่องจากนักเรียนวาดเส้นระหว่างมโนทัศน์ไม่ครบถ้วนส่งผลให้การระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ไม่ครบถ้วน

กลุ่มที่ 3 คือ นักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน ลักษณะคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้มีความไม่สมบูรณ์ในประเด็นที่ (2) (3) หรือ (4) กล่าวคือ (1) ผังมโนทัศน์ปรากฏคำหรือข้อความสำคัญที่แสดงมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ครบถ้วน (2) จัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (3) วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (4) ระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน

ผลการวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 56.41 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 61.54 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วน และมีนักเรียนจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 35.90 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่ถูกต้องบางส่วนในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบของนักเรียนสามารถจำแนกการเชื่อมโยงมโนทัศน์ของนักเรียนได้อีก 2 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ คือ เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้มากกว่าร้อยละ 70 ตัวอย่างคำตอบจากผังมโนทัศน์ของนักเรียนแสดงได้ดังแผนภาพที่ 14 และ (2) กลุ่มที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย คือ เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้น้อยกว่าร้อยละ 70 ตัวอย่างคำตอบจากผังมโนทัศน์ของนักเรียนแสดงได้ดังแผนภาพที่ 15



แผนภาพที่ 14 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้เป็นส่วนใหญ่

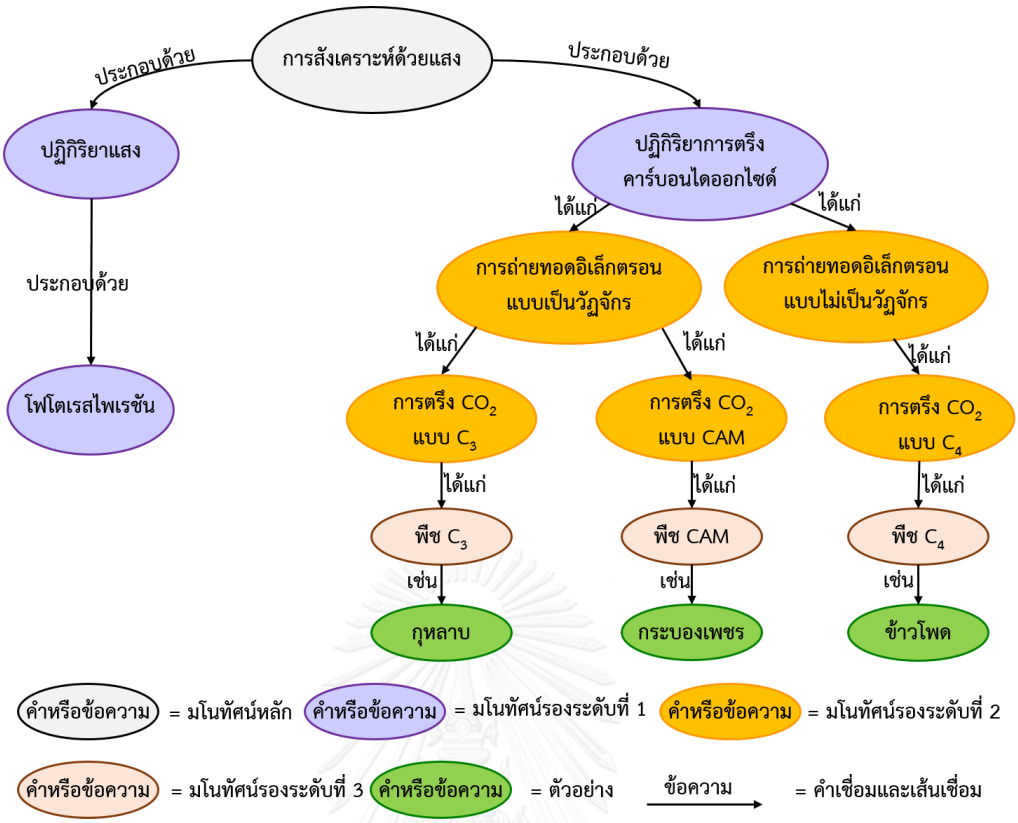
จากแผนภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนระบุมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ครบถ้วนทั้งหมด

2) มีการจัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์ถูกต้องเกือบทั้งหมด ไม่ถูกต้องเพียงตำแหน่งของ “โฟโตเรสไพเรชัน” ซึ่งเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 1 แต่นักเรียนจัดวางเป็นมโนทัศน์รองระดับที่ 3

3) มีการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ถูกต้องเกือบทั้งหมด ไม่ถูกต้องเพียงเส้นเชื่อมระหว่าง “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร” และ “โฟโตเรสไพเรชัน” ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดตำแหน่งมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง

4) มีการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด ไม่ถูกต้องเพียงคำที่อยู่บนเส้นเชื่อมระหว่าง “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร” และ “โฟโตเรสไพเรชัน” เนื่องจากการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง



แผนภาพที่ 15 ตัวอย่างผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย

จากแผนภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนระบุมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และตัวอย่างมโนทัศน์ได้ครบถ้วนทั้งหมด

2) มีการจัดตำแหน่งหรือลำดับของมโนทัศน์ถูกต้องเพียงบางส่วน ได้แก่ มโนทัศน์รองระดับที่ 1 ได้แก่ “ปฏิกิริยาแสง” และ “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” และ มโนทัศน์รองระดับที่ 2 ได้แก่ “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร” และ “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร”

3) มีการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากนักเรียนวาดเส้นเชื่อมมโนทัศน์ต่างกลุ่มกันเป็นจำนวนมาก เช่น วาดเส้นเชื่อมระหว่าง “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” กับ “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร” ซึ่งเป็นมโนทัศน์ในกลุ่มของ “ปฏิกิริยาแสง” และวาดเส้นเชื่อมระหว่าง “การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร” กับ “การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3” ซึ่งเป็นมโนทัศน์ในกลุ่มของ “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์” และวาดเส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ระหว่าง “ปฏิกิริยาแสง” กับ “โฟโตเรสไพเรชัน” ไม่ถูกต้องเนื่องจากการจัดตำแหน่งมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง

Chulalongkorn University

4) มีการระบุคำหรือข้อความแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการจัดตำแหน่งมโนทัศน์และการวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง

กลุ่มที่ 4 นักเรียนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ไม่ได้ กล่าวคือ นักเรียนไม่วาดผังมโนทัศน์จึงไม่สามารถวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ของนักเรียนได้

ผลการวิเคราะห์การเชื่อมโยงมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.13 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ไม่ได้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ไม่ได้ และมีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ไม่ได้ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้

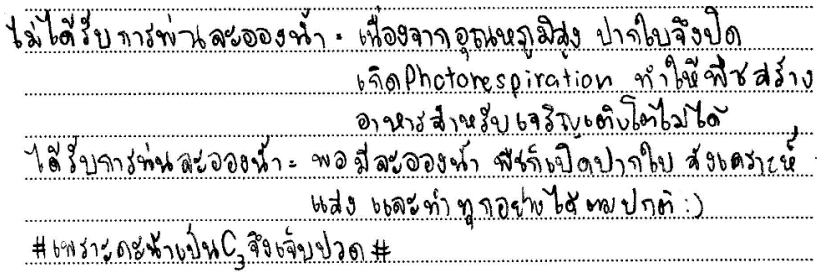
1.2.2 การวิเคราะห์การประยุกต์มโนทัศน์

การประยุกต์มโนทัศน์ คือ การนำมโนทัศน์ไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่หรือใช้แก้ไขปัญหา การวิเคราะห์การประยุกต์มโนทัศน์พิจารณาจากคำตอบที่นำมโนทัศน์ไปใช้อธิบายหรือใช้แก้ไขปัญหาของนักเรียนที่กลุ่มทดลอง 39 คน พบว่า สามารถจัดกลุ่มการประยุกต์มโนทัศน์ของนักเรียนได้ 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 คือ นักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้ กล่าวคือ นักเรียนนำมโนทัศน์ในบทเรียนไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหาได้ แต่อาจจะอธิบายไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องบางส่วน ผลการวิเคราะห์การประยุกต์มโนทัศน์ของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 38.46 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 43.59 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้ และมีนักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ตัวอย่างคำตอบการประยุกต์มโนทัศน์ของนักเรียน มีดังต่อไปนี้

ตัวอย่างคำถาม *“ต้นคะน้าที่ได้รับการพ่นละอองน้ำเป็นระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อลดอุณหภูมิรอบ ๆ ต้นคะน้า มีขนาดใหญ่กว่าคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นละอองน้ำ เพราะเหตุใดต้นคะน้าที่ได้รับการพ่นละอองน้ำและไม่ได้รับการพ่นละอองน้ำจึงมีขนาดแตกต่างกัน กำหนดให้การพ่นละอองน้ำไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำในดิน”*

คำตอบของนักเรียน



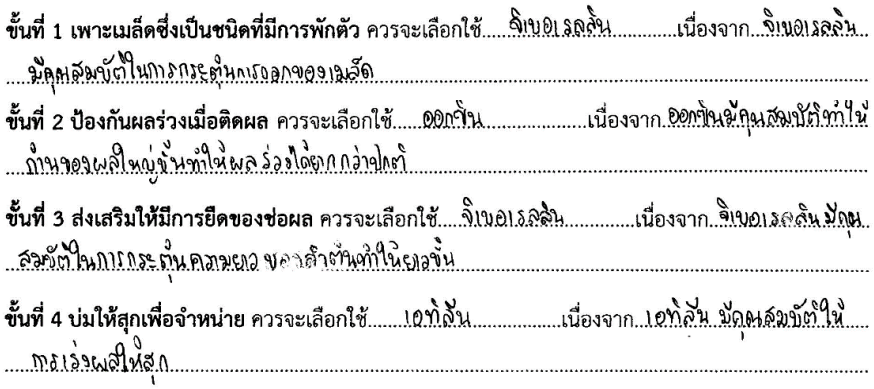
แผนภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ได้

จากแผนภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่านักเรียนประยุกต์มโนทัศน์เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โฟโตเรสไพเรชัน และพืช C_3 ได้ โดยอธิบายว่าต้นคะน้าที่ได้รับการพ่นละอองน้ำมีขนาดใหญ่กว่าต้นคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นละอองน้ำ เพราะคะน้าจัดเป็นพืช C_3 และอุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้พืช C_3 ปิดปากใบ และส่งผลให้เกิดกระบวนการโฟโตเรสไพเรชัน ทำให้คะน้าสังเคราะห์อาหารไม่ได้ แต่คะน้าที่ได้รับการพ่นละอองน้ำสามารถเปิดปากใบและสังเคราะห์ด้วยแสงได้

กลุ่มที่ 2 นักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ กล่าวคือ นักเรียนไม่นำมโนทัศน์ในบทเรียนไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหา ได้แก่ นักเรียนไม่เขียนคำตอบ เขียนคำตอบทวนซ้ำกับคำถาม หรือเขียนคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม ผลการวิเคราะห์การประยุกต์มโนทัศน์ของนักเรียนหลังเรียนพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1มีนักเรียนจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 61.54 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 56.41 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ และมีนักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ในทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ตัวอย่างคำตอบการประยุกต์มโนทัศน์ของนักเรียน มีดังต่อไปนี้

ตัวอย่างคำถาม *“ให้นักเรียนเลือกสารเคมีต่อไปนี้ ได้แก่ 1) น้ำยาเร่งราก มีคุณสมบัติชักนำให้พืชเกิดราก 2) สารสกัดสาหร่ายทะเล มีคุณสมบัติชักนำการยืดของต้นมะเขือเทศ 3) น้ำมะพร้าว มีคุณสมบัติเมื่อนำไปใช้ร่วมกับออกซินในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีคุณสมบัติชักนำการแบ่งเซลล์ 4) ถ่านแก๊ส มีคุณสมบัติชักนำการออกดอกของสับปะรด ไปใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิตพืช และอธิบายเหตุผลที่เลือกใช้สารชนิดนั้น”*

คำตอบของนักเรียน



แผนภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนที่ประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้

จากแผนภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่านักเรียนประยุกต์มโนทัศน์ไม่ได้ โดยนักเรียนเติมชื่อฮอร์โมนพืชและอธิบายคุณสมบัติของฮอร์โมนพืชแทนตัวเลือกที่โจทย์กำหนด ถึงแม้ว่าฮอร์โมนที่นักเรียนตอบจะสามารถใช้ได้จริงในขั้นตอนเหล่านี้ก็ตาม

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจำนวน 39 คน และกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปจำนวน 45 คน วิเคราะห์ข้อมูลใน 3 ประเด็นต่อไปนี้ คือ (1) การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ (2) การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ และ (3) การเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ของความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	ระดับผลการเรียน	t	p
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง						
กลุ่มทดลอง	27.32	54.64	7.10	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	0.83	0.41
กลุ่มเปรียบเทียบ	25.96	52.06	7.93	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ		
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต						
กลุ่มทดลอง	26.92	55.12	6.68	พอใช้	0.00	1.00
กลุ่มเปรียบเทียบ	26.92	55.12	6.06	พอใช้		
รวมหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2						
กลุ่มทดลอง	54.24	54.24	12.00	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	0.51	0.61
กลุ่มเปรียบเทียบ	52.88	52.88	12.39	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ		

*P<.05

จากตารางที่ 12 พบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยารวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 54.24 และ 52.88 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทีระหว่าง 2 กลุ่มพบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนไม่แตกต่างกัน (t= 0.51, p = 0.61) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายหน่วยการเรียนรู้พบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเทียบเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 และรวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้อยู่ในระดับเดียวกัน คือ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test) ในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียน

พฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา	กลุ่มทดลอง			กลุ่มเปรียบเทียบ			t	p
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.		
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง								
1. การอธิบายมโนทัศน์	**6.88**	68.80	1.57	**6.15**	61.50	1.73	**2.02***	0.05
2. การเปรียบเทียบมโนทัศน์	6.32	63.20	2.01	5.34	53.40	2.53	1.94	0.06
3. การเชื่อมโยงมโนทัศน์	**6.31**	63.10	2.54	**7.38**	73.80	2.05	**2.14***	0.04
4. การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	3.56	35.55	2.75	3.42	34.20	2.91	0.21	0.83
5. การประยุกต์มโนทัศน์	4.26	42.55	1.53	3.67	36.65	1.45	1.81	0.07
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต								
1. การอธิบายมโนทัศน์	6.15	61.50	1.89	6.22	62.20	1.65	0.18	0.86
2. การเปรียบเทียบมโนทัศน์	6.62	66.15	2.14	5.82	58.20	1.91	1.80	0.08
3. การเชื่อมโยงมโนทัศน์	6.44	64.35	2.07	7.29	72.90	2.13	1.85	0.07
4. การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	4.44	44.45	2.07	4.64	46.40	2.31	0.41	0.68
5. การประยุกต์มโนทัศน์	3.27	32.70	2.73	2.94	29.45	2.39	0.58	0.56

*P<.05

จากตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการอธิบายมโนทัศน์เท่ากับ 6.88 สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.15 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยการเชื่อมโยงมโนทัศน์เท่ากับ 7.38 คะแนน สูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.31 คะแนน แต่ไม่พบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในพฤติกรรมอื่น เมื่อพิจารณาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

2.3 การเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามระดับความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

เปรียบเทียบจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามระดับคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน โดยหาความถี่ของจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่าง ๆ เมื่อเทียบกับเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2553) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของนักเรียนในกลุ่มทดลอง (n=39) และกลุ่มเปรียบเทียบ (n=45) ที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่าง ๆ ตามเกณฑ์การตัดสินระดับผลการเรียน

ระดับผลการเรียน	หน่วยการเรียนรู้ที่							
	1 การสังเคราะห์ด้วยแสง				2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต			
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ดีเยี่ยม (80-100)	0	0.00	1	**2.22**	0	**0.00**	0	0.00
ดีมาก (75-79)	1	2.56	3	6.67	1	2.56	1	2.22
ดี (70-74)	5	12.82	1	2.22	4	10.26	2	4.44
ค่อนข้างดี (65-69)	4	10.26	7	15.56	1	2.56	5	11.11
ปานกลาง (60-64)	2	5.13	3	6.67	8	20.51	5	11.11
พอใช้ (55-59)	12	30.77	2	4.44	4	10.26	8	17.78
ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (50-54)	2	5.13	4	8.89	6	15.38	4	8.89
ต่ำกว่าเกณฑ์ (0-49)	13	**33.33**	24	**53.33**	15	**38.46**	20	**44.44**
รวม	39	100	45	100	39	100	45	100

จากตารางที่ 14 พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่าง ๆ ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับสูงสุดพบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับดีเยี่ยม จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.22 แต่ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระดับดีเยี่ยมในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับดีขึ้นไปพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับดีขึ้นไปมีจำนวนมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบทั้งใน 2 หน่วยการเรียนรู้ โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 และ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 11.11 ในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามลำดับ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 12.82 และ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่ำกว่าเกณฑ์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบทั้งใน 2 หน่วยการเรียนรู้ โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 34.12 และ 24 คน คิดเป็นร้อยละ 53.28 ในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามลำดับ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มี

นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 38.46 และ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 44.44 ในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experiment design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบสองกลุ่มวัดครั้งเดียว (Two-group Posttest only) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและ กลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน จำนวน 39 คน และกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จำนวน 45 คน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 คาบ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาประกอบด้วยแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต ใช้ภายหลังการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (independent t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงและการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไปแต่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทั่วไปมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

ผลการวิจัยสรุปว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาแยกตามหน่วยการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตอยู่ในระดับพอใช้ และ (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทั่วไปมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 เนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในงานวิจัยมีความลึกและมีรายละเอียดสำคัญมากทำให้ยากที่จะสร้างบริบทหรือสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องและครอบคลุมรายละเอียดสำคัญได้ครบถ้วน ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจึงอาจมีบางส่วนของเนื้อหาที่นักเรียนละเลยไป ตัวอย่างเช่น ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนช่วยกันสืบค้นข้อมูลเพื่อวางแผนว่าควรการปลูกพืช 5 ชนิดในบริเวณใดจึงจะมีความเหมาะสม ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญและเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับบริบทนี้ จากปัญหานี้นักเรียนต้องอาศัยความรู้เรื่องรูปแบบของการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชจึงจะสามารถวางแผนการปลูกพืชแต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสม แต่ความรู้ก่อนหน้าหรือความรู้พื้นฐานมีความเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหานี้ได้น้อย เช่น ความรู้ในเรื่องปฏิกิริยาแสง โดยเฉพาะในส่วนของกลไกหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาแสง เป็นต้น แม้ว่าครูจะมีปัญหาย่อย ๆ ให้นักเรียนได้ศึกษาความรู้ทั้งหมดก่อนแล้วก็ตาม แต่นักเรียนอาจมุ่งความสนใจไปเฉพาะปัญหาสำคัญที่ครูใช้เป็นจุดเริ่มต้นของบริบท ทำให้ละเลยเนื้อหาส่วนอื่นที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ไขปัญหานี้ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเท่านั้น สอดคล้องกับ Bennett and Lubben (2006) ที่ได้ระบุถึงลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อความรู้เหล่านั้นมีความจำเป็นต่อการทำความเข้าใจบริบทที่นักเรียนกำลังศึกษาอยู่ และ Bennett and Holman (2003) ยังได้กล่าวไว้อีกว่า การสร้างบทเรียนที่ใช้บริบทเป็นฐานให้ครอบคลุมมโนทัศน์ทั้งหมดที่คาดหวังในหลักสูตรเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะมโนทัศน์ที่ซับซ้อนมากและเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องราวในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้น้อย เช่น ตารางธาตุ เป็นต้น นอกจากนี้ Bennett and Lubben (2006) ได้เสนอว่า การพัฒนามโนทัศน์ให้มีความสมบูรณ์นั้นจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์เหล่านั้นหลายครั้งในบริบทที่ต่างกันออกไป ดังตัวอย่างการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง สมดุลเคมี มีการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 ครั้ง ใน

4 บริบท ได้แก่ (1) บรรยากาศ นักเรียนได้เรียนรู้การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับของคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (2) เรื่องราวของเหล็กกล้า นักเรียนได้เรียนรู้ปฏิกิริยารีดอกซ์ (3) เกษตรกรรม นักเรียนได้เรียนรู้สมดุลการแลกเปลี่ยนไอออน และ (4) มหาสมุทร นักเรียนได้เรียนรู้ pH และสารละลายบัฟเฟอร์ ภายหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า สามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี

ประการที่ 2 ข้อมูลที่ครูเตรียมไว้มีความซับซ้อนเกินความสามารถที่นักเรียนจะวิเคราะห์ข้อมูลได้ ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในการจัดการเรียนรู้นักเรียนต้องค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้และเอกสารที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาตามบริบท เมื่อนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ดังกล่าวได้จึงส่งผลต่อการแก้ไขปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ในบทเรียน จะเห็นได้จากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลและพบว่า กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชรูปแบบต่าง ๆ จะมีสารตัวกลางที่เป็นกรดเกิดขึ้นและพืชบางชนิดมีการสะสมกรดที่เกิดขึ้นนี้ไว้ จากนั้นนักเรียนวิเคราะห์ผลจากกราฟที่แสดงระดับความเป็นกรดภายในใบพืชชนิดต่าง ๆ 5 ชนิด เพื่อนำข้อมูลมาใช้ตอบคำถามว่าพืชแต่ละชนิดมีรูปแบบการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบใด ผลปรากฏว่านักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟได้ด้วยตนเอง และแม้ว่าครูแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลบางส่วนให้แก่นักเรียน แต่นักเรียนส่วนใหญ่ก็ยังไม่สามารถแปลความหมายของกราฟได้ ครูจึงต้องวิเคราะห์และสรุปข้อมูลจากกราฟเพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมในขั้นตอนต่อไปได้ การที่นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และสรุปข้อมูลได้ด้วยตนเองส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ที่ได้อธิบายว่าการวิเคราะห์เป็นพื้นฐานสำคัญที่นำไปสู่การแก้ไขปัญหาและการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ประการที่ 3 บริบทที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนยังไม่สามารถดึงดูดใจให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของบริบทได้ เพราะบริบทไม่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของนักเรียนโดยตรง ทำให้นักเรียนคิดว่าเรื่องราวที่เรียนไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ หรือคิดว่าบริบทที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้จะไม่ถูกนำไปใช้ในการออกข้อสอบ เห็นได้จากระหว่างการจัดการเรียนรู้เรื่องการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต นักเรียนพูดกับครูว่า *“ทำไมหนูต้องทำแบบนี้ด้วย หนูไม่ได้อยากเป็นชาวสวนนะครู”* หรือ *“ครูออกข้อสอบเกี่ยวกับเรื่องพวกนี้หรือเปล่า”* ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ สอดคล้องกับคำอธิบายของ De Jong (2008) ว่า การใช้บริบทไม่สามารถพัฒนาผลการเรียนของนักเรียนได้นั้นเป็นเพราะนักเรียนมักไม่สนใจเรียนรู้ในบริบทอย่างจริงจัง เพราะบริบทเหล่านี้ไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียนโดยตรง

หรือนักเรียนเกิดความเคยชินว่ากิจกรรมที่ครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนไม่เกี่ยวข้องกับการสอบและการประเมินผลการเรียน

ประการที่ 4 ความสัมพันธ์อันดีและความใกล้ชิดของนักเรียนภายในกลุ่มย่อยส่งผลดีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกับเพื่อนในกลุ่มย่อย และพยายามรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายไม่แตกต่างกัน ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ Johnson and Johnson (1999) ที่ได้อธิบายถึงผลของการที่นักเรียนมีความสัมพันธ์อันดีในกลุ่มไว้ว่า การมีความสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้สึกผูกพัน ความรับผิดชอบต่อการทำงานที่ได้รับมอบหมาย ความเต็มใจและความอดทนต่องานที่ยาก และมีความมุ่งมั่นต่อความสำเร็จของกลุ่ม

ประการที่ 5 นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบไม่เข้าใจมโนทัศน์เคมีหรือฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของมโนทัศน์ชีววิทยาในบทเรียน ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Berthelsen (n.d.) cited in Tekkaya (2002) ที่ได้เสนอแนวคิดว่า มโนทัศน์ชีววิทยา เช่น กระบวนการเมแทบอลิ-ซึม มีพื้นฐานมาจากมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เมื่อนักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอจึงน่าจะเป็นสาเหตุให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจกระบวนการเมแทบอลิซึมในชีววิทยาได้ ตัวอย่างเช่นในการเรียน เรื่อง สายใยอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจระดับเซลล์ นักเรียนจำเป็นต้องมีมโนทัศน์ เรื่อง การอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นมโนทัศน์พื้นฐานในการทำความเข้าใจ ดังนั้นเมื่อนักเรียนไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการดังกล่าวได้

นอกจากสาเหตุประการต่าง ๆ ข้างต้นที่ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไม่เป็นไปตามสมมติฐานแล้วยังพบว่า บริบทของโรงเรียนในประเทศไทยมีข้อจำกัดบางประการต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเมื่อเทียบกับโรงเรียนต่างประเทศ ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ (1) ลักษณะหรือธรรมชาติของนักเรียน (2) จำนวนนักเรียนต่อห้องเรียน และ (3) เวลาเรียน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) ลักษณะหรือธรรมชาติของเด็กนักเรียนไทยมักจะเคยชินกับการเรียนแบบเป็นผู้รับความรู้จากการบรรยาย การบอกเล่า มากกว่าการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ฉะนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องคิดและการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อหาคำตอบจึงมักไม่ค่อยประสบความสำเร็จโดยเฉพาะในเนื้อหาบทเรียนที่มีความซับซ้อนมาก ความเคยชินกับการเรียนแบบรอรับความรู้นี้จึงเป็น

อุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบ ดังนั้นครูจึงควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูล การคิดแก้ปัญหาโดยคิดหาคำตอบโดยเริ่มต้นจากปัญหาที่ไม่ยากและไม่ซับซ้อน และอาจจะเลือกใช้เนื้อหาเพียงบางส่วนของบทเรียนในตอนเริ่มต้น แล้วจึงเพิ่มปริมาณเนื้อหาบทเรียนและความยากหรือความซับซ้อนของปัญหาให้มากขึ้นตามลำดับเมื่อนักเรียนเคยชินกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบนี้แล้ว

2) จำนวนนักเรียนต่อห้องเรียนค่อนข้างมาก ส่งผลให้การดูแลและช่วยเหลือนักเรียนไม่ทั่วถึง จึงเป็นการยากที่จะส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความรู้และความสามารถพื้นฐานที่แตกต่างกันสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในเกณฑ์ระดับดีทั้งหมด

3) เวลาเรียนที่อาจไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ด้วยข้อจำกัดของกิจกรรมอื่น ๆ เช่น กิจกรรมในวันสำคัญของโรงเรียนที่จัดซ้อนทับกับเวลาเรียนของนักเรียน จึงควรมีการเตรียมปรับกิจกรรม กรณีที่มีการลดเวลาเรียนอย่างเร่งด่วนหรือฉุกเฉิน

แม้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนและการพูดคุยซักถามนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานส่งผลดีต่อนักเรียน คือ นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมอย่างสนุกสนาน ไม่เคร่งเครียดในการเรียน และมีแนวโน้มจดจำเนื้อหาบทเรียนได้นาน ประกอบกับเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาแล้วพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีแนวโน้มความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาดีกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ หากนักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานอย่างต่อเนื่องและคุ้นเคยกับการเรียนรู้เชิงรุกที่ต้องศึกษาค้นคว้า คิดและปฏิบัติด้วยตนเองแล้ว น่าจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับดีได้

ข้อค้นพบเพิ่มเติม

จากการตรวจให้คะแนนและพิจารณาการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 84 คน พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต รายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ด้วยแสง

นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง 11 มโนทัศน์ ดังนี้

1.1 การสังเคราะห์ด้วยแสงคือการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี

1.2 พลังงานแสงคือสารอนินทรีย์ที่จะถูกเปลี่ยนเป็นอาหารของพืช

1.3 พืชเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.4 พืชเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น ATP ในปฏิกิริยาแสง

1.5 พืชสังเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ในปฏิกิริยาแสงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

1.6 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนไม่จำเป็นต้องอาศัยพลังงานจากแสง

1.7 พืชสามารถเปลี่ยนน้ำไปเป็นสารพลังงานสูง ได้แก่ ATP และ NADPH ในปฏิกิริยาแสง

1.8 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยาแสง

1.9 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นน้ำหรือสารพลังงานสูง ได้แก่ ATP และ NADPH

1.10 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกระบวนการสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช

1.11 พืชจะดูดกลืนแสงที่มีสีเดียวกับรงควัตถุของพืชหรือแสงที่มีสีเดียวกับสีของดวงอาทิตย์

2. การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต 5 มโนทัศน์ ดังนี้

2.1 ออกซินจะเคลื่อนที่หนีแสงไปอยู่บริเวณลำต้นส่วนที่อยู่ใกล้พื้นดิน

2.2 ออกซินจะกระจายตัวสม่ำเสมอเฉพาะบริเวณปลายยอด

2.3 ออกซินจะเคลื่อนที่หนีแสงโดยเคลื่อนไปอยู่บริเวณโคนต้นไม่ว่าจะได้รับแสงจากทิศทางใด

2.4 ปลายยอดพืชเบนไปทางด้านตรงข้ามแสงเช่นเดียวกับออกซิน

2.5 ปลายยอดพืชจะเบนหนีแสง และออกซินจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่ได้รับแสง

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานควรพิจารณาลักษณะเนื้อหาบทเรียนที่นำมาใช้สอน กรณีที่เนื้อหาบทเรียนที่มีความซับซ้อนและและลึกซึ้งครูควรตรวจสอบ วิเคราะห์มโนทัศน์ของบทเรียนให้ถูกต้องชัดเจนและครบถ้วนก่อน จากนั้นจึงออกแบบ

บริบทหรือสถานการณ์ปัญหาและกิจกรรมเพื่อให้ครอบคลุมมโนทัศน์ของบทเรียน และอาจต้องใช้บริบทหลายด้านและหลาย ๆ บริบทในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว

1.2 ครูควรตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และทบทวน ปรับแก้ไขให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องก่อนจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้บทเรียนใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาเพิ่มเติมถึงความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เนื่องจากนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานทำให้ตนสามารถจำเนื้อหาบทเรียนได้อย่างแม่นยำ

2.2 ศึกษาเพิ่มเติมถึงความสามารถในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน เนื่องจากการสังเกตพบว่า นักเรียนหลาย ๆ กลุ่มมีการแบ่งหน้าที่กันเองภายในกลุ่มในการรับผิดชอบงาน มีการช่วยเหลือกันและร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ใครคนใดคนหนึ่งในกลุ่มไม่เข้าใจเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงเปรียบเทียบ*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). *การคิดเชิงวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้นท์.

มังกร ทองสุขดี. (2522). *การวางแผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บัวหลวงการพิมพ์.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2559). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2558*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

วรรณี แกมเกตุ. (2551). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีมงคล เทพเรณู. (2545). *ทักษะและเทคนิคการสอน : เอกสารคำสอนรายวิชา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตสภา.

สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม. (2547). *การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4*. วารสารเกษตรศาสตร์, *25*, 139-149.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ภาษาอังกฤษ

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. Oxford: Oxford University Press.

Azevedo, R., Guthrie, J. T., & Seibert, D. (2004). The role of self-regulated learning in fostering students' conceptual understanding of complex systems with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research, 30*(1&2), 87-111.

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology *Journal of Biological Education, 33*(2), 84-86.

Bennett, J., & Holman, J. (2003). Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? In J. K. Gilbert, O. D. Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. V. Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education, 28*(9), 999–1015.

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education, 91*(3), 347–370

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn brain, mind, experience, and school*. Washington D.C.: National Research Council.

Canobi, K. H., Reeve, R. A., & Pattison, P. E. (1998). The role of conceptual understanding in children's addition problem solving. *Developmental psychology, 34*(5), 882-891.

Carin, A. A. (1993). *Teaching science through discovery*. New York: Macmillan Publishing Company.

Chanchaichaovivat, A., Panijpan, B., & Ruenwongsa, P. (2009). Enhancing conceptual understanding and critical thinking with experiential learning: A case study with biological control. *Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2*, 424-443.

Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views *Educational Research and Reviews, 7*(3), 61-71.

Colleage board. (2008). AP® biology practice exam. Retrieved 27 March 2016, from https://www.djuhsd.org/view/14885.pdf

College of Arts and Sciences, T. T. (n.d.). What is Biology? Retrieved 12 March 2016, from https://www.tntech.edu/cas/biology/whatisbio

Darmofal, D. L., Soderholm, D. H., & Brodeur, D. R. (2002, 2002). *Using concept maps and concept questions to enhance conceptual understanding.* Paper presented at the Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual.

De Jong, O. (2006). Making chemistry meaningful: Conditions for successful context-based teaching. *Educacion Quimica, 17*, 215-221.

De Jong, O. (2008). Context-based chemical education: How to improve it? *Chemical Education International, 8*(1), 1-7.

Department of Biology of Norwegian University of Science and Technology. (n.d.). What is Biology at NTNU? Retrieved 12 March 2016, from http://www.ntnu.edu/biology/about-us/what-is-biology

Department of Biology of University of Toronto Mississauga. (n.d.). What is Biology? Retrieved 12 March 2016, from https://www.utm.utoronto.ca/biology/sites/files/biology/public/shared/biology_student_orientation/2015_Biology_Pamphlet_General_Biology_Programs.pdf

Elster, D. (2009). Biology in context: teachers' professional development in learning communities. *Journal of Biological Education, 43*(2), 53-61.

Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education, 28*(9), 957-976.

Grigg, L. (2014). Teaching for conceptual understanding. Retrieved 12 March 2016, from http://www.uleth.ca/teachingcentre/blog/teaching-conceptual-understanding

Grigg, W., Lauko, M., & Brockway, D. (2006). *The national's report card 2005: Assessment of student performance in grades 4, 8, and 12*. Washington, D.C.: Government Printing Office.

Gunstone, R. F., & White, R. T. (1986). Assessing understanding by means of venn diagrams. *Science Education, 70*(2), 151-158.

Gutwill-Wise, J. P. (2001). The impact of active and context-based learning in introductory chemistry courses: an early evaluation of the modular approach. *Journal of Chemical Education 78*(5), 684-690.

Hershey, D. (2004). Avoid misconceptions when teaching about plants. Retrieved 15 October 2016, from http://www.actionbioscience.org/education/hershey.html

International Baccalaureate Organization. (2012). *Teaching the disciplines in the MYP: Nurturing big ideas and deep understanding*. Wales: International Baccalaureate Organization.

Jacobson, W. J., & Bergman, A. b. (1980). *Science for children: A book for teachers*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into practice, 38*(2), 67-73.

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings, & G. F. Madaus (Eds.), *Handbook on formative and summative evaluation of student learning* (pp. 566-567). USA: McGraw-Hill, Inc.

Klymkowsky, M. W., Garvin-Doxas, K., & Zeilik, M. (2003). Bioliteracy and teaching efficacy: what biologists can learn from physicists. *Cell Biology Education, 2*, 155-161.

Koba, S., & Tweed, A. (2009). *Hard-to-teach biology concepts: A framework to deepen student understanding*. Virginia: NSTA press.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Virginia: NSTA press.

Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects *Perspectives in Science, 2*(1-4), 5-21.

Learning Media for the Ministry of Education. (2009). *Approaches to building conceptual understandings*. Wellington: Crown.

Leonard, W. H., & Pick, J. E. (1998). *Biology : a community context*. Cincinnati: South-Western Educational Pub.

Linnenbrink-Garcia, L., Pugh, K. J., Koskey, K. L. K., & Stewart, V. C. (2011). Developing conceptual understanding of natural selection: The role of interest, efficacy, and basic prior knowledge. *The Journal of Experimental Education, 80*(1), 45-68.

Miller, K. R., Leonard, W. H., & Penick, J. E. (2010). *Biology*. New Jersy: Pearson education, Inc.

Chulalongkorn University

Ministry of education. (2008). *Essential curriculum: Middle school*. Hamilton: Curriculum & instructional Leadership office.

National assessment of educational progress. (2003). Mathematical abilities. Retrieved 29 Febuary 2016 http://nces.ed.gov/nationsreportcard/mathematics/abilities.asp

National Research Council. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics* (J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell Eds.). Washington, DC: National Academy Press.

Nehm, R. H., & Reilly, L. (2007). Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. *BioScience, 57*(3), 263-272.

Nelson, G. (1999). Science literacy for all in the 21st century. *Educational Leadership, 57*(2).

Novak, J. D. (1968). A model for the interpretation and analysis of concept formation. In W. D. Romey (Ed.), *Inquiry techniques for teaching science*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.

OECD. (2016). PISA 2015: Full selection of indicators Retrieved 26 March 2017, from https://goo.gl/6WpeQ0

Oxford Dictionaries. (2016). Explain Retrieved 2 October 2016, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/explain

Parchmann, I., Broman, K., Busker, M., & Rudnik, J. (2014). Context-based teaching and learning on school and university level. In J. Garcia-Martinez & E. Serrano (Eds.), *Chemistry Education: Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH.

Puk, T., & Stibbards, A. (2011). Growth in ecological concept development and conceptual understanding in teacher education: The discerning teacher. *International Journal of Environmental and Science Education, 6*(3), 191-211.

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE Life Sciences Education, 14*, 1-16.

Rittle-Johnson, B., & Schneider, M. (2014). Developing conceptual and procedural knowledge of mathematics. In R. C. Kadosh & A. Dowker (Eds.), The Oxford Handbook of Numerical Cognition. Retrieved from http://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199642342.001.0001/oxfordhb-9780199642342.

Rupley, W. H., Nichols, W. D., Mraz, M., & Blair, T. R. (2012). Building conceptual understanding through vocabulary instruction. *ProQuest Education Journals, 51*(4), 299-320.

Saglam-Arslan, A., & Devecioglu, Y. (2010). Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 11*(1), 1-20.

Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. (2008). Bridging the educational research-teaching practice gap conceptual understanding, part 2: Assessing and developing student knowledge. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 36*(5), 372-379.

Seel, N. M. (2012). *Encyclopedia of the sciences of learning*. London: Springer Science+Business Media.

Smith, M. U., & Southerland, S. A. (n.d.). Interviews Retrieved 2 April 2016, from http://www.flaguide.org/extra/download/cat/interviews/interviews.rtf

Stanisavljević, J. D., Pejčić, M. G., & Stanisavljević, L. Ž. (2016). The application of context-based teaching in the realization of the program content "The decline of pollinators". *Journal of Subject Didactics, 1*(1), 51-63.

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23*, 259-266.

Turner, D. R. (1973). *Miller analogies test 1400 analogy questions*. New York: Arco Publishing.

Ummels, M. H. J., Kamp, M. J. A., Kroon, H. D., & Boersma, K. T. (2015). Promoting conceptual coherence within context-based biology education. *Science Education, 99*(5), 958–985

Venville, G. J., & Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual

understanding of science. *Journal of Research on Science Teaching, 47*(8), 952-977.

Waheed, T., & Lucas, A. M. (1992). Understanding interrelated topics: photosynthesis at age photosynthesis at age14 *Journal of Biological Education, 26*(3), 193-200.

Weerawardhana, A., Ferry, B., & Brown, C. A. (2004). *Developing conceptual understanding of chemical equilibrium through the use of computer-based visualization software*. Paper presented at the International Conference on Computers in Education 2004

Wieringa, N., Janssen, F. J. J. M., & Driel, J. H. V. (2011). Biology teachers designing context-based lessons for their classroom practice—the importance of rules-of-thumb. *International Journal of Science Education, 33*(17), 2437-2462.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

อาจารย์พวงเพชร อังวิทิต	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์
อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ	ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีสม สุวรรณวงศ์	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

อาจารย์พวงเพชร อังวิทิต	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร. จุฑามาศ ชัยวนนท์	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ หลักสูตรและการสอน โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต
2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

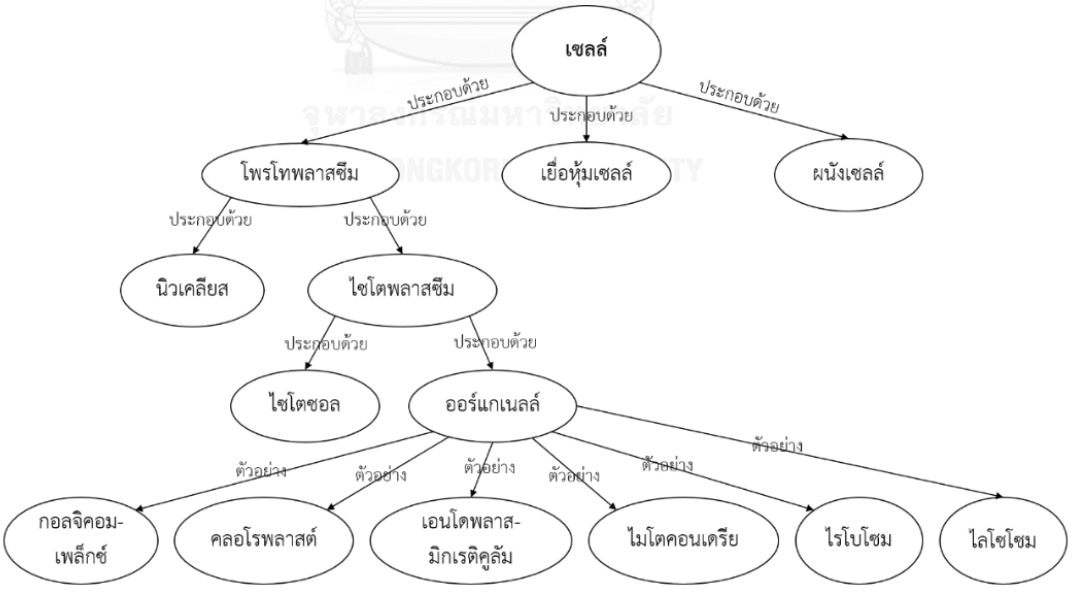
1. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เป็นแบบวัดแบบอัตนัย เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงและสารควบคุมการเจริญเติบโต มีทั้งหมด 14 หน้า โดยแบ่งเป็น
   1.1. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 5 ข้อ
   1.2. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช จำนวน 5 ข้อ
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้นและเลขที่ลงในข้อสอบทุกหน้า (เผื่อข้อสอบหลุดจากกัน)
3. ให้นักเรียนทำข้อสอบด้วยปากกาสีน้ำเงิน เขียวด้วยตัวบรรจงอ่านง่าย
4. กำหนดระยะเวลาในการสอบ 100 นาที

ตัวอย่างการเขียนผังมโนทัศน์

กอลจิคอมเพล็กซ์ คลอโรพลาสต์ เซลล์ ไซโทซอล ไซโทพลาสซึม นิวเคลียส ผนังเซลล์ โพรโทพลาสซึม ไมโตคอนเดรีย เยื่อหุ้มเซลล์ ไรโบโซม ไลโซโซม ออร์แกเนลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม



หลักการเขียนผังมโนทัศน์ คือ มีการเชื่อมโยงคำด้วยเส้นแสดงความสัมพันธ์ที่มีคำอธิบายบนเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำ แสดงทิศทางของความสัมพันธ์ด้วยทิศทางของหัวลูกศร คำที่เป็นใจความสำคัญจะถูกจัดวางไว้ด้านบนสุด และคำที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมจะถูกจัดวางต่ำลงมา คำที่มีความสำคัญใกล้เคียงกันหรืออยู่ในระดับเดียวกันจะถูกจัดวางไว้ในแนวเดียวกัน

แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2
เรื่อง การตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

1. ให้นักเรียนเลือกคำหรือข้อความ 5 คำจากคำที่กำหนดให้ด้านล่าง เพื่อใช้เป็นคำสำคัญในการ**อธิบายความหมาย**ในข้อ 1.1

สารอินทรีย์	สารอนินทรีย์	ฮอร์โมนพืช	สารสังเคราะห์	ปริมาณเล็กน้อย	ปริมาณมาก	พืช	ออกซิน	ไซโทไคนิน	จิบเบอเรลลิน	เอทิลีน	แอบไซซิก	ลำเลียง	การเจริญเติบโตของพืช

1.1 สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำหรือข้อความที่เลือก ได้แก่

1).....

2).....

3).....

4).....

5).....

จากคำหรือข้อความที่เลือก สามารถนำมา**อธิบายความหมาย**ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ว่า

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อไปนี้ (ให้ระบุเพียงช่องละ 1 คำตอบ)

	ออกซิน	ไซโตไคนิน	จิบเบอเรลลิน	เอทิลีน	กรดแอบไซซิก
คุณสมบัติ					
อาการของพืชเมื่อขาด					

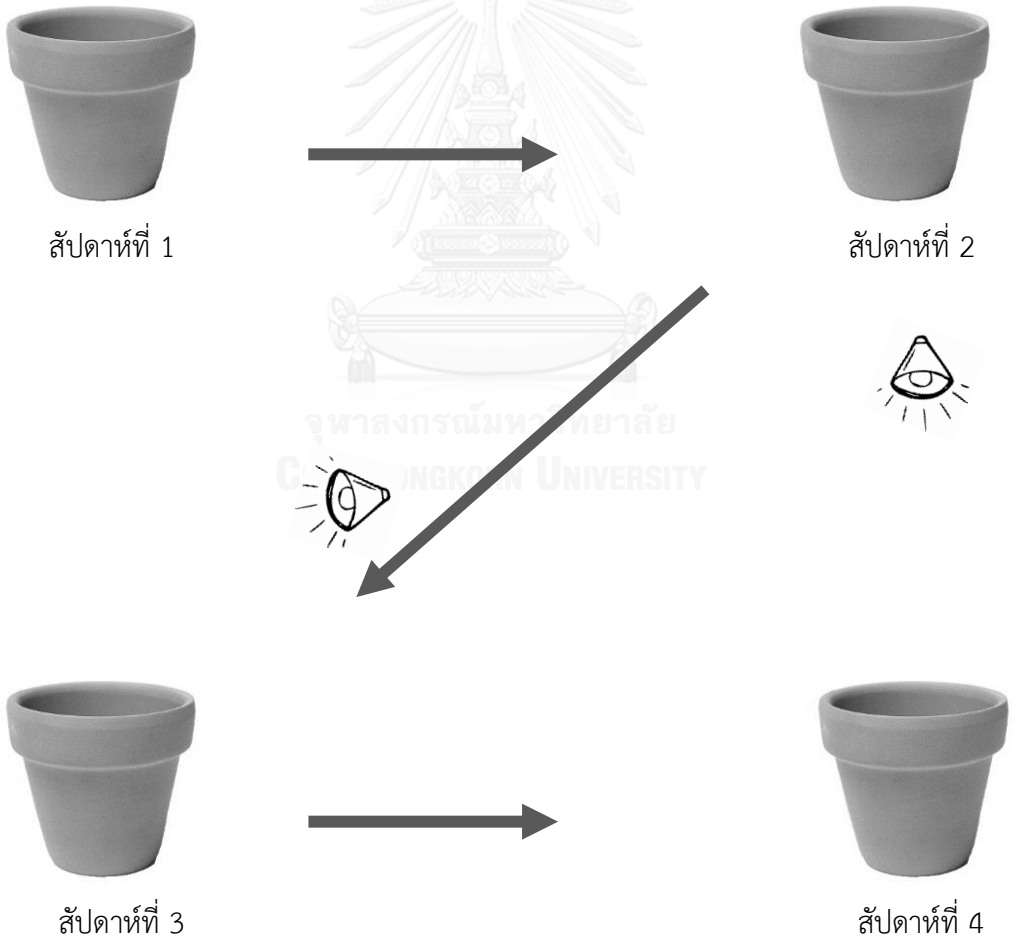
3. ให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์จากคำที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ โดยให้นักเรียนระบุคำบนลูกศรที่เชื่อมคำในผังมโนทัศน์ โดยคำที่กำหนดให้แต่ละคำจะปรากฏในผังมโนทัศน์ได้เพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น

การสุกของกล้วย	การงอกของเมล็ด	การเจริญของตาข้าง	การแบ่งเซลล์
การปิดปากใบ	การยืดของลำต้น	การร่วงของใบ	การเอนเข้าหาแสง
จิบเบอเรลลิน	ไซโตไคนิน	ออกซิน	เอทิลีน	แอบไซซิก
ฮอร์โมนพืช	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	สารสังเคราะห์คล้ายฮอร์โมนพืช	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของพืชต้นหนึ่งเมื่อได้รับแสงในทิศทางต่าง ๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และวาดการกระจายตัวของฮอร์โมนในส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย

   ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงนี้ คือ.....



5. เกษตรกรต้องการผลิตผลไม้ชนิดหนึ่งนอกฤดูซึ่งเป็นพืชล้มลุก และในการผลิตนอกฤดูนั้นจำเป็นต้องมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตมาเป็นตัวช่วยในขั้นต่าง ๆ ของการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการผลิตสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ เพาะเมล็ดลงในกระบะ ซึ่งเมล็ดพืชชนิดนี้เป็นเมล็ดชนิดที่มีการพักตัวทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้ในทันทีจำเป็นต้องใช้สารช่วยเร่งการงอกของเมล็ด จากนั้นเมื่อต้นกล้างอกจนแข็งแรงดีแล้วจึงย้ายลงแปลงปลูกที่เตรียมดินโดยผสมดินและปุ๋ยคอกด้วยอัตรา 3:1 รดน้ำอย่างสม่ำเสมอวันละ 1 ครั้งในตอนเช้า และใส่ปุ๋ยคอกสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดการเก็บเกี่ยว เมื่อต้นพืชอายุได้ 30 วันจะเริ่มออกดอกและติดผล แต่ผลที่ติดใหม่อาจจะร่วงได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องใช้สารป้องกันการหลุดร่วงของผล และเมื่อผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ต้องทำการยึดช่อผลในช่วงนี้เพื่อไม่ให้ผลเบียดกันจนเสียหาย ภายหลังต้นพืชออกดอกประมาณ 30 วันผลจะโตเต็มที่พร้อมที่จะเก็บได้แต่ซึ่งจะเก็บผลในช่วงที่ยังไม่สุกเนื่องจากการเก็บผลสุกอาจจะทำให้เกิดการเน่าเสียระหว่างการขนส่ง เมื่อถึงปลายทางแล้วจึงทำการบ่มเพื่อให้สุกต่อไป

ถ้าหากว่าเกษตรกรมีสารเคมี และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) **น้ำยาเร่งราก** เมื่อนำไปแช่กิ่งชำสามารถชักนำให้กิ่งชำเกิดราก
2) **สารสกัดสาหร่ายทะเล** เมื่อนำไปพ่นใส่ต้นมะเขือเทศสามารถทำให้ลำต้นมะเขือเทศยืดยาว
3) **น้ำมะพร้าว** เมื่อผสมกับออกซินในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถชักนำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการแบ่งเซลล์
4) **ถ่านแก๊ส** เมื่อนำไปหยอดใส่ยอดสับปะรดสามารถชักนำให้สับปะรดออกดอก

จากสถานการณ์และข้อมูลข้างต้น นักเรียนจะเลือกใช้สารเคมีชนิดใดในขั้นตอนการผลิตพืชดังต่อไปนี้ และให้อธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกใช้สารชนิดดังกล่าว

ขั้นที่ 1 เพาะเมล็ดซึ่งเป็นชนิดที่มีการพักตัว ควรจะเลือกใช้.....
เนื่องจาก.....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 2 ป้องกันผลร่วงเมื่อติดผล ควรจะเลือกใช้.....
เนื่องจาก.....
.....
.....
.....

ขั้นที่ 3 ส่งเสริมให้มีการยืดของช่อผล ควรจะเลือกใช้.....
เนื่องจาก.....
.....
.....
.....
ขั้นที่ 4 บ่มให้สุกเพื่อจำหน่าย ควรจะเลือกใช้.....
เนื่องจาก.....
.....
.....
.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา
เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

ข้อ 1. อธิบายมโนทัศน์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับคะแนน				
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ความหมายของสารควบคุมการเจริญเติบโต *หมายเหตุ คำทุกคำที่กำหนดเกี่ยวข้องกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	1) เลือกคำหรือข้อความที่มาเติมครบ 5 คำ และ เขียนอธิบายความหมายด้วยถ้อยคำของตนเองได้ถูกต้องสมบูรณ์คือคำตอบที่ถึงสารอินทรีย์หรือสารสังเคราะห์ที่มีผลต่อพืชได้รับเพียงปริมาณเล็กน้อยก็ส่งผลต่อพืช	1) เลือกคำหรือข้อความที่มาเติมครบ 5 คำ และเขียนอธิบายความหมายด้วยถ้อยคำของตนเองได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น ระบุเพียงว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์ หรือ 2) เลือกคำหรือข้อความมาเติมไม่ครบ 5 คำ และเขียนอธิบายความหมายด้วยถ้อยคำของตนเองได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น ระบุเพียงว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์หรือสารสังเคราะห์ที่มีผลต่อพืชได้รับปริมาณเล็กน้อยก็ส่งผลต่อพืช	1) เลือกคำหรือข้อความมาเติมครบ 5 คำ แต่ไม่ได้เขียนอธิบายความหมาย หรือ 2) เลือกคำหรือข้อความมาเติมไม่ครบ 5 คำ และเขียนอธิบายความหมายที่มีข้อความในบทเรียน* หรือ มีบางส่วนของคำตอบที่ถูกต้อง หรือ เขียนคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม หรือ ไม่มีความหมายด้วยถ้อยคำของตนเองได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น ระบุเพียงว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์หรือสารสังเคราะห์ที่มีผลต่อพืชได้รับปริมาณเล็กน้อยก็ส่งผลต่อพืช	1) เลือกคำหรือข้อความมาเติมไม่ครบ 5 คำ แต่ไม่ได้เขียนอธิบายความหมาย หรือ 2) เลือกคำหรือข้อความมาเติมไม่ครบ 5 คำ และเขียนอธิบายความหมายที่มีข้อความในบทเรียน* หรือ มีบางส่วนของคำตอบที่ถูกต้อง หรือ เขียนคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม หรือ ไม่มีความหมาย	1) ไม่เขียนคำตอบ หรือ 2. ตอบว่า "ไม่รู้" หรือ 3) ตอบว่า "ทำไม่ได้"

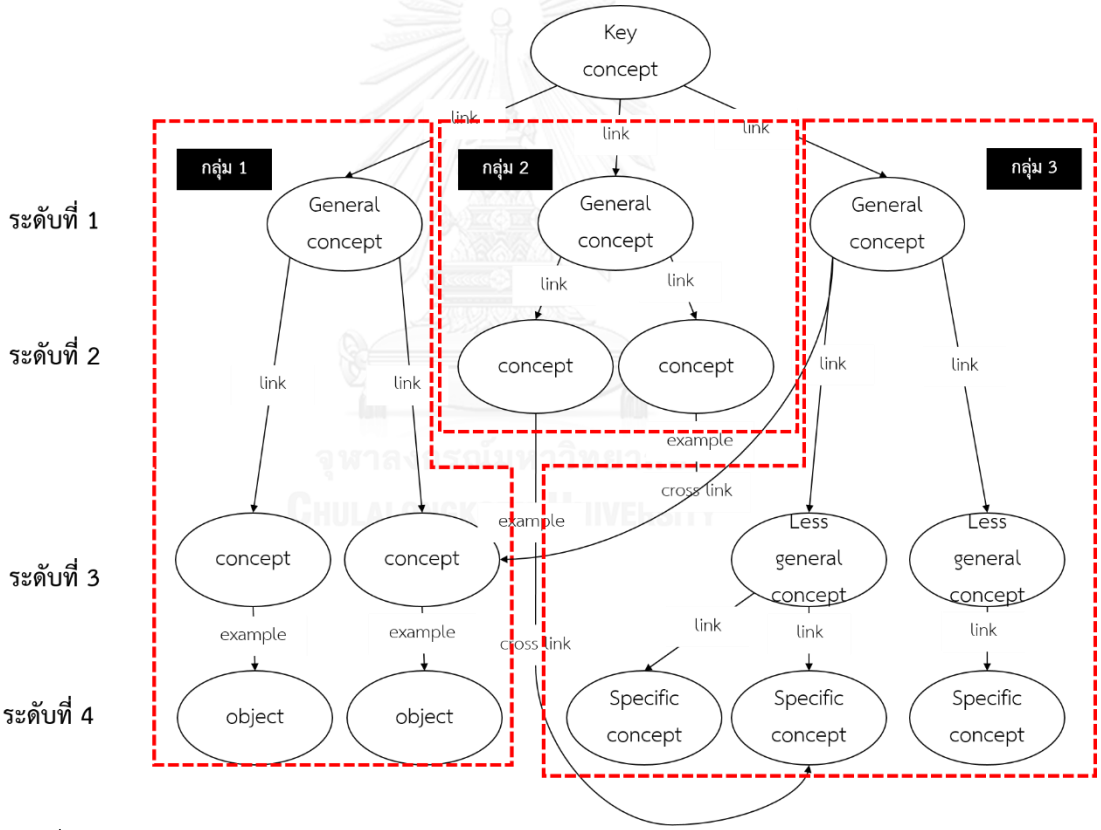
ข้อ 2 เปรียบเทียบมโนทัศน์

นักเรียนจะได้ 1 คะแนนเมื่อสามารถเติมคำตอบได้ถูกต้อง และเนื่องจากโจทย์กำหนดให้เติมคำตอบเพียง 1 คำตอบ ดังนั้นถ้าหากนักเรียนเติมคำตอบมามากกว่า 1 คำตอบและพบว่ามีคำตอบที่ผิดจะถือว่าไม่ได้คะแนน

ข้อ 3 เชื่อมโยงมโนทัศน์

1. เส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เส้นละ 0.5 คะแนน เมื่อสามารถวาดเส้นเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
2. คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ คำละ 0.5 คะแนน เมื่อระบุคำเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
3. ระดับของมโนทัศน์ ระดับละ 5 คะแนน เมื่อจัดเรียงลำดับมโนทัศน์ได้ถูกต้อง
4. การเชื่อมโยงข้ามกลุ่ม จุดละ 10 คะแนน เมื่อเชื่อมโยงข้ามกลุ่มได้อย่างถูกต้อง

<u>ตัวอย่างการประเมิน</u>



เส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์	= 18 เส้น	=18x0.5 = 9 คะแนน
คำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์	= 18 จุด	=18x0.5 = 9 คะแนน
ระดับของมโนทัศน์	= 4 ระดับ	= 4x5 = 20 คะแนน
การเชื่อมโยงข้ามกลุ่ม	= 2 จุด	= 2x10 = 20 คะแนน

รวม = 58 คะแนน

ข้อ 4 สร้างแบบจำลองมโนทัศน์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การระบุชื่อฮอร์โมน				ระบุชื่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง	ระบุชื่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องได้ไม่ถูกต้อง
2. การกระจายตัวของฮอร์โมน	วาดหรือชี้บอกการกระจายตัวของฮอร์โมนได้ถูกต้องทุกภาพ	วาดหรือชี้บอกการกระจายตัวของฮอร์โมนได้ถูกต้อง 3 ภาพ	วาดหรือชี้บอกการกระจายตัวของฮอร์โมนได้ถูกต้อง 2 ภาพ	วาดหรือชี้บอกการกระจายตัวของฮอร์โมนได้ถูกต้อง 3 ภาพ	ไม่วาดภาพหรือวาดการกระจายตัวของฮอร์โมนได้ไม่ถูกต้อง
3. การเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืช	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืชได้ถูกต้องทุกภาพ	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืชได้ถูกต้อง 3 ภาพ	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืชได้ถูกต้อง 2 ภาพ	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืชได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ภาพ	ไม่วาดภาพหรือวาดการเปลี่ยนแปลงของปลายยอดพืชได้ไม่ถูกต้อง

ข้อ 5 ประยุกต์มโนทัศน์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. เพาะเมล็ดซึ่งเป็นชนิดที่มีการพักตัว	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง	ไม่สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
2. ป้องกันผลร่วงเมื่อติดผล	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง	ไม่สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
3. ส่งเสริมให้มีการยืดของช่อผล	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง	ไม่สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
4. บ่มให้สุกเพื่อจำหน่าย	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง	เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง	ไม่สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องและไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว32242 **ภาคเรียนที่** 2 **ปีการศึกษา** 2559
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 **จำนวน** 6 คาบ **เวลา** 300 นาที
ครู นางสาวพัชรมัย นิ่มละออ

ผลการเรียนรู้

1. ทดลองและสรุปเกี่ยวกับการตอบสนองต่อแสงของปลายยอดพืช
2. สืบค้นข้อมูล และวิเคราะห์การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกลไกที่ควบคุมการโค้งงอเข้าหาแสงของปลายยอดพืช
3. สืบค้น วิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อส่วนต่าง ๆ ของพืช
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของฮอร์โมนพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบหน่วยการเรียนรู้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ (K)
2. บอกคุณสมบัติของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญแต่ละชนิดได้ (K)
3. เทียบเคียงฮอร์โมนพืชกับสิ่งอื่นได้ (P)
4. สร้างผังมโนทัศน์เกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ (P)
5. จัดทำคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตได้ (P)

สาระสำคัญ สารควบคุมการเจริญเติบโต หมายถึงสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น เมื่อพืชได้รับในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติที่แตกต่างกันหลากหลายกลุ่ม เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก

สาระการเรียนรู้ สารควบคุมการเจริญเติบโต หมายถึงสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น เมื่อพืชได้รับในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติที่แตกต่างกันหลากหลายกลุ่ม เช่น
1) ออกซิน เป็นฮอร์โมนพืชที่สร้างจากกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อเจริญโดยมีการสร้างในปริมาณมากที่บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและใบอ่อน เมื่อสร้างแล้วจะแพร่จากปลายยอดไปยังเซลล์ส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ด้านล่าง ปริมาณของออกซินที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของพืชทำให้พืชมีการตอบสนองของแต่ละอวัยวะแตกต่างกันไป บทบาทของออกซินที่มีต่อพืช ได้แก่ การเบนเข้าหาแสง การข่มของตายอด

การขยายขนาดของเซลล์ การชะลอการหลุดร่วงของใบ ดอกและผล และการกระตุ้นให้กิ่งเกิดราก พิเศษ ชนิดของสารในกลุ่มออกซิน เช่น IAA, IBA, NAA, 2,4-D เป็นต้น

2) ไซโทไคนิน เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการเจริญเปลี่ยนแปลงของเซลล์ บทบาทของไซโตไคนินที่มีต่อพืช ได้แก่ การแบ่งเซลล์ของพืช และการเจริญของตาข้าง ชนิดของสารในกลุ่มไซโตไคนิน เช่น BA, PBA, Zeatin เป็นต้น

3) จิบเบอเรลลิน เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสมบัติในการกระตุ้นให้เซลล์ที่ลำต้นมีการยืดตัวและแบ่งเซลล์มากขึ้น ทำให้ลำต้นพืชสูง ช่วยยืดช่อผลและปรับปรุงคุณภาพของผลองุ่น ถ้าพืชขาดจิบเบอเรลลินจะทำให้ลำต้นเตี้ยแคระ

4) เอทิลีน เป็นสารเคมีที่ต่างจากฮอร์โมนพืชชนิดอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ มีสมบัติเป็นแก๊สและเกิดขึ้นมาในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช โดยเฉพาะในช่วงที่ผลไม้ใกล้สุกจะมีแก๊สนี้แพร่ออกมามาก บทบาทของเอทิลีนที่มีต่อพืช ได้แก่ กระตุ้นให้ผลไม้สุกได้เร็วขึ้น กระตุ้นการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล และกระตุ้นการออกดอกของสับปะรดเป็นต้นชนิดของสารในกลุ่มเอทิลีน เช่น เอทิฟอน เป็นต้น

5) กรดแอบไซซิก เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเครียดของพืช โดยกรดแอบไซซิกจะมีบทบาทต่อการยับยั้งการเจริญและการยืดตัวของเซลล์ การพักตัวของตาและเมล็ด

กิจกรรมการเรียนรู้

1. บริบทด้านสังคม : ชุมชนเกษตรกรรม

ขั้นนำ (คาบที่ 1)

(1) ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5 กลุ่ม เพื่อรับบทบาทเป็นเกษตรกรสวนมะนาว สวนสับปะรด สวนทุเรียน สวนองุ่นและสวนปทุมมาและครูรับหน้าที่เป็นผู้ใหญ่บ้าน

(2) ครูแจกเอกสารผลประกอบการและปัญหาที่พบในการผลิตของเกษตรกรในรอบปี 2559 ที่ผ่านมาของแต่ละกลุ่ม (เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1) และให้แต่ละกลุ่มศึกษาปัญหาและผลประกอบการของตนเอง โดยสมมติว่าเกษตรกรทุกกลุ่มดูแลปัจจัยด้านดิน ปุ๋ย น้ำ แสง โรคและศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี

(3) ครูให้แต่ละกลุ่มแสดงบทบาทสมมติเกี่ยวกับผลประกอบการและปัญหาที่พบในการผลิตของแต่ละกลุ่ม บทบาทสมมติมีรายละเอียดดังนี้

ครูรับบทเป็นผู้ใหญ่บ้าน

นักเรียนจากกลุ่มที่ 1 รับบทเป็นตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตมะนาว

นักเรียนจากกลุ่มที่ 2 รับบทเป็นตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสับปะรด

นักเรียนจากกลุ่มที่ 3 รับบทเป็นตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตทุเรียน

นักเรียนจากกลุ่มที่ 4 รับบทเป็นตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตองุ่น

นักเรียนจากกลุ่มที่ 5 รับบทเป็นตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตดอกปทุมมา

(4) ครูแจกเอกสารการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วจึงให้นักเรียนเติมคำลงในผังมโนทัศน์เริ่มต้น (เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.2)

(5) ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่าวิธีที่เหมาะสมในการใช้แก้ปัญหา คือ การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตและสารชะลอการเจริญเติบโตเพราะปัจจัยอื่น ๆ เกษตรกรสามารถควบคุมได้หมดแล้ว และครูกำหนดเพิ่มเติมว่านักเรียนต้องสามารถเพิ่มผลผลิตจนทำให้มีรายได้เฉลี่ยมากกว่า 30,000 บาทต่อเดือน

(1) - (5) ใช้หลักการข้อที่ 1 นำเสนอบริบทที่ประกอบไปด้วยมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยจากชีวิตส่วนตัวหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาก่อนหน้า โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคย คือ การเจริญเติบโตของพืช
(2) ใช้หลักการข้อที่ 2 เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่นักเรียนคุ้นเคยเข้ากับมโนทัศน์หลักที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมโนทัศน์หลัก คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2. บริบทด้านอาชีพ : เกษตรกร

ขั้นกิจกรรม (คาบที่ 2-5)

(6) ครูแจกหลักการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิด (เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3)

(7) นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือสารชะลอการเจริญเติบโตในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมมาใช้สำหรับการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเพื่อให้มีกำไรสูงสุด โดยครูจัดเตรียมข้อมูลเอกสารวิชาการผลิตผลไม้นอกฤดูเพื่อเพิ่มศักยภาพการตลาด บทที่ 4 สารเคมีที่ใช้ในการชักนำการออกดอก และนักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3

(8) จากนั้นให้นักเรียนเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตจากแค็ตตาล็อกสารเคมี/ฮอร์โมนสำหรับการเพิ่มผลผลิตพืชที่ครูเตรียมไว้ให้ เมื่อนักเรียนเลือกซื้อสินค้าแล้วครูจึงจะให้สลากสินค้าที่แสดงวิธีใช้ ราคาสินค้าที่นักเรียนเลือกซื้อจะนับเป็นต้นทุนในการผลิต ถ้าหากนักเรียนเลือกซื้อสินค้าผิดจะต้องเลือกซื้อสินค้าใหม่และไม่สามารถคืนสินค้าได้

(6) - (8) ใช้หลักการข้อที่ 2 ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์หลักจากการสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหา

(9) นักเรียนเขียนคู่มือแนะนำการผลิตพืชของกลุ่มตนเองแล้วจัดทำสื่อเพื่อเผยแพร่ผลงานในงาน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร” อธิบายขั้นตอนการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการผลิตพืชของกลุ่มตนเอง รวมทั้งอธิบายเหตุผลการเลือกใช้

ใช้หลักการข้อที่ 4 กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาไตร่ตรองความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท โดยในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้พิจารณาถึงความรู้หรือมโนทัศน์ทั้งหมดที่กลุ่มของตนเองได้ศึกษาค้นคว้ามา

3. บริบทด้านสังคม : การประชุมวิชาการ

(10) นักเรียนเผยแพร่ผลงานของตนเองทีละกลุ่ม โดยมีการซักถามข้อสงสัยจากผู้ฟัง

(11) ครูนำเสนอ “ปัญหาจากทางบ้าน” เพื่อให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบในประเด็นเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่นักเรียนได้เรียนรู้มา ซึ่งประกอบด้วยคำถามต่อไปนี้

(11.1) คุณยายท่านหนึ่งวางกระถางดอกไม้ไว้ข้างหน้าต่างและพบว่าปลายยอดเบนออกทางนอกหน้าต่าง อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น (ฮอร์โมนออกซินทำให้พืชเกิดการเบนเข้าหาแสง เนื่องจากฮอร์โมนออกซินจะพบบริเวณปลายยอดของพืชและจะเคลื่อนที่ไปด้านตรงข้ามแสงเสมอ อีกทั้งมีคุณสมบัติในการทำให้เซลล์พืชเกิดการขยายตามยาว เซลล์ด้านตรงข้ามแสงจึงยืดยาวมากกว่าด้านที่ได้รับแสง ปลายยอดพืชจึงเอนเข้าหาแสง)

(11.2) เกษตรกรคนหนึ่งไม่สามารถเก็บฝักข้าวโพดขายได้เมื่อถึงเวลาที่กำหนด เนื่องจากข้าวโพดเกิดการกลายพันธุ์ทำให้งอกคาต้น การกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นนี้น่าจะส่งผลต่อการสร้างฮอร์โมนชนิดใดของพืช (น่าจะส่งผลต่อการสร้างฮอร์โมนแอบไซซิกของพืช เนื่องจากฮอร์โมนแอบไซซิกมีคุณสมบัติในการยับยั้งการงอกของเมล็ดหรือส่งเสริมให้เมล็ดมีการพักตัว เมื่อขาดฮอร์โมนแอบไซซิกเมล็ดข้าวโพดจึงงอกคาต้น)

(11.3) ต้นข้าวบางต้นสูงโดดเพราะโรค Bakanae ซึ่งเกิดจากเชื้อรา เชื้อราเหล่านี้สร้างสารอะไรที่มีผลต่อต้นข้าว (เชื้อราเหล่านี้น่าจะสร้างสารจิบเบอเรลลิน เนื่องจากจิบเบอเรลลินมีคุณสมบัติที่ทำต้นพืชยืดตัว)

(11.4) เด็กหญิงคนหนึ่งทราบมาว่าการให้ออกซินแก่พืชจะช่วยชะลอการร่วงของใบพืชได้ แต่เพราะเหตุใดในสงครามเวียดนามจึงมีการใช้สาร 2,4-D เป็นส่วนผสมของฝนเหลืองเพื่อใช้สำหรับโปรยให้ใบไม้ร่วง (เนื่องจากฮอร์โมนออกซินที่ความเข้มข้นสูงจะชักนำให้พืชเกิดการสร้างแก๊สเอทิลีน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้ใบไม้ร่วง)

(11.5) ชายคนหนึ่งใช้ออกซินความเข้มข้นสูงสำหรับเร่งรากกิ่งปักชำเพราะคิดว่ายิ่งมีความเข้มข้นสูงก็น่าจะยิ่งมีรากเกิดได้เร็วขึ้น แต่เมื่อทดลองให้ออกซินความเข้มข้นสูงกลับให้ผลตรงข้าม เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (เนื่องจากส่วนต่าง ๆ ของจะตอบสนองต่อออกซินแตกต่างกัน โดยออกซินที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้เซลล์ที่ปลายยอดพืชเกิดการขยายตามยาวได้ดี แต่จะให้ผลตรงกันข้ามกับที่ราก คือ ออกซินความเข้มข้นสูงจะยับยั้งการขยายขนาดตามยาวที่บริเวณปลายราก)

(11.6) เพราะเหตุใดกล้วยที่ถูกสัตว์แทะจึงสุกก่อนกล้วยผลอื่น ๆ ในเครือเดียวกัน และทำให้ผลที่อยู่ใกล้เคียงสุกตาม (เนื่องจากที่บริเวณที่เสียหายจากการถูกสัตว์แทะจะสร้างแก๊ส

เอทิลีนออกมาได้มากกว่าบริเวณอื่น กล้วยผลที่ถูกสัตว์แทะจึงสุกก่อนผลอื่น ๆ และกล้วยสุกจะสร้างเอทิลีนออกมาได้มากกว่ากล้วยดิบทำให้กล้วยผลอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับผลที่ถูกแทะสุกตามมา)

(10) – (11) ใช้หลักการข้อที่ 2 ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์หลักอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยเรียนรู้จากการนำเสนองานของเพื่อน

(10) – (11) ใช้หลักการข้อที่ 4 กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาไตร่ตรองถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ภายในบริบท โดยในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้พิจารณาถึงความรู้หรือมโนทัศน์ทั้งหมดที่กลุ่มของตนเองได้ศึกษาค้นคว้ามาในระหว่างการนำเสนอ

ขั้นสรุป (คาบที่ 6)

(12) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ทั้งหมดที่ได้จากกิจกรรม จากนั้นครูให้นักเรียนเปรียบเปรยฮอร์โมนพืชกับความรัก

(13) นักเรียนร่วมกันเขียนผังมโนทัศน์เพื่อสรุปความรู้ทั้งหมด

(14) นักเรียนร่วมกันสรุปความหมายของสารควบคุมการเจริญเติบโต

(13) ใช้หลักการข้อที่ 3 นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยอื่น ๆ ภายในบริบทเข้าด้วยกัน โดยการสร้างผังมโนทัศน์

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร สืบค้นจาก https://goo.gl/LyKl7X
2. เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1 การผลิตและผลประกอบการ
3. เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.2 ผังมโนทัศน์เริ่มต้น
4. เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3 วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบ
5. เอกสารวิชาการ การผลิตผลไม้นอกฤดูเพื่อเพิ่มศักยภาพการตลาด บทที่ 4 สารเคมีที่ใช้ในการชักนำการออกดอก สืบค้นจาก https://goo.gl/iLBN36
6. แค็ตตาล็อกสารเคมี/ฮอร์โมนสำหรับการเพิ่มผลผลิตพืช
7. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชิ้นงานหรือภาระงาน

1. คำคมเปรียบเปรยฮอร์โมนพืชกับความรัก
2. ผังมโนทัศน์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
3. คู่มือแนะนำและการนำเสนอการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
1. อธิบายความหมายของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ (K)	การสังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินพฤติกรรม	นักเรียนร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ระดับ 3 ขึ้นไป
2. บอกคุณสมบัติของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญแต่ละชนิดได้ (K)	การสังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินพฤติกรรม	นักเรียนร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ระดับ 3 ขึ้นไป
3. เทียบเคียงฮอร์โมนพืชกับสิ่งอื่นได้ (P)	การตรวจจากคำคมเปรียบเปรยฮอร์โมนพืชกับความรัก	ใบกิจกรรมการเปรียบเปรยฮอร์โมนพืชกับความรัก	นักเรียนร้อยละ 80 เทียบเคียงได้ถูกต้อง
4. สร้างผังมโนทัศน์เกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ (P)	การตรวจจากผังมโนทัศน์	เกณฑ์การประเมินผังมโนทัศน์เรื่องสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	นักเรียนร้อยละ 80 เชื่อมโยงผังมโนทัศน์ได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
5. นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ (P)	การตรวจจากเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3 วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบ	เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3 วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบ	นักเรียนร้อยละ 80 ทำเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3 ได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
6. จัดทำคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สาร	การตรวจจากคู่มือแนะนำการผลิตพืช	แบบประเมินคู่มือแนะนำการผลิตพืช	นักเรียนร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ระดับ 2 ขึ้นไป

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ควบคุมการเจริญเติบโตได้ (P)	โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต	โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต	

แบบประเมินพฤติกรรม

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
ความหมายของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	ตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	ตอบได้ถูกต้องบางส่วน	ตอบผิด
คุณสมบัติของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด	ตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	ตอบได้ถูกต้องบางส่วน	ตอบผิด

เกณฑ์การประเมินผังมโนทัศน์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. การระบุมโนทัศน์	ระบุได้ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุได้ครบถ้วนร้อยละ 80 ขึ้นไป	ระบุได้ครบถ้วนน้อยกว่าร้อยละ 80
2. การจัดลำดับมโนทัศน์	จัดลำดับมโนทัศน์เรียงลำดับจากมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองได้ถูกต้อง	จัดลำดับมโนทัศน์เรียงลำดับจากมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป	จัดลำดับมโนทัศน์เรียงลำดับจากมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 80
3. การวาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์	วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้องครบถ้วน	วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้	วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
		ถูกต้อง ครบถ้วน ร้อยละ 80 ขึ้นไป	ถูกต้อง ครบถ้วน น้อยกว่าร้อยละ 80
4. การเขียนคำเชื่อมโยงมโนทัศน์บนเส้นแสดงความสัมพันธ์	เขียนคำเชื่อมโยงมโนทัศน์บนเส้นแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้องครบถ้วน	เขียนคำเชื่อมโยงมโนทัศน์บนเส้นแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน ร้อยละ 80 ขึ้นไป	เขียนคำเชื่อมโยงมโนทัศน์บนเส้นแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน น้อยกว่าร้อยละ 80

เกณฑ์การให้คะแนนคู่มือแนะนำคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3	2	1
1. รูปแบบชิ้นงาน	- รูปแบบน่าสนใจ - มีขนาดพอเหมาะ - สีสันสวยงาม	- มีขนาดพอเหมาะ - สีสันสวยงาม	- สีสันสวยงาม
2. ภาษา	- เขียนให้เข้าใจได้ - มีการใช้ภาษาถูกต้อง - สะกดคำถูกต้อง - มีการเว้นวรรคถูกต้อง	- มีการใช้ภาษาถูกต้อง - สะกดคำถูกต้อง - มีการเว้นวรรคถูกต้อง	- สะกดคำถูกต้อง - มีการเว้นวรรคถูกต้อง
3. เนื้อหา	- เนื้อหามีรายละเอียดครบถ้วน - เนื้อหาถูกต้อง - เนื้อหาตรงตามหัวข้อเรื่อง	- เนื้อหาถูกต้อง - เนื้อหาตรงตามหัวข้อเรื่อง	- เนื้อหาตรงตามหัวข้อเรื่อง
4. ความตรงต่อเวลา	ส่งชิ้นงานภายในเวลาที่กำหนด	ส่งชิ้นงานช้ากว่าที่กำหนด 1 วัน	ส่งชิ้นงานช้ากว่าที่กำหนดตั้งแต่ 2 วันขึ้นไป

สื่อการเรียนรู้ที่ 1

คู่มือประกอบสื่อการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิชาชีววิทยา

เรื่อง

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรา ลิมปนะเวช

พุทธศักราช 2554

เนื้อหา

ความสำคัญของอาชีพเกษตรกรรมในประเทศไทย

เนื่องด้วยประเทศไทย มีที่ตั้งทางภูมิศาสตร์อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและมีภูมิอากาศร้อนชื้นที่เอื้อต่อการเพาะปลูกและให้ผลผลิตทางการเกษตรตลอดทั้งปี ทั้งพืชเมืองร้อนและกึ่งร้อน จึงทำให้ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรม (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมและสามารถเพาะปลูกพืชเมืองร้อนและกึ่งร้อนที่มีผลผลิตตลอดทั้งปี

นับได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความมั่นคงทางอาหารและยังมีผลผลิตทางการเกษตรอีกมากมายที่นำมาใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิตได้อย่างพอเพียง ยิ่งกว่านั้น ผลผลิตดังกล่าวยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายทั่วโลก นำเงินตราเข้าประเทศ ช่วยเสริมสร้างเศรษฐกิจของชาติได้อีกด้วย (รูปที่ 2)

(2.1)

(2.2)

(2.3)

(2.4)

(2.5)

รูปที่ 2 ผลผลิตทางการเกษตรที่หลากหลายทั้งที่เป็นอาหาร (2.1) และวัตถุดิบเพื่ออุตสาหกรรมอื่นๆ (2.2) นอกจากบริโภคในประเทศ (2.3)แล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ (2.4-2.5)

การเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่ดีจำเป็น ต้องควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภคนั้น เกษตรกรจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่างๆ และปฏิบัติอย่างเหมาะสม เช่น การเลือกฤดูกาลปลูก การปรับปรุงดิน การใช้ปุ๋ย การให้น้ำ การควบคุมแสง และอุณหภูมิ ตลอดจนการป้องกันกำจัดโรคและศัตรูพืช เป็นต้น (รูปที่ 3) นอกจากนั้น สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เกษตรกรยุคใหม่ให้ความสนใจ นำมาใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตให้กับพืช

(3.1)

(3.2)

(3.3)

(3.4)

(3.5)

(3.6)

รูปที่ 3 การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่างๆ และปฏิบัติอย่างเหมาะสม เช่น การเลือกฤดูกาลปลูก (3.1) การปรับปรุงดิน (3.2) การใช้ปุ๋ย (3.3) การให้น้ำ (3.4) การควบคุมแสง และอุณหภูมิ (3.5) ตลอดจนการป้องกันกำจัดโรคและศัตรูพืช (3.6)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช คืออะไร มีความสำคัญต่อพืชอย่างไร

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators) เป็นสารอินทรีย์ที่ครอบคลุมทั้ง ฮอร์โมนพืช (plant hormones) และสารสังเคราะห์ที่มีผลคล้ายฮอร์โมนพืช สารดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช ซึ่งอาจทำได้ทั้งด้วยการกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต โดยเมื่อใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย หรือ ที่ความเข้มข้นต่ำมากๆ เช่น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็สามารถแสดงผลต่อพืชได้

ปกติแล้ว ฮอร์โมนพืช คือ สารที่พืชสามารถสร้างขึ้นเองได้ตามธรรมชาติที่อวัยวะหรือเนื้อเยื่อส่วนใดส่วนหนึ่งในปริมาณเพียงเล็กน้อยและลำเลียงไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมายเพื่อส่งสัญญาณซึ่งมีผลควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืช ฮอร์โมนพืชกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ ออกซิน (auxins) ไซโทไคนิน (cytokinins) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) เอทิลีน (ethylene) และ กรดแอบไซซิก (abscisic

acid) จะมีบทบาทควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่างๆนับตั้งแต่การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต จนกระทั่งพืชนั้นๆเข้าสู่ภาวะเสื่อม และตายลงไปในที่สุด (รูปที่ 4)

(4.1)

(4.2)

(4.3)

(4.4)

(4.5)

(4.6)

รูปที่ 4 การเจริญเติบโตของพืชระยะต่างๆที่ควบคุมโดยฮอร์โมนพืชเริ่ม ตั้งแต่การงอกของเมล็ด (4.1) การเจริญเติบโตของต้นกล้าจนเป็นต้นใหญ่ (4.2 - 4.3) การออกดอก (4.4) การติดผล (4.5) จวบจนเข้าสู่ภาวะเสื่อมและหมดอายุขัย (4.6)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 5 กลุ่มที่ได้กล่าวไปแล้วมีทั้งสารที่พืชสร้างได้เองและสารสังเคราะห์ แต่ยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตอีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ สารชะลอการเจริญเติบโต ของพืช (plant growth retardants) เป็นสารกลุ่มที่พืชไม่สร้าง แต่เป็นสารสังเคราะห์ที่มีผลชะลอการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชได้เช่นเดียวกับสารควบคุมการเจริญเติบโต

แนวทางการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร

ตลอดเวลาที่ผ่านมา ประเทศไทยนำเข้าสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อใช้ทดลองในพืชมากว่า 40 ปี (รูปที่ 5) จนถึงปัจจุบันก็ยังคงมีการใช้ประโยชน์สารดังกล่าวนี้กันอย่างกว้างขวางในแวดวงการเกษตรของไทย โดยในบางกรณี ใช้เพื่อกระตุ้นหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆของพืช บางกรณีใช้เพื่อชะลอการเจริญเติบโต หรือในบางกรณี อาจใช้ยับยั้ง และบางกรณีมีการใช้เพื่อกำจัดพืชที่ไม่ต้องการ ได้แก่ วัชพืช เป็นต้น ทั้งนี้ เป้าหมายสำคัญของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตนั้น ก็คือมุ่งไปที่การเพิ่มผลผลิตของพืชนั่นเองซึ่งอาจเพิ่มในเชิงปริมาณหรือคุณภาพก็ได้

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1
การผลิตและผลประกอบการ

ผลประกอบการและปัญหาการผลิตมะนาวแป้นรำไพ

ช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต: ธันวาคม

กำไรจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในรอบที่ผ่านมา: 123,226 บาท

ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตและการเก็บเกี่ยวต่อรอบ: 12 เดือน โดยใช้เวลาผลิต 10 เดือน พักต้น 2 เดือน ผลผลิตต่อไร่: คือ 30,000 ผล/ไร่

ต้นทุน (ปุ๋ย ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรง): 40,000 บาท/ไร่

จำนวนที่ดินที่มี: 2 ไร่

การดูแลที่ผ่านมา: สามารถควบคุมดูแลเรื่องปุ๋ย ดิน น้ำ แสง อุณหภูมิ โรคและศัตรูพืชได้เป็นอย่างดีตลอดปี

ราคาเฉลี่ยรายเดือน ประจำปี 2558 (บาทต่อ 100 ผล)					
ม.ค.	390.32	พ.ค.	812.9	ก.ย.	322.41
ก.พ.	464.29	มิ.ย.	536.67	ต.ค.	395.16
มี.ค.	500	ก.ค.	300	พ.ย.	397.33
เม.ย.	688.97	ส.ค.	264.52	ธ.ค.	338.71

ที่มา: http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListitem.aspx?id=010217010

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1
การผลิตและผลประกอบการ

ผลประกอบการและปัญหาการผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต: มกราคม
กำไรจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในรอบที่ผ่านมา: 512,850 บาท
ระยะเวลาผลิตและการเก็บเกี่ยวต่อรอบ: 18 เดือน
จำนวนต้นปลูก: 6,500 ต้น/ไร่ จำนวนผลผลิต: 1 ลูก/ต้น
น้ำหนักผลผลิต: 3 กิโลกรัม/ผล ต้นทุน (ปุ๋ย ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรง): 30,810 บาท/ไร่
ราคาขายสับปะรด: 10 บาท/ลูก
จำนวนที่ดินที่มี: 15 ไร่
การดูแลที่ผ่านมา: สามารถควบคุมดูแลเรื่องปุ๋ย ดิน น้ำ แสง อุณหภูมิ โรคและศัตรูพืชได้เป็นอย่างดีตลอดปี แต่สับปะรดมักจะออกดอกไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อม ๆ กัน ส่งผลให้สิ้นเปลืองค่าจ้างแรงงานและต้นทุนการผลิตต่อไร่สูงขึ้นประมาณ 50%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1
การผลิตและผลประกอบการ

ผลประกอบการและปัญหาการผลิตทุเรียนหมอนทอง

ช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต: ตุลาคม
กำไรจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในรอบที่ผ่านมา: 210,000 บาท
ระยะเวลาผลิตและการเก็บเกี่ยวต่อรอบ: 12 เดือน
ผลผลิตต่อไร่: 1,875 กิโลกรัม/ไร่
ต้นทุน (ปุ๋ย ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรง): 19,650 บาท/ไร่ จำนวนที่ดินที่มี: 2 ไร่
การดูแลที่ผ่านมา: สามารถควบคุมดูแลเรื่องปุ๋ย ดิน น้ำ แสง อุณหภูมิ โรคและศัตรูพืชได้เป็นอย่างดีตลอดปี

ราคาเฉลี่ยรายเดือน ประจำปี 2558 (บาทต่อกิโลกรัม)					
ม.ค.	84.17	พ.ค.	115.65	ก.ย.	75.60
ก.พ.	-	มิ.ย.	114.67	ต.ค.	66.48
มี.ค.	95.00	ก.ค.	116.94	พ.ย.	78.37
เม.ย.	94.67	ส.ค.	106.94	ธ.ค.	86.67

ที่มา: http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListitem.aspx?id=020205041

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1
การผลิตและผลประกอบการ

ผลประกอบการและปัญหาการผลิตองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกา

กำไรจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตขององุ่นทั้ง 4 รอบที่ผ่านมา : 720,000 บาท

ระยะเวลาผลิตและการเก็บเกี่ยวต่อรอบ:

รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	โค่น
18 เดือน	6 เดือน	6 เดือน	6 เดือน	

ผลผลิตต่อไร่: คือ 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุน (ปุ๋ย ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรง): 50,000 บาท/ไร่

ราคาขายองุ่น: 55 บาท/กิโลกรัม จำนวนที่ดินที่มี: 3 ไร่

การดูแลที่ผ่านมา: สามารถควบคุมดูแลเรื่องปุ๋ย ดิน น้ำ แสง อุณหภูมิ โรคและศัตรูพืชได้เป็นอย่างดีตลอดปี แต่องุ่นมีก้านผลสั้นทำให้ผลองุ่นเบียดกันเสียหายและผลมีขนาดเล็กมีน้ำหนักน้อย ถ้าหากเพิ่มความยาวก้านช่อผลจะทำให้น้ำหนักองุ่นเพิ่มขึ้น 55% และองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกามีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 3 วัน หลุดร่วงจากก้านช่อผลง่าย

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.1
การผลิตและผลประกอบการ

ผลประกอบการและปัญหาการผลิตปทุมมา

ช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต: เพิ่งเริ่มต้นกิจการยังไม่ได้เก็บเกี่ยวผลผลิต

ระยะเวลาผลิตและการเก็บเกี่ยวต่อรอบ:

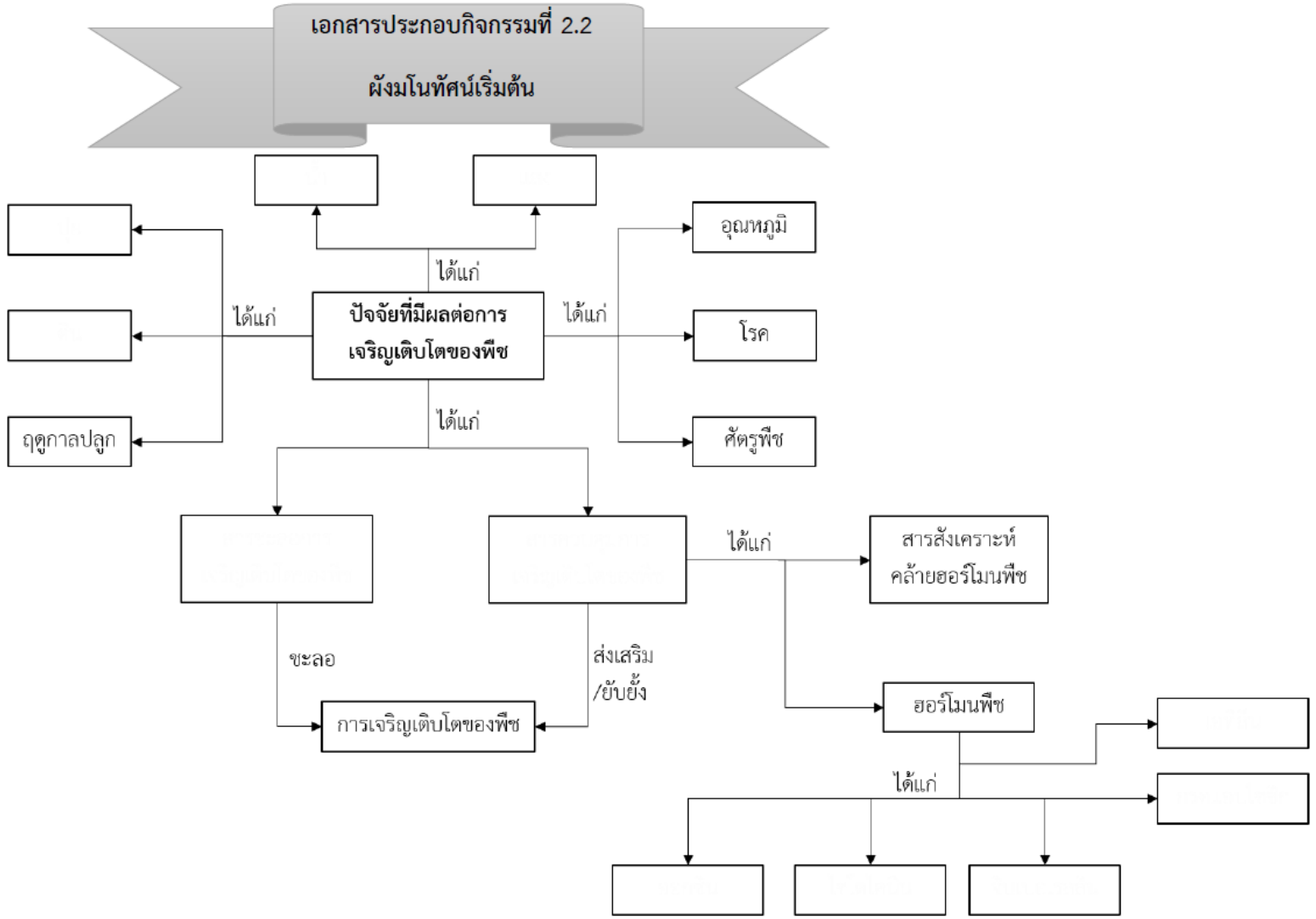
รอบที่	เพิ่มจำนวนหัวและขยายขนาดหัว		ปลูกเลี้ยง	เก็บเกี่ยว	พักตัว
	เพาะเมล็ดโดยใช้สารยับยั้งการพักตัว	เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากก้านช่อดอก			
1	13 เดือน	13 เดือน	4 เดือน	3 เดือน	5 เดือน
2	[redacted]		4 เดือน	3 เดือน	5 เดือน

พื้นที่ 1 ไร่ปลูกได้: 15,000 หัว เมื่อปลูกแล้วต้นพันธุ์จะแตกกอ

1 กอผลิตดอกได้ประมาณ: 12 ดอก ราคาขายดอกปทุมมา: 2 บาท/ดอก

ต้นทุน (ปุ๋ย ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรง): 40,320 บาท/ไร่ จำนวนที่ดินที่มี: 2 ไร่

การดูแลที่ผ่านมา: เพิ่งเริ่มต้นกิจการทำให้มีต้นพันธุ์ไม่เพียงพอต่อพื้นที่ จึงต้องการขยายจำนวนต้นพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดหรือเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน กล่าวคือ ถ้าขยายต้นพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดอาจจะทำให้ได้ต้นพันธุ์ใหม่ที่มีความแปรปรวนเกิดขึ้นซึ่งส่งผลให้ราคาผลผลิตลดลง แต่ถ้าขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก็จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น


เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.2
ผังมโนทัศน์เริ่มต้น
ได้แก่
ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
ได้แก่
อุณหภูมิ
ได้แก่
โรค
ได้แก่
ศัตรูพืช
ฤดูกาลปลูก
ได้แก่
สารสังเคราะห์คล้ายฮอร์โมนพืช
ฮอร์โมนพืช
ได้แก่
ชะลอ
ส่งเสริม/ยับยั้ง
การเจริญเติบโตของพืช

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3
วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำชี้แจง ให้ท่านศึกษาวิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อไปนี้แล้วเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชของสวนตนเองเพื่อให้ได้กำไรจากการผลิตตลอด 3 ปีสูงสุดจากเซลล์มัย จากนั้นให้ท่านออกแบบคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของท่านและpresentationเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจใน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร”

วิธีการผลิตมะนาวนอกฤดู

มะนาวใช้เวลาในการออกดอกจนถึงสามารถเก็บผลผลิตได้ประมาณ 4 เดือน และใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน จากนั้นพักต้นประมาณ 2 เดือน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บผลผลิตในช่วงที่มะนาวมีราคาแพงที่สุดในเดือน..... จะต้องบังคับมะนาวให้เริ่มออกดอกในเดือน ..... แต่เนื่องจากมะนาวจะออกดอกตามฤดูในเดือนสิงหาคม ดังนั้นจะต้องมีการกำจัดดอกที่ออกตามฤดูออกก่อน และบำรุงลำต้นให้เกิดการสะสมอาหารเพื่อให้มีความพร้อมสูงในการผลิตมะนาวนอกฤดูเป็นเวลา 90 วันก่อนที่จะกระตุ้นให้มะนาวออกดอก ดังนั้นต้องเริ่มดูแลมะนาวตั้งแต่เดือน.....ขั้นตอนการทำมะนาวนอกฤดูมีดังนี้คือ

1. กำจัดดอก จะต้องกำจัดดอกที่ออกตามฤดูกาลในเดือนสิงหาคมออกให้หมดเสียก่อน เนื่องจากหากมะนาวติดผลเนื่องจากการออกดอกในช่วงนี้แล้วจะไม่สามารถบังคับให้ออกดอกในช่วงที่เราต้องการได้

2. ตัดแต่งกิ่ง มะนาวออกดอกที่ปลายยอดและปลายยอดที่ดีควรมีอายุ 90 วันก่อนบังคับให้ออกดอก วิธีการทำให้ปลายยอดที่เกิดใหม่มีอายุ 90 วันเท่ากัน คือ การตัดปลายยอดและปลายกิ่งหลังจากนั้นกิ่งข้างจะเจริญขึ้นมา

3. กดยอด โดยปกติมะนาวจะมีการแตกยอดใหม่ทุก ๆ 45 - 50 วัน แต่ถ้าปล่อยให้มะนาวแตกยอดในระหว่างนี้จะทำให้ยอดมะนาวใหม่มีอายุไม่ถึง 90 วันนับตั้งแต่แตกยอดจนถึงช่วงบังคับให้ออกดอก ดังนั้นจึงต้องพ่นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของมะนาวภายหลังการตัดปลายยอดและปลายกิ่ง 15 วัน

4. สะสมอาหาร เสริมปุ๋ยเพื่อให้ต้นมะนาวดูดซึมไปสะสมในลำต้น และในวันที่ 60 หลังเล็มยอดฉีดพ่นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของมะนาวอีกครั้งเพื่อป้องกันการแตกยอดใหม่

5. กระตุ้นการออกดอก มะนาวจะออกดอกได้เมื่อผ่านช่วงแล้งดังนั้นจึงต้องทำการงดน้ำเป็นเวลา 15 วัน (ประมาณวันที่ 60-75 หลังเล็มยอด) เมื่อครบ 15 วันแล้วจึงให้น้ำมะนาวอย่างเต็มที่ วันที่ 85 หลังเล็มยอดให้สารเปิดตาดอกเพื่อทำลายการพักตัวของตาดอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ออกดอกและติดผล วันที่ 105 หลังเล็มยอดมะนาวจะเริ่มติดผล แต่ผลมะนาวอาจร่วงได้เนื่องจากมีจำนวนมากเกินปกติ ดังนั้นจึงต้องฉีดพ่นสารเพื่อป้องกันการหลุดร่วงของผลมะนาว มะนาวจะใช้เวลาพัฒนาจากผลอ่อนไปผลแก่ใช้เวลาประมาณ 135 วัน เมื่อครบ 240 วันนับตั้งแต่เล็มยอดสามารถเก็บผลผลิตขายได้

คำถาม

1. ท่านจะมีวิธีการกำจัดดอกมะนาวที่ง่ายและรวดเร็วโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใดได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการกำจัดดอกและใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

2. การตัดปลายยอดและปลายกิ่งที่ทำให้กิ่งข้างเจริญขึ้นมานั้นเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนชนิดใดบ้าง และเพราะเหตุใดกิ่งข้างจึงเจริญขึ้นมาได้เมื่อตัดปลายยอดและปลายกิ่งออก

.....

.....

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีวิธีการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นมะนาวโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใดได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการยับยั้งการเจริญเติบโตของมะนาวและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน สารชนิดนี้สามารถยับยั้งฮอร์โมนชนิดใดที่สร้างขึ้นเองตามธรรมชาติภายในต้นมะนาว และฮอร์โมนดังกล่าวที่สร้างขึ้นภายในต้นมะนาวนี้มีคุณสมบัติอย่างไรต่อต้นมะนาว (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

.....

.....

4. การงดน้ำต้นมะนาวทำให้มะนาวเกิดความเครียดและสร้างฮอร์โมนชนิดใดขึ้นมาและฮอร์โมนชนิดนี้ส่งผลเช่นไรต่อพืชบ้าง

.....

.....

.....

5. ท่านจะเลือกใช้สารเปิดตาดอกชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการเปิดตาดอกมะนาวและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

6. ท่านจะเลือกใช้สารป้องกันการหลุดร่วงของผลมะนาวชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการป้องกันการหลุดร่วงของผลมะนาวและต้องใช้ปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการผลิตมะนาวตลอด 3 ปีสามารถเขียนได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตมะนาวนอกฤดูตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายปกติ (เท่าต้นทุนเดิมxจำนวนรอบที่ผลิต) คิดเป็น.....บาท

2. ค่าสาร/ฮอร์โมนที่ใช้ตลอด 3 ปี ได้แก่

1) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

2) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

3) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

4) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

5) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

***แนวทางคิดคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอด 3 ปี**

ปริมาณสารที่ต้องใช้ในแต่ละรอบต่อไร่ = ...cc/g/mg ตลอด 3 ปีผลิตได้.....รอบ ดังนั้นตลอด 3 ปีต้องใช้สารปริมาณ.....cc/g/mg ต่อไร่ มีที่ดินทั้งหมด.....ไร่

ดังนั้นต้องใช้สารทั้งหมด.....cc/g/mg หรือต้องซื้อสารทั้งหมดจำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง

รายได้ภายหลังการผลิตมะนาวนอกฤดูตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท

ผลกำไรภายหลังการผลิตมะนาวนอกฤดูตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาทหรือ

คิดเป็นกำไรเดือนละ.....บาท จากเดิมที่มีผลกำไรเดือนละ.....บาท

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3
วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำชี้แจง ให้ท่านศึกษาวิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อไปนี้แล้วเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชของสวนตนเองเพื่อให้ได้กำไรจากการผลิตตลอด 3 ปีสูงสุดจากเซลล์มัย จากนั้นให้ท่านออกแบบคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของท่านและpresentationเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจใน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร”

วิธีการผลิตสับปะรดให้ออกดอกพร้อมกัน

สับปะรดมีช่วงเวลาในการปลูกจนถึงสามารถเก็บผลผลิตประมาณ 18-24 เดือน แตกต่างกันไปตามส่วนที่ใช้เป็นต้นพันธุ์ ถ้าใช้หน่อในการปลูกจะต้องใช้เวลา 18 เดือน โดยใช้เวลาในการปลูกบำรุงต้น 12 เดือน และใช้เวลานับตั้งแต่บังคับออกดอกจนถึงผลเจริญเติบโตเต็มที่ 5 เดือน และใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน และถ้าใช้จุกในการปลูกจะต้องใช้เวลา 24 เดือน โดยใช้เวลาในการปลูกบำรุงต้น 18 เดือนและใช้เวลานับตั้งแต่บังคับออกดอกจนถึงผลเจริญเติบโตเต็มที่ 5 เดือน และใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน และควรวางแผนการปลูกเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวผลผลิตในหน้าฝน เนื่องจากในขณะที่ผลสับปะรดแก่จัดจะมีปริมาณน้ำตาลในผลสูงและถ้าหากฝนตกหนักในขณะผลแก่จัดจะทำให้น้ำออสโมซิสเข้าสู่ผลเป็นปริมาณมากและทำให้ผลแตกเสียหาย ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวในหน้าฝน คือ เดือนพฤษภาคม-กันยายนจึงควรเริ่มปลูกสับปะรดในเดือน.....และบังคับสับปะรดให้เริ่มออกดอกพร้อมกันในเดือน.....เพื่อทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้ในเดือน.....และสามารถปลูกสับปะรดในรอบถัดไปได้ในเดือน.....ได้ทันทีโดยไม่ต้องเว้นช่วงและสามารถเก็บเกี่ยวสับปะรดในรอบถัดไปนี้ได้ในเดือน.....ได้โดยไม่ประสบปัญหาจากน้ำฝนเช่นเดียวกัน ขั้นตอนในการผลิตสับปะรดมีดังนี้

1. ปลูก สามารถปลูกด้วยหน่อหรือจุก โดยการปลูกหน่อจะใช้หน่อที่มีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม ใช้เวลาประมาณ 18 เดือนในการปลูกจนถึงเก็บผลผลิต การปลูกด้วยจุกจะใช้จุกที่มีน้ำหนักประมาณ 180 กรัม ใช้เวลาประมาณ 24 เดือนในการปลูกจนถึงเก็บผลผลิต

2. บังคับออกดอก เมื่อต้นสับปะรดมีน้ำหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัมจึงจะสามารถบังคับให้ออกดอกได้ โดยในการบังคับออกดอกจะบังคับ 2 ครั้งห่างกัน 4-7 วัน ภายหลังการบังคับออกดอกประมาณ

30 วัน จะสามารถสังเกตเห็นดอกสีแดงโผล่ออกมาจากปลายยอด หลังจากนั้น 120 วันผลจึงแก่จัดสามารถเก็บได้

3. ขยายขนาดของผล ผลสับปะรดอาจมีขนาดเล็กกว่าความต้องการของตลาด ดังนั้นจึงควรพ่นสารเพื่อทำให้ผลสับปะรดมีขนาดใหญ่มากขึ้น

คำถาม

1. ท่านจะเลือกใช้หน่อหรือจุกในการปลูกเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. ท่านจะมีวิธีการบังคับสับปะรดให้ออกดอกพร้อมกันโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใดได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการบังคับสับปะรดให้ออกดอกพร้อมกันและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีวิธีการในการขยายขนาดของผลสับปะรดโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใดได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการขยายขนาดผลสับปะรดและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการผลิตสับปะรดตลอด 3 ปีสามารถเขียนได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสับปะรดตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายปกติ (ต้นทุนที่ลดลงจากเดิม 150% เหลือ 100%xจำนวนรอบที่ผลิต) คิดเป็น .....บาท

2. ค่าสาร/ฮอร์โมนที่ใช้ตลอด 3 ปี ได้แก่

1) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

2) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

3) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

4) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

5) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

***แนวทางคิดคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอด 3 ปี**

ปริมาณสารที่ต้องใช้ในแต่ละรอบต่อไร่ = ...cc/g/mg ตลอด 3 ปีผลิตได้.....รอบ ดังนั้นตลอด 3 ปีต้องใช้สารปริมาณ.....cc/g/mg ต่อไร่ มีที่ดินทั้งหมด.....ไร่

ดังนั้นต้องใช้สารทั้งหมด.....cc/g/mg หรือต้องซื้อสารทั้งหมดจำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง

รายได้ภายหลังการผลิตสับปะรดตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท

ผลกำไรภายหลังการผลิตสับปะรดตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาทหรือคิดเป็นกำไรเดือนละ.....บาท จากเดิมที่มีผลกำไรเดือนละ.....บาท

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3
วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำชี้แจง ให้ท่านศึกษาวิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อไปนี้แล้วเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชของสวนตนเองเพื่อให้ได้กำไรจากการผลิตตลอด 3 ปีสูงสุดจากเซลล์มัย จากนั้นให้ท่านออกแบบคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของท่านและpresentationเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจใน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร”

วิธีการผลิตทุเรียนนอกฤดู

ทุเรียนต้องใช้เวลานับตั้งแต่บังคับให้ออกดอกจนถึงสามารถเก็บผลผลิตประมาณ 5 เดือน และใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน โดยต้องใช้เวลาในการบำรุงต้นเป็นเวลา 6 เดือนก่อนที่จะบังคับให้ออกดอก ดังนั้นถ้าต้องการเก็บผลผลิตในช่วงที่ทุเรียนมีราคาสูงที่สุดในเดือน .....จะต้องบังคับทุเรียนให้เริ่มออกดอกในเดือน..... และก่อนที่จะบังคับให้ทุเรียนออกดอกนั้นจะต้องมีการบำรุงลำต้นให้มีความสมบูรณ์เพื่อให้ความพร้อมสูงในการผลิตนอกฤดูเป็นเวลา 6 เดือน ดังนั้นต้องเริ่มดูแลทุเรียนตั้งแต่เดือน .....ขั้นตอนการผลิตทุเรียนนอกฤดู มีดังนี้

1. เตรียมต้น กระตุ้นให้ทุเรียนแตกใบอ่อนชุดที่ 1 โดยตัดแต่งกิ่งและใบทั้งทรงพุ่มในเวลาใกล้เคียงกันทั้งแปลงเพื่อให้ทุเรียนแตกกิ่งข้างใหม่พร้อมกันทั้งแปลง ให้ปุ๋ยทางใบเพื่อบำรุงให้ลำต้นและใบทุเรียนสมบูรณ์ หลังจากตัดแต่งประมาณ 15 วัน ทุเรียนจะแตกกิ่งข้างและใบอ่อนชุดใหม่ เมื่อใบชุดแรกมีอายุ 60 วันใบจะแก่เต็มที่ ให้กระตุ้นให้ทุเรียนแตกใบอ่อนชุดที่ 2 โดยทำเช่นเดียวกับการแตกใบอ่อนชุดที่ 1

2. ชะงักการเจริญเติบโต โดยการพ่นสารชะงักการเจริญเติบโตทำให้ต้นทุเรียนหยุดการเจริญเติบโตโดยพ่นในระยะใบเพสลาด (ใบที่เจริญเติบโตเต็มที่แต่ยังไม่ได้กลายเป็นใบแก่) คือ ใบที่ที่มีอายุประมาณ 30 วัน จากนั้นจึงให้ปุ๋ยสำหรับบำรุงดอก ตัดแต่งกิ่งแขนงที่มีขนาดเล็กออกเพื่อลดการแย่งอาหาร ภายหลังพ่นสารชะงักการเจริญเติบโต 30 วันให้งดน้ำ 15 วัน เพื่อให้ต้นทุเรียนเกิดความเครียดนำไปสู่การพักตัวเพื่อเตรียมการออกดอก

3. กระตุ้นการออกดอก เมื่อเริ่มสังเกตเห็นตาดอกใช้สารเปิดตาดอก หลังจากนั้นประมาณ 15 วัน ทุเรียนจะเริ่มออกดอก ให้น้ำประมาณ 30% ของปริมาณน้ำปกติเพื่อป้องกันการสลัดดอกทิ้ง

4. ยืดขั้วดอก โดยปกติทุเรียนที่มีการฉีดพ่นสารชะงักการเจริญเติบโตเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตจะมีขั้วดอกสั้น สามารถแก้ไขโดยฉีดพ่นสารยืดขั้วดอกที่บริเวณกลุ่มดอก 2 ครั้ง ภายใน 1 สัปดาห์ โดยต้องฉีดพ่นในระยะไข่ปลาเท่านั้น (แสดงดังภาพ)

5. ตัดแต่งดอก หากดอกมีปริมาณมากต้องตัดแต่งดอกให้เหลือดอกในตำแหน่งและปริมาณที่เหมาะสม ให้ปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการของผล

6. ช่วยผสมเกสร โดยธรรมชาติทุเรียนจะมีการผสมเกสรเอง แต่เนื่องจากแมลงผสมเกสรมีน้อยจึงอาจทำให้การผสมเกสรเกิดไม่สมบูรณ์จึงควรช่วยทุเรียนผสมเกสรโดยใช้พู่กันแตะเกสรเพศผู้ไปป้ายบนยอดเกสรเพศเมีย หลังผสมเกสร 1 สัปดาห์ให้เพิ่มน้ำทีละน้อย อย่าให้มากเกินไปเพราะอาจทำให้ผลอ่อนที่เพิ่งติดร่วงได้

7. ตัดแต่งผล ต้องมีการตัดแต่งผลเพื่อป้องกันการแย่งอาหารกันของผลทุเรียน และเพื่อตัดแต่งผลที่มีรูปร่างบิดเบี้ยวไม่สวยงามออกเหลือไว้เพียงผลที่มีรูปทรงสวยงามเป็นที่ต้องการของตลาด ให้ปุ๋ยและน้ำอย่างที่เต็มที่เพื่อส่งเสริมพัฒนาการของผล

8. เก็บเกี่ยวผลผลิต ภายหลังออกดอก 135 วันจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

9. การบ่มผลผลิต ผลทุเรียนที่เก็บเกี่ยวมาจะยังไม่สุกเต็มที่ดี ดังนั้นสามารถใช้สารบ่มให้สุกได้

คำถาม

1. การแตกกิ่งข้างใหม่ของต้นทุเรียนเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนชนิดใดบ้าง เพราะเหตุใดการตัดแต่งกิ่งจึงทำให้ทุเรียนแตกกิ่งข้างใหม่

.....

.....

.....

.....

2. ท่านจะมีวิธีการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นทุเรียนโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใดได้บ้าง และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นทุเรียนและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน สารชนิดนี้สามารถยับยั้งฮอร์โมนชนิดใดที่สร้างขึ้นเองตามธรรมชาติภายในต้นทุเรียน และฮอร์โมนดังกล่าวที่สร้างขึ้นภายในต้นทุเรียนนี้มีคุณสมบัติอย่างไรต่อต้นทุเรียน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

3. การงดน้ำต้นทุเรียนทำให้ทุเรียนเกิดความเครียดและสร้างฮอร์โมนชนิดใดขึ้นมาและฮอร์โมนชนิดนี้ส่งผลเช่นไรต่อพืชบ้าง

.....

.....

.....

.....

4. ท่านจะมีวิธีการเปิดตาดอกโดยเลือกใช้สารชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการเปิดตาดอกทุเรียนและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

5. ท่านจะมีวิธีการยืดขั้วดอกโดยใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใด เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการยืดขั้วดอกทุเรียนและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

6. ท่านจะมีวิธีการในการบ่มผลทุเรียนให้สุกได้โดยใช้สารชนิดใด เพราะเหตุใด และท่านจะเลือกใช้สารยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการบ่มผลทุเรียนให้สุกและต้องใช้ในปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการผลิตทุเรียนตลอด 3 ปีสามารถเขียนได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

.....

.....

.....

.....

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตทุเรียนตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายปกติ (เท่าต้นทุนเดิมxจำนวนรอบที่ผลิต) คิดเป็น.....บาท

2. ค่าสาร/ฮอร์โมนที่ใช้ตลอด 3 ปี ได้แก่

1) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

2) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

3) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

4) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

5) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

***แนวทางคิดคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอด 3 ปี**

ปริมาณสารที่ต้องใช้ในแต่ละรอบต่อไร่ = ...cc/g/mg ตลอด 3 ปีผลิตได้.....รอบ ดังนั้นตลอด 3 ปีต้องใช้สารปริมาณ.....cc/g/mg ต่อไร่ มีที่ดินทั้งหมด.....ไร่

ดังนั้นต้องใช้สารทั้งหมด.....cc/g/mg หรือต้องซื้อสารทั้งหมดจำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง

รายได้ภายหลังการผลิตทุเรียนตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท

ผลกำไรภายหลังการผลิตทุเรียนตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาทหรือคิดเป็นกำไรเดือนละ.....บาท จากเดิมที่มีผลกำไรเดือนละ.....บาท

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3
วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำชี้แจง ให้ท่านศึกษาวิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อไปนี้แล้วเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชของสวนตนเองเพื่อให้ได้กำไรจากการผลิตตลอด 3 ปีสูงสุดจากเซลล์มัย จากนั้นให้ท่านออกแบบคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของท่านและpresentationเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจใน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร”

วิธีการผลิตองุ่นให้มีก้านยาวขึ้น

องุ่นสามารถผลิตได้ทั้งปี ในการปลูกองุ่นครั้งแรกนับตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตจะต้องใช้เวลา 17 เดือนและใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน และรอบถัดไปนับตั้งแต่ดูแลต้นจนเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ใช้เวลา 5 เดือนและเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน องุ่นจะมีอายุในการปลูกได้ถึง 15 ปี แต่เพื่อให้สามารถมีผลผลิตสูงสุดจึงจะปลูกเพียงแค่ 3 ปีเท่านั้น แล้วจึงโค่นเพื่อปลูกต้นใหม่ ถ้าต้องการเก็บเกี่ยวองุ่นเพื่อขายในช่วงเดือนธันวาคมซึ่งมีเทศกาลเฉลิมฉลองหลายเทศกาล ดังนั้นในรอบแรกจะต้องเริ่มปลูกองุ่นในเดือน..... ขั้นตอนในการผลิตองุ่นมีดังนี้

1. ระยะเลี้ยงเถา หลังจากปลูกองุ่นจนมีความสูงประมาณค้าง หรือสูงประมาณ 1.5 เมตร จะต้องตัดปลายยอดออกเพื่อให้เถาองุ่นเกิดการแตกตาข้างจึงต้องทำการกิ่งที่แตกขึ้นมาใหม่จะไว้เฉพาะกิ่งที่สมบูรณ์ เมื่อกิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร จะต้องทำการตัดปลายยอดเพื่อให้ตาข้างแตกออกมาใหม่ ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนองุ่นเต็มค้าง ใช้เวลาประมาณ 12 เดือน กิ่งหลัก ๆ เหล่านี้จะเรียกว่ากิ่งเคน ให้ปุ๋ยทางรากและใบสม่ำเสมอตลอดการผลิตเพื่อบำรุงให้ต้นสมบูรณ์

2. ตัดแต่งกิ่งและจัดกิ่ง เมื่อครบ 12 เดือนให้ทำการงดน้ำประมาณ 15 วัน เพื่อให้องุ่นเกิดความเครียดและพักตัว จากนั้นตัดแต่งกิ่งเคนกิ่งปลายสุดให้สั้นเหลือประมาณ 5-6 ตา หลังจากงดน้ำให้น้ำอย่างเต็มที่ หลังจากให้น้ำอย่างเต็มที่ประมาณ 15 วัน กิ่งเคนขององุ่นจะเริ่มแตกกิ่งใหม่พร้อมกับช่อดอก

3. ตัดแต่งช่อดอก ถ้ามีดอกองุ่นมากเกินไปให้ตัดออกบ้างโดยให้เลือกเหลือเฉพาะช่อที่มีรูปทรงสวยไว้ให้กระจายอยู่ทุกกิ่งอย่างสม่ำเสมอ

4. ใช้ฮอร์โมนยืดช่อ พ่นฮอร์โมนยืดช่อผลเมื่อองุ่นมีผลโตประมาณ 0.7 เซนติเมตร เพื่อให้ช่อผลโปร่งทำให้ผลไม่เบียดกันซึ่งจะส่งผลให้ผลองุ่นมีรูปร่างบิดเบี้ยว

5. เก็บผลเมื่อองุ่นมีอายุประมาณ 120 วัน ภายหลังออกดอกก็จะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตขายได้ แต่ผลองุ่นอาจจะร่วงง่าย สามารถฉีดพ่นฮอร์โมนป้องกันการหลุดร่วงของผลก่อนเก็บผลผลิตประมาณ 10 วันเพื่อป้องกันการหลุดร่วงของผลได้ ในการทำรอบที่สองจะเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2-5 ได้ทันทีภายหลังการเก็บเกี่ยว

คำถาม

1. การตัดปลายยอดที่ทำให้ตาข้างเจริญขึ้นมานั้นเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนชนิดใดบ้าง และเพราะเหตุใดตาข้างจึงเจริญขึ้นมาได้เมื่อตัดปลายยอดออก

.....

.....

.....

.....

2. การงดน้ำต้นองุ่นทำให้องุ่นเกิดความเครียดและสร้างฮอร์โมนชนิดใดขึ้นมาและฮอร์โมนชนิดนี้ส่งผลเช่นไรต่อพืชบ้าง

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีวิธีการยืดช่อผลโดยเลือกใช้สารหรือฮอร์โมนชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการยืดช่อผลองุ่นและต้องใช้ปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

4. ท่านจะเลือกใช้สารป้องการหลุดร่วงของผลองุ่นชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการป้องกันการหลุดร่วงของผลองุ่นและต้องใช้ปริมาณเท่าไรเมื่อคำนึงถึงพื้นที่ปลูกของท่าน (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

แผนการผลิตองุ่นตลอด 3 ปีสามารถเขียนได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตองุ่นตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายปกติ (เท่าต้นทุนเดิมxจำนวนรอบที่ผลิต) คิดเป็น.....บาท
2. ค่าสาร/ฮอร์โมนที่ใช้ตลอด 3 ปี ได้แก่
    1) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท
    2) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท
    3) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท
    4) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท
    5) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

***แนวทางคิดคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอด 3 ปี**

ปริมาณสารที่ต้องใช้ในแต่ละรอบต่อไร่ = ...cc/g/mg ตลอด 3 ปีผลิตได้.....รอบ ดังนั้นตลอด 3 ปีต้องใช้สารปริมาณ.....cc/g/mg ต่อไร่ มีที่ดินทั้งหมด.....ไร่

ดังนั้นต้องใช้สารทั้งหมด.....cc/g/mg หรือต้องซื้อสารทั้งหมดจำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง

รายได้ภายหลังการผลิตองุ่นตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท

ผลกำไรภายหลังการผลิตองุ่นตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาทหรือคิดเป็นกำไรเดือนละ.....บาท จากเดิมที่มีผลกำไรเดือนละ.....บาท

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 2.3
วิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำชี้แจง ให้ท่านศึกษาวิธีการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อไปนี้แล้วเลือกซื้อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชของสวนตนเองเพื่อให้ได้กำไรจากการผลิตตลอด 3 ปีสูงสุดจากเซลล์มัย จากนั้นให้ท่านออกแบบคู่มือแนะนำการผลิตพืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของท่านและpresentationเพื่อเผยแพร่ให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจใน “งานแสดงสินค้าและการประชุมเพื่อธุรกิจการเกษตร”

วิธีการเพาะขยายปทุมมา

ปทุมมาจะออกดอกและสามารถทยอยเก็บเกี่ยวขายได้ในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายนเป็นเวลา 3 เดือน และปทุมมาจะใช้เวลาตั้งแต่เริ่มลงหัวจนกระทั่งออกดอกก่อนที่จะเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 4 เดือน รวมระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นเป็นเวลา 7 เดือน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคม-กันยายนจะต้องเริ่มลงหัวปทุมมาในเดือน..... แต่เนื่องจากเกษตรกรยังไม่มีหัวปทุมมาสำหรับปลูกจึงต้องใช้เวลาในการเพาะขยายหัวปทุมมาก่อนประมาณ 13 เดือน คือ ต้องเริ่มเพาะขยายหัวปทุมมาในเดือน..... แต่เมื่อมีปทุมมาเพียงพอแล้วเกษตรกรสามารถใช้หัวที่มีอยู่เดิมในการปลูกต่อได้เลย แต่ปทุมมาเป็นพืชที่มีการพักหัวในช่วงฤดูหนาวที่มีช่วงวันสั้นในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นเวลา 5 เดือน ดังนั้นในรอบที่ 2 จึงสามารถเริ่มผลิตปทุมมาได้อีกครั้งในเดือน..... มีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

1. การเพาะขยาย

การเพาะขยายปทุมมาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การแยกเหง้าและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แต่ ดังนั้นในที่นี่จึงสามารถเลือกใช้ 2 วิธี คือ การเพาะเมล็ดและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1.1 การแยกเหง้า ทำได้โดยตัดแยกเหง้าปทุมมาออกเป็นชิ้นแล้วนำไปปลูก แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากมักทำให้หัวปทุมมาติดเชื้อโรคจากรอยแผลได้

1.2 การเพาะเมล็ด เมล็ดของปทุมมาจะมีการพักตัว ดังนั้นจึงต้องแช่เมล็ดปทุมมาในฮอร์โมนเร่งการงอกทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ แต่ข้อเสีย คือ อาจทำให้เกิดความแปรปรวนของผลผลิตเนื่องจากความแตกต่างทางพันธุกรรม ดังนั้นจึงไม่ควรใช้วิธีนี้

1.3 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะทำให้ได้ต้นพันธุ์ที่ปลอดเชื้อและมีลักษณะทางพันธุกรรมที่เหมือนกันทุกประการจึงไม่เกิดความแปรปรวนของผลผลิต <u>จำเป็นต้องใช้ฮอร์โมน/สารที่มีความบริสุทธิ์สูงเท่านั้น</u> การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) ชักนำให้เกิดแคลลัสโดยใช้ฮอร์โมนผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์

2) ชักนำให้เกิดยอดโดยโดยใช้ฮอร์โมนผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์

3) ชักนำให้เกิดรากโดยใช้ฮอร์โมนผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์

2. ขยายขนาดหัวปทุมมา ต้นอ่อนปทุมมาที่เพิ่งงอกหรือได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะมีขนาดเล็กและยังไม่มีการสะสมอาหารมากเพียงพอในการผลิตดอก ดังนั้นจึงต้องปลูกเลี้ยงในดินเพื่อขยายขนาดของหัวปทุมมาให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร หรือมีอายุครบ 13 เดือนนับตั้งแต่เริ่มเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วจึงสามารถนำไปปลูกเพื่อผลิตดอกได้

3. ออกดอก ปทุมมาที่ปลูกเมื่อครบ 4 เดือนดอกจะเริ่มบานและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

4. การเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการเก็บเกี่ยวและขนส่งผลผลิตเพื่อคงความสดของดอกปทุมมาสามารถแช่ก้านปทุมมาในกระเปาะที่บรรจุฮอร์โมนยืดอายุไม้ตัดดอกเพื่อคงความสดของดอกปทุมมาได้

คำถาม

1. เมล็ดปทุมมาจะมีการพักตัวเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนชนิดใดภายในเมล็ด และถ้าหากต้องการยับยั้งการพักตัวของเมล็ดต้องแช่เมล็ดปทุมมาในสารละลายฮอร์โมนชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้องใช้อาหารที่มีส่วนผสมของฮอร์โมนที่ทำงานร่วมกัน 2 ชนิด ได้แก่ ฮอร์โมนอะไรบ้าง และอัตราส่วนของฮอร์โมนแบบใดจึงจะสามารถชักนำให้เกิดแคลลัส ยอดและรากได้ตามลำดับ ท่านจะเลือกซื้อฮอร์โมนเหล่านี้ยี่ห้อใดบ้าง เพราะเหตุใด และต้องใช้ในปริมาณเท่าใดสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของท่านเมื่อคำนึงถึงจำนวนหัวพันธุ์ที่ต้องการทั้งหมด (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีวิธีการยืดอายุดอกปทุมมาโดยใช้ฮอร์โมนชนิดใด เพราะเหตุใด ยี่ห้อใด เหตุใดจึงเลือกใช้ยี่ห้อนี้ ต้องใช้สารนี้ที่ความเข้มข้นเท่าไรในการยืดอายุดอกปทุมมาและต้องใช้ในปริมาณเท่าใดเมื่อคำนึงถึงปริมาณผลผลิตของท่านทั้งหมด (ความเข้มข้นและปริมาณสารที่ต้องใช้ท่านสามารถศึกษาได้จากสลากสินค้า)

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการผลิตปทุมมาสามารถเขียนได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตปทุมมาตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายปกติ (เท่าต้นทุนxจำนวนรอบที่ผลิต) คิดเป็น.....บาท

2. ค่าสาร/ฮอร์โมนที่ใช้ตลอด 3 ปี ได้แก่

1) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

2) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

3) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

4) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

5) ..... จำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง คิดเป็นเงิน.....บาท

***แนวทางคิดคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอด 3 ปี**

ปริมาณสารที่ต้องใช้ในแต่ละรอบต่อไร่ = ...cc/g/mg ตลอด 3 ปีผลิตได้.....รอบ ดังนั้นตลอด 3 ปีต้องใช้สารปริมาณ.....cc/g/mg ต่อไร่ มีที่ดินทั้งหมด.....ไร่

ดังนั้นต้องใช้สารทั้งหมด.....cc/g/mg หรือต้องซื้อสารทั้งหมดจำนวน.....ขวด/กล่อง/ซอง

รายได้ภายหลังการผลิตปทุมมาตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาท

ผลกำไรภายหลังการผลิตปทุมมาตลอด 3 ปีคิดเป็น.....บาทหรือคิดเป็นกำไรเดือนละ.....บาท

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อการเรียนรู้ที่ 5

บทที่ 4

สารเคมีที่ใช้ในการชักนำการออกดอก

ในการผลิตผลไม้นอกฤดูนั้น ซึ่งมีแนวทางในการชักนำให้ต้นไม้ผลออกดอกและติดผลนอกฤดูได้หลายวิธี ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามชนิดผลไม้ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท สำคัญ ดังนี้

1. การชักนำออกดอกด้วยวิธีกล

ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง งดการให้น้ำ รมควัน

2. การชักนำให้ออกดอกด้วยสารเคมี

สำหรับสารเคมีที่มีความสำคัญต่อการทำการผลิตผลไม้นอกฤดู มีดังนี้

2.1 สารพาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol) ที่มีชื่อการค้าว่า คัลทาร์, พรีดิกท์ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต (growth retardant)

กลุ่มไม้ผล (2541) อธิบายว่าสารชะลอการเจริญเติบโตพืช ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มนุษย์สังเคราะห์มาเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร

2.1.1 คุณสมบัติทั่วไป

1) ยับยั้งการยืดตัวของเซลล์ ทำให้ลำต้นเตี้ย ปล้องสั้น ทรงพุ่มมีขนาดเล็ก
2) ยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านแตกกิ่งก้านสาขา หรือแตกใบอ่อน
3) กระตุ้นการออกดอกในไม้ผลบางชนิด เช่น มะม่วง แอปเปิ้ล และสาลี่ เป็นต้น
4) เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นไม้ผล
5) เพิ่มปริมาณการติดผล และเพิ่มคุณภาพของผลไม้
6) ชะลอการร่วงของผลไม้

2.1.2 ชนิดสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่มีจำหน่าย ได้แก่

1) คลอมีควอท (Chlormequat) ใช้ป้องกันการหักล้มในธัญพืช ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี เป็นต้น
2) ดามิโนไซด์ (Daminozide) ที่เป็นที่รู้จักในชื่อของ อาลาร์ (alar)®
3) แอนซิมิดอล (Ancymidol) นิยมใช้ในไม้ประดับ ซึ่งไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย
4) เมพิควอท คลอไรด์ (Mepiquat chloride) เหมาะสมกับฝ้าย
5) พาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazole) มีความเหมาะสมกับไม้ผลและธัญพืช

2.1.3 คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ (Chemical and physical Properties)

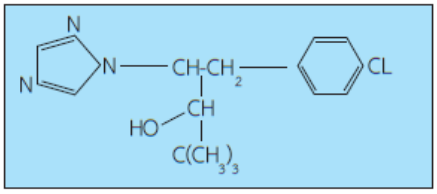
ชื่อทางเคมี : chemical name (IUPAC) : (2 RS, 3RS)-1-(4-Chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4 triazol-1-yl) pentan-3-ol

ชื่อสามัญ : common name (BSI approved : Paclobutrazol and ISO Proposed)

empirical formular : $C_{15}H_{20}CLN_3O$

สูตรโครงสร้าง :

structural formula :



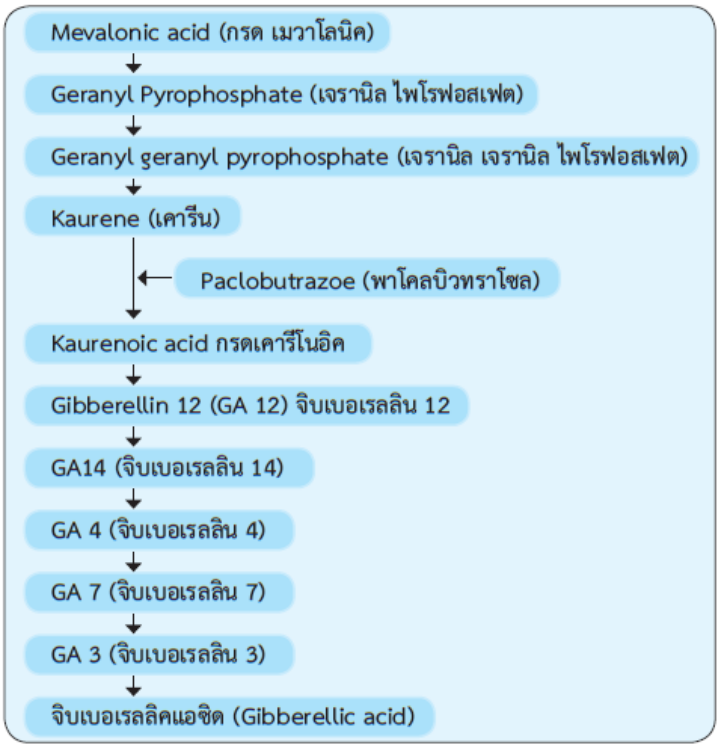
น้ำหนักโมเลกุล molecular weight : 293.5 g mol^{-1}
ลักษณะที่ปรากฏ appearance : เป็นของแข็ง ผลึกสีขาว (white crystalline solid)
จุดหลอมเหลว : 165.6 °C
ความหนาแน่น : 1.22 g/cm^3
ความสามารถละลายได้ solubility : ในน้ำ 35 ppm, เมธิลแอลกอฮอล์ 15 %
โพรพิลีนไกลคอล 5 % ,อะซีโตน 11 %,ไกโคลเฮกซาโนน 18 %
เมธิลีนไดคลอไรด์ 10 %, เฮกเซน 1 % และ ไซลีน 6 %
(In water 35 ppm, methanol 15 % ,Propylene glycol 5 %,
acetone 11 %, cyclohexanone 18 %,
methylene dichloride 10 %, hexane 1 % and xylene 6 %)
แรงดันไอระเหย (vapour pressure) : 1×16 - ba ที่ 20 °C
เสถียร (stability) : เสถียรทุกอุณหภูมิ ถึง 50 °C เวลาน้อยที่สุด 6 เดือน
stable at all temperature up to 50 °C for at least 6 months

2.1.4 บทบาทสนับสนุน การชักนำการออกดอกในการผลิตไม้ผลนอกฤดู

สารพาโคลบิวทราโซล เป็นสารที่ อยู่ในกลุ่มที่เรียกกว่า (plant growth retardants) ซึ่งมีบทบาทยับยั้งการเจริญเติบโตของกิ่ง ก้าน การแตกใบอ่อน (พีรเดช, 2532) โดยมีบทบาท

1) ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในพืช โดยสารพาโคลบิวทราโซล จะเข้าไปขัดขวางปฏิกิริยาเคมีในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน โดยทำให้ เคารีน (Kaurene) เปลี่ยนเป็นกรดเคารีโนอิค (Kaurenoic) ทำให้กระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินถูกยับยั้ง ส่งผลให้ปริมาณจิบเบอเรลลินลดลง ดังแผนภูมิที่ 1

- **แผนภูมิที่ 1 แสดงตำแหน่งที่พาโคลบิวทราโซลเข้าไปขัดขวางขบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน**



2) สารพาโคลบิวทราโซล จะเคลื่อนย้ายผ่านทางท่อน้ำและไปอยู่ใต้เนื้อเยื่อเจริญและยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช

Quinlan & Richardson (1986) รายงานว่า ได้ทดลองใช้สารพาโคลบิวทราโซล ชื่อการค้า คัลทาร์ [R] ฉีดพ่นที่กิ่งอ่อนและปลายยอดอ่อนของแอปเปิ้ลพบว่าสารเข้าสู่เนื้อพืชทางท่อน้ำและใบสะสมอยู่ใต้เนื้อเจริญของตาใบ ทำให้การเจริญเติบโตของยอดและใบลดลง และยังพบว่าสารนี้ไม่มีการเคลื่อนย้ายไปตามท่ออาหาร

Steffens & Wang (1986) ได้ทดลองใช้สารพาโคลบิวทราโซลกับแอปเปิ้ล พบว่าสารมีประสิทธิภาพชะลอการเจริญเติบโตของยอดและขยายตัวของใบ จำนวนใบไม่ลดลง อีกทั้งเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอีกด้วย และยังพบอีกว่าการพ่นกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) ทำให้เกิดการเจริญเติบโตและแตกตายอดและขยายตัวของใบสำหรับต้นพืชที่ถูกยับยั้งด้วยสารพาโคลบิวทราโซล กลับสู่สภาพปกติได้

3) กรวิทย์และคณะ (2531) ได้ทดลองใช้สารพาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงสามารถทำให้มะม่วงออกดอกและติดผลนอกฤดูได้

2.1.5 การใช้สารพาโคลบิวทราโซล

เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซล เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช หากใช้ไม่ถูกต้องอาจไม่ได้ผลแต่กลับเป็นผลเสียแก่ต้นพืชได้ ดังนั้น จึงต้องศึกษาให้เข้าใจสำหรับวิธีใช้ที่ถูกต้อง ดังนี้

1) ต้นไม้ผลต้องมีความสมบูรณ์สูง ต้นไม้ผลต้องแตกใบอ่อนแล้วอย่างน้อย 2 ชุด หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่ผ่านมา ใบเขียวเข้มหนาแน่น กิ่งยอดอวบยืดยาว

2) ช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับการใช้คือช่วงระยะใบอ่อน ใบพวงและเพสลาด

3) วิธีการใช้มี 2 วิธี คือ ทางดิน ซึ่งจะผสมน้ำราดลงดินบริเวณโคน ดินควรมีความชื้นพอสมควร และหลังให้สารแล้วควรให้น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สารเคลื่อนย้ายจากรากผ่านท่อน้ำไปที่เนื้อเยื่อเจริญเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช วิธีนี้นิยมใช้กับมะม่วง มะนาว ชมพู่ ส่วนการให้ทางใบ นิยมใช้ในไม้ผลที่มีระบบรากอ่อนแอและโอกาสเป็นโรคง่าย เช่น ทุเรียน

4) สภาพอากาศที่เหมาะสม สำหรับการใช้สารพาโคลบิวทราโซลให้ได้ผลควรเป็นช่วงไม่มีฝนตกในช่วงนั้นอย่างน้อย 7 วัน เพื่อไม่ให้สารที่ให้ทางดินหรือทางใบถูกชะล้างไปได้ ทำให้การผลิตผลไม้นอกฤดูไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

5) หลังให้สารแล้วควรให้ปุ๋ยเพื่อสะสมตาดอกด้วยปุ๋ยเคมีที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่น 12 - 24 - 12, 15 - 30 - 15

6) ต้นไม้ผลจะออกดอกภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลแล้ว ประมาณ 1 - 2 เดือน ต้นไม้ผลจะเริ่มออกดอกช้าหรือเร็วแล้วแต่ชนิดและพันธุ์ไม้ผล นั้นๆ

2.1.6 ผลกระทบและการแก้ไข

หลังการใช้สารพาโคลบิวทราโซลอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน

1) ทรงพุ่มแคระ ยอดสั้น หรือทรงพุ่มเลื้อย ไม่เป็นระเบียบ วิธีการแก้ไข ให้ลดอัตราการใช้ความเข้มข้นในครั้งต่อไป

1.1) เว้นช่วงการทำนอกฤดู

1.2) ตัดแต่งกิ่งแบบลึก เพื่อให้ยอดแตกใบอ่อนชุดใหม่

1.3) ใช้สารจิบเบอเรลลิน ฉีดพ่นให้แตกยอดใหม่

2) หลังใช้สารพาโคลบิวทราโซลแล้วออกดอกหลายรุ่น ปัญหาเกิดจากการเตรียมความพร้อมของกิ่งมีอายุไม่เท่ากัน เนื่องจากการแตกใบอ่อนไม่พร้อมกัน วิธีการแก้ไข ควรทำการตัดแต่งกิ่งชักนำให้ไม้ผลแตกใบอ่อนพร้อมเพรียงกัน โดยการกระตุ้นให้แตกใบอ่อนด้วยไทโอยูเรีย

3) หลังการใช้สารแล้วต้นไม้ผลไม่ออกดอก ปัญหาอาจเกิดจากปริมาณสารพาโคลบิวทราโซลที่ใช้ไม่เหมาะสมควรใช้สารในปริมาณที่กำหนด

3.1) ความสมบูรณ์ของพืชยังไม่เพียงพอ ควรเริ่มต้นบำรุงต้นใหม่และกระตุ้นให้ออกดอกครั้งต่อไป

3.2) ฝนตกขณะทำการใช้สารพาโคลบิวทราโซล วิธีการแก้ไขให้เริ่มต้นราดสารใหม่

3.3) หลังให้สารพาโคลบิวทราโซลแล้ว ไม้ผลยังไม่แสดงอาการแตกใบอ่อนอีกแสดงว่าการให้สารความเข้มข้นไม่เหมาะสมให้ทำการราดสารใหม่ (มนูและจุไรรัตน์, 2540)

2.2 โพแทสเซียมคลอเรต (Potassium Chlorate) เป็นสารออกซิไดซิ่งเอเจน (oxidizing agent) เช่นเดียวกับโซเดียมคลอเรต (Sodium Chlorate) ถ้าผสมกับสารกลุ่มรีดิวซิ่งเอเจนท์ (reducing agent) เช่น กำมะถัน น้ำตาลทราย หรือ สารไฮโดรคาร์บอน หรือรวมกับ กรดกำมะถันจะเกิดปฏิกิริยาระเบิดได้

2.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

1) เป็นสารที่ละลายน้ำ และสามารถเคลื่อนย้ายจากรากเข้าสู่ท่อน้ำของต้นไม้ผล ปัจจุบันนิยมใช้เป็นสารกระตุ้นการออกดอกนอกฤดูกับลำไย

2) เปลี่ยนตาใบให้เป็นตาดอก (flower bud) ในระยะใบผลิ

3) สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกภายใน 18 – 30 วัน หลังราดสาร

4) ไม่มีการตกค้างในดิน

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์

1) โพแทสเซียมคลอเรต

ชื่อผลิตภัณฑ์ : โพแทสเซียมคลอเรต (Potasium chlorate)

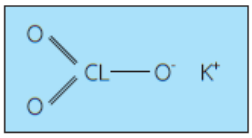
ชื่อสามัญ ชื่อพ้อง : คลอเรตโพแทส (Chlorate of potash)
เกลือเบอโทลเลท (Berthollet salt)
โพแทสเซียมออกซิมูเรต (Potasium oxymurate)

ชื่อเคมี : โพแทสเซียมคลอเรต

การจัดกลุ่มทางเคมี : Inorganic salt

สูตรทางเคมี : $KClO_3$

สูตรโครงสร้าง :



ลักษณะ : เป็นผลึกโปร่งแสง ไม่มีสี หรืออาจอยู่ในรูปผงหรือเกล็ดสีขาว ไม่มีกลิ่น รสแบบเกลือ

การละลายน้ำ : ละลายน้ำได้ไม่ดีนัก คือละลายน้ำได้ 7.1 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร

การละลายในสารอื่น : แอลคาลิคแอลกอฮอล์ กลีเซอรอล แต่ไม่ละลายในอะซิโตน

จุดเดือด : 400 °C

จุดหลอมเหลว : 368 °C

น้ำหนักโมเลกุล : 122.55 g mol^{-1}

ความถ่วงจำเพาะ : 2.32

ข้อจำกัด : เป็นสารติดไฟง่าย และจะระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อนสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส

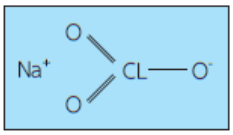
ค่าความเป็นพิษ ค่า LD_{50} : หนู 1,870 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, กระต่าย 2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, หมู 429 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, คน 5 กรัม/คน

ข้อดี : 1. ทำให้ลำไยออกดอกภายใน 18 – 30 วัน
2. ไม่ตกค้างในต้น

ข้อเสีย : 1. เป็นวัสดุไวไฟ
2. เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์ขอบกินเกลือ

2) โซเดียมคลอเรต

ชื่อผลิตภัณฑ์ : โซเดียมคลอเรต (Sodium Chlorate)
ชื่อสามัญ ชื่อพ้อง : คลอริคแอซิค (Chloric acid)
เกลือโซเดียม (Sodium Salt)
โซดาคลอเรต (Cholrate of soda)
ชื่อเคมี : โซเดียมคลอเรต
การจัดกลุ่มทางเคมี : inorganic salt oxidizer
สูตรทางเคมี : $NaClO_3$
สูตรโครงสร้าง :



ลักษณะ : เป็นผลึกสีขาว หรือเหลืองซีด ไม่มีกลิ่น รสขม
การละลายน้ำ : ละลายน้ำได้ดี
ที่ 0 °C ละลายได้ 79 กรัม/น้ำ 100 มิลลิลิตร
ที่ 20 °C ละลายได้ 101 กรัม/น้ำ 100 มิลลิลิตร
ที่ 100 °C ละลายได้ 273 กรัม/น้ำ 100 มิลลิลิตร
การละลายในสารละลายอื่น : แอลกอฮอล์ 90 % กลีเซอรอล
ค่า PH เมื่อละลายน้ำ : 6.8 – 7.2 เป็นกลาง
จุดเดือด : 249 – 299 °C
จุดหลอมเหลว : 248 °C
น้ำหนักโมเลกุล : 106.44 g mol^{-1}
ความถ่วงจำเพาะ : 2.49
ข้อจำกัด : ติดไฟง่าย
ความเป็นพิษ ค่า LD_{50} : หนู 1,200 - 7,000 มิลลิกรัม / กิโลกรัม, กระต่าย 1,000 มิลลิกรัม / กิโลกรัม, สุนัข 700 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, คน 15 - 30 กรัม / กิโลกรัม เป็นสารก่อมะเร็ง
ข้อดี : 1. สามารถทำให้ลำไยออกดอกภายใน 15 วัน หลังราดสาร
2. สามารถผสมสารบอแรกซ์ก่อนนำไปใช้งานช่วยลดความไวไฟ
ข้อเสีย : 1. ผลตกค้างในต้น นาน 6 เดือน - 5 ปี
2. เป็นวัตถุไวไฟ
3. เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์ชอบกินเกลือ

2.2.3 บทบาทสนับสนุนการชักนำการออกดอกในการผลิตไม้ผลนอกฤดู (ลำไย)

สารโพแทสเซียมคลอเรตจะเป็นสารที่มีบทบาทต่อการชักนำให้ลำไยออกดอกนอกฤดูได้ง่ายเช่นเดียวกันกับสารพาโคลบิวทราโซล แต่ขบวนการและกลไกการทำงานของสารแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง สามารถจำแนกตามขั้นตอน ดังนี้

1) สารละลายของโพแทสเซียมคลอเรต เมื่อราดในบริเวณราก ต้นลำไยจะดูดเข้าในระบบรากผ่านท่อน้ำ โดยสารโพแทสเซียมคลอเรตจะออกฤทธิ์กับสารรีดิวซิงเอเจนท์ (reducing agent) ในรากและระบบท่อน้ำของพืช ทำให้การเจริญเติบโตของรากหยุดชะงักอย่างรุนแรง

2) สารโพแทสเซียมคลอเรต เข้าไปแก่งแย่งหรือทำลายการทำงานของ เอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเทส (Nitrate reductase : NR) ทำให้การทำงานของไนโตรเจนเมทาโบลิซึม (nitrogen metabolism) หยุดชะงักส่งผลให้จำนวนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในต้นลำไยลดลงโดยฉับพลัน ขณะเดียวกันการสร้างคาร์โบไฮเดรตยังดำเนินตามปกติ นำมาซึ่งสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต : ไนโตรเจน (C/N ratio) สูงหรือกว้างขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลทำให้ลำไยออกดอกในที่สุด

2.2.4 การใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต

สารโพแทสเซียมคลอเรต ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้บังคับให้ต้นไม้ผลออกนอกฤดูได้ผลดีสำหรับลำไย การใช้ต้องคำนึงถึง

1) ต้นลำไยต้องมีความสมบูรณ์หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูที่ผ่านมา โดยมีการบำรุงต้นมาอย่างดี

2) ต้นลำไยต้องแตกใบอ่อนมาแล้วอย่างน้อย 2 ชุด

3) ระยะการเจริญเติบโตของใบที่เหมาะสม พาวินและคณะ (2542) รายงานว่าลำไยที่ทำการราดสารในช่วงใบแก่ (40 – 45 วัน) จะทำให้ลำไยออกดอกมาก 100 %

4) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ควรเป็นช่วงที่ผ่านช่วงดินแห้ง ต้นลำไยลดการสร้างจิบเบอเรลลิน ทำให้ลำไยหยุดการแตกใบอ่อน

5) หลังราดสารต้องให้น้ำปริมาณมากและเพียงพอ เพื่อให้เนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของรากทำหน้าที่แทนรากขนอ่อนที่ถูกทำลายไป หลังราดสารโพแทสเซียมคลอเรต

6) วิธีการให้สารโพแทสเซียมคลอเรตที่เหมาะสมและได้ผลดีคือทางดิน

2.2.5 ผลกระทบและการแก้ไขจากการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตชักนำการออกดอก

1) กรณีใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตมากเกินไป ส่งผลทำให้ต้นลำไยขาดไนโตรเจน ใบเหลือง เพราะสารคลอเรต ทำให้ต้นลำไยไม่สามารถใช้ไนโตรเจนได้

2) กรณีสภาพดินบริเวณแปลงปลูกลำไย อุดมไปด้วยสารไนเตรท การใช้สารคลอเรตจะไม่ได้ผลเท่าที่ควร

3) หลังจากให้สารโพแทสเซียมคลอเรตไปแล้วจนลำไย เริ่มออกดอกแล้ว ต้องฟื้นฟูต้นโดยการให้ปุ๋ยประเภทไนเตรท มิฉะนั้นจะทำให้ต้นลำไยทรุดโทรม

2.3 สารจิบเบอเรลลิน (GA 3)

เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม growth regulator ประวัติ พบครั้งแรกที่ประเทศญี่ปุ่น ปี 1926 โดยนักโรคพืชชาวญี่ปุ่น Eiichi Kurosawa ได้นำเชื้อที่สกัดจากเชื้อรา *Gibberella Fujikuroi* ไปใส่กับต้นข้าวพบว่าต้นข้าวที่ได้รับเชื้อแสดงอาการเหมือนเป็นโรคบากาเนะ กล่าวคือทำให้ต้นข้าวยืด ต่อมาปี 1935 Teijiro yabuta ได้แยกสารประกอบจากเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคบากาเนะ และตั้งชื่อสารประกอบที่แยกได้ว่า Gibberellin ในเวลาต่อมาได้แยกสารจากเชื้อรา 3 ชนิดและตั้งชื่อว่า Gibberellin A, Gibberellin A_2, Gebberellin A_3 และจากการทดสอบสาร Gibberellic acid และ Gibberellin A_3 เป็นสารชนิดเดียวกัน (www.jlhudsonseeds.net)

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไป

1) เป็นสารที่ทำให้พืชยืดตัว บริเวณส่วนยอด ขยายตัวของเซลล์ เซลล์ยืดยาว

2) ทำให้ต้นพืชแตกยอด กิ่งก้านสาขา เร่งการเจริญของราก

3) ทำให้เกิดการแบ่งแบบไมโตซิสในพืชบางชนิด

4) พืชสามารถสังเคราะห์ได้เอง

5) กระตุ้นการติดผลของส้ม องุ่น และกระตุ้นการติดผลโดยไม่ต้องผสมเกสร

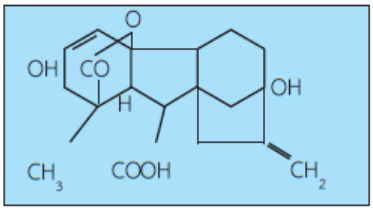
6) หากมีจิบเบอเรลลิน (Gibberellin) มาก พืชจะมีการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านสาขา ทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนมาก ส่งผลทำให้ C/N ต่ำลง พืชไม่ออกดอก

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์

ชื่อทางเคมี : จิบเบอเรลลิน Gibberellin A3 (GA3)

ชื่อสามัญ : จิบเบอเรลลิกแอซิด Gibberellic acid

โครงสร้างทางเคมี :



สารองค์ประกอบ : สารเทอพินนอยด์ Terpiniods มี C จำนวน 20 อะตอม
ซึ่งประกอบมาจากหน่วยของไอโซพรีนอยด์ Isoprenoids จำนวน 4 หน่วย

สูตรเคมี : $C_{19}H_{22}O_6$

น้ำหนักโมเลกุล : 346.38 g/mol

จุดหลอมเหลว : 233-235 °C

ความสามารถละลายในน้ำ : 5 g/L (20 °C)

การจัดหมู่ : เป็นฮอร์โมนพืช

2.3.3 บทบาทสนับสนุนการชักนำให้ผลออกดอกนอกฤดู

1) ไม่มีบทบาทของการสร้างเสริมให้ต้นไม้ผลออกนอกฤดูโดยตรง

2) แต่จะมีบทบาทสนับสนุนการเจริญเติบโต การแตกกิ่งก้านสาขาใหม่ ในส่วนช่วงการเตรียมพร้อมต้นไม้ผล ในช่วงหลังตัดแต่งกิ่ง นิยมใช้ในส้ม

3) ใช้ยืดช่อผลในลองกอง องุ่นและยืดขั้วดอกทุเรียน

2.3.4 วิธีการใช้

1) ฉีดพ่นใบพร้อมกับสารเคมีชนิดอื่น เพื่อกระตุ้นการแตกใบอ่อนและแตกตา และยืดช่อผลหรือขั้วผล

2) ช่วยแก้ปัญหาผลกระทบจากการตกค้างของสารพาโคลบิวทราโซลที่ปลายยอดทำให้ยอดสั้น พุ่มเลื้อย ใบออกเป็นกระจุก (http://www.wikipedia.org)

2.4 สารไทโอยูเรีย (Thiourea)

จากข้อมูลของวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี ไทโอยูเรีย เป็นสารเคมีที่มีความสำคัญต่อขบวนการผลิตผลไม้นอกฤดูเป็นอย่างมาก ไทโอยูเรียจะเป็นสารที่ช่วยให้ต้นไม้ผลมีการแตกใบอ่อนพร้อมกัน และยังช่วยในการกระตุ้นการออกดอกหลังจากต้นไม้ผลได้รับสารบังคับการออกดอกไปแล้วอีกด้วย

2.4.1 คุณสมบัติทั่วไป

1) เป็นสารเคมีที่กระตุ้นการแตกตาใบในไม้ผลชนิดต่างๆ เช่น เงาะ มะม่วง ฯลฯ

2) กระตุ้นการงอกของเมล็ด

3) เร่งการออกดอกของต้นไม้ผล

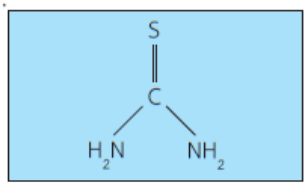
2.4.2 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

ชื่อตาม IUPAC : Thiourea

ชื่ออื่น : Thiocarbamide

สูตรทางเคมี : CH_4N_2S

โครงสร้างทางเคมี :



น้ำหนักโมเลกุล : 76.12 g/mol

ลักษณะทางกายภาพ : เป็นของแข็งสีขาว (white solid)

ความหนาแน่น : 1.405 g/ml

จุดหลอมเหลว : 182 °C 455 °k, 360 °F

ความสามารถละลายได้ : 14.29/100 ml (25 °C) ในน้ำ

(http://www.wikipedia.org)

2.4.3 บทบาทสนับสนุนการชักนำให้ต้นไม้ผลออกดอกนอกฤดู

1) ช่วยกระตุ้นให้ต้นไม้ผลแตกใบอ่อนพร้อมกันในช่วงการเตรียมต้น เพื่อการชักนำออกดอกนอกฤดู

2) ช่วยกระตุ้นการแตกตาดอกหลังจากต้นไม้ผลผ่านขบวนการสะสมตาดอกมาสมบูรณ์ จนตาดอกมีความพร้อมที่จะแทงช่อแล้ว โดยการพ่นสารไทโอยูเรียให้ถูกตุ่มตาที่ใต้ท้องกิ่งทุเรียน หรือบริเวณปลายกิ่งของมะม่วง

2.4.4 การใช้

1) อัตราการใช้สารไทโอยูเรียเพื่อการฉีดพ่นเพื่อกระตุ้นแตกตาใบ และชักนำออกดอกใช้ในอัตราเหมือนกัน ความเข้มข้นแตกต่างไปตามชนิดพืช

2) ช่วงเวลาการใช้พ่นให้โดนใบควรทำในช่วงเช้าหรือเย็น ถ้าพ่นในช่วงแดดจัดอาจทำให้ใบไหม้ได้

2.5 โพแทสเซียมไนเตรท หรือดินประสิว

เป็นสารเคมีที่มีบทบาทต่อการชักนำให้ต้นไม้ผลออกดอกนอกฤดู รายงานว่า การใช้สารโพแทสเซียมไนเตรท 13 - 0 - 46 ความบริสุทธิ์ 95 % ผสมสารจับใบพ่นให้โชกในช่วงเช้าหรือเย็น กับมะม่วงจะทำให้มะม่วงออกดอกในเวลา 15 วัน

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป

1) เป็นสารเคมีที่เป็นทั้งปุ๋ย และสามารถนำไปฉีดเพื่อชักนำการแตกใบอ่อนและชักนำแตกตาดอกในการผลิตผลไม้นอกฤดูกาลได้

2) เป็นสารเคมีที่เป็นส่วนผสมของดินปืนที่ใช้ทำพลุ ดอกไม้ไฟ และผสมในอาหารหมักดอง

3) เป็นแม่ปุ๋ยที่สำคัญที่ให้โพแทสเซียมและไนโตรเจน

2.5.2 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

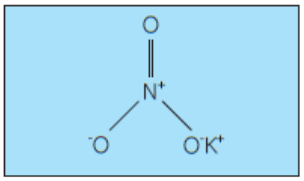
ชื่อสามัญ : โพแทสเซียมไนเตรท Potasium nitrate

ชื่ออื่น : Saltpeter, Nitrate of potash, Vesta powder

ชื่อทางการค้า : มัลติ-เค

สูตรทางเคมี : KNO_3

สูตรโครงสร้าง :



น้ำหนักโมเลกุล : 101.10 gm/mol

ลักษณะทางกายภาพ : เป็นของแข็งผลึกสีขาว white solid

ความหนาแน่น : 2.109 gm/cm^3 ที่ 16 ℃

จุดหลอมเหลว : 334 ℃

จุดเดือด : 400 ℃

ความสามารถละลายได้ในน้ำ : 360 g/100 ml ,36 กรัม / น้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ 25 ℃

จุดวาบไฟ : ไม่ติดไฟ (non flammable)

(http://www.wikipedia.org)

2.5.3 บทบาทสนับสนุนการชักนำการออกดอกในการผลิตผลไม้นอกฤดู

เมื่อต้นไม้ผล (มะม่วง) ได้รับสารโพแทสเซียมไนเตรท จะเกิดกลไกเพื่อชักนำการออกดอกได้ ดังนี้ (www.hifa-group.com)

1) ต้นไม้ผลที่ได้รับสารโพแทสเซียมไนเตรท เกิดขบวนการสร้างเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเทส (Nitrate reductate) ผลิตกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบการสร้างสารตรีลีนในลำต้น ยังไปกระตุ้นการสร้างตาดอกต่อไป

2) ต้นไม้ผลที่ได้รับสารโพแทสเซียมไนเตรท เกิดกระบวนการกระตุ้นการสร้างดอกหรือการสร้างอาหารภายในเซลล์ที่ชักนำไปสู่การออกดอก

3) สารประกอบไนเตรทหรือเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเทส ที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับสารโพแทสเซียมไนเตรท ยับยั้งการสร้างสารจิบเบอเรลลิน ซึ่งทำให้หยุดการแตกตาใบ แทงยอดใหม่ ส่งผลให้การพัฒนาตาดอกได้ดียิ่งขึ้น

2.5.4 วิธีการใช้

1) ละลายสารโพแทสเซียมไนเตรท 13-0-46 ความบริสุทธิ์ 95% อัตราความเข้มข้น 2.5% สำหรับฉีดพ่นช่วงหลังตัดแต่งกิ่ง เพื่อต้นไม้ผลแตกยอดใหม่พร้อมกัน ซึ่งจะนำไปสู่การออกดอกพร้อมกัน

2) ละลายสารโพแทสเซียมไนเตรท 13-0-46 ความบริสุทธิ์ 95% อัตราความเข้มข้น 2.5% สำหรับฉีดพ่นที่นอกทรงพุ่มเพื่อชักนำการออกดอกในไม้ผล เช่น มะม่วง

จากรายงานของไฮฟา การพ่นสารมัลติ-เค หรือโพแทสเซียมไนเตรท เฉพาะที่ใบจะทำให้มีการออกดอกมากถึง 80 % ส่วนการพ่นที่บนกิ่ง ใบแก่ และโคนกิ่ง ไม่ออกดอกเลย

การฉีดพ่นโพแทสเซียมไนเตรทเพื่อกระตุ้นหรือเปิดตาดอกครั้งแรกไม่ได้ผล ให้ทำการฉีดพ่นซ้ำเป็นครั้งที่ 2

2.5.5 ข้อเสีย

1) การใช้สารโพแทสเซียมไนเตรท ในอัตราเข้มข้น และฉีดพ่นในช่วงแดดจัด อาจทำให้ใบไหม้ได้

2) สารก่อมะเร็ง การใช้ควรให้ความระมัดระวัง

สื่อการเรียนรู้ที่ 6

แค็ตตาล็อกสารเคมี/ฮอร์โมนสำหรับการเพิ่มผลผลิตพืช

ชื่อสินค้า : ลองจิ๊บ 2%
ราคา : 180 บาท/ขวด
ปริมาณสาร : 100 ซีซี
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 2-6 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 20-40 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ยี่ห้อ : นันโต จิปเปอร์
ราคา : 130 บาท/กล่อง
ปริมาณสาร : 1.6 กรัม/หลอด
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 3.2-9.6 กรัม ผสมน้ำ 20 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 25.6-32 กรัม ผสมน้ำ 100 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า โปรจิ๊บ 20
ราคา : 60 บาท/เม็ด
ปริมาณสาร : 5 กรัม/เม็ด
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 1-3 กรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 10-20 กรัมผสมน้ำ 200 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : จิ๊บป๊อกซ์
ราคา : 85 บาท/ขวด
ปริมาณสาร : 100 ซีซี
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 2-6 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 20-40 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : จิบ-ทรี
ราคา : 145 บาท/ขวด
ปริมาณสาร : 100 ซีซี
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 2-6 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 20-40 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : มา-จิ๊บ 2%
ราคา : 85 บาท/ขวด
ปริมาณสาร : 100 ซีซี
วิธีใช้ :

- อนุ่นพันธุ์ไว้มะละกา ใช้อัตรา 2-6 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 20-40 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่ออายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า จิพแซด 20
ราคา : 50 บาท/เม็ด
ปริมาณสาร : 5 กรัม/เม็ด
วิธีใช้ :

- องุ่นพันธุ์ไร้มะละกา ใช้อัตรา 1-3 กรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร (1-3 ppm) พ่นทั้งต้นในขณะที่ช่อดอกยาวประมาณ 2 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตรา 10-20 กรัมผสมน้ำ 200 ลิตร (10-20 ppm) พ่นช่อดอกเมื่อมีอายุประมาณ 10-20 วัน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : ไทโอ-พลัส
ราคา : 135 บาท/กล่อง
ปริมาณสาร : 1000 กรัม/กล่อง
วิธีใช้ :

- มะนาวและมะม่วงใช้อัตรา 80-200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (4,000-5,000 ppm) พ่นทั่วทรงพุ่มต้น
- ทุเรียนใช้อัตรา 80-200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (1,000-1,500 ppm) พ่นเฉพาะที่กิ่งเมื่อเริ่มสังเกตพบตาดอก

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : ไทโอยูเรีย
ราคา : 180 บาท/กล่อง
ปริมาณสาร : 1000 กรัม/กล่อง
วิธีใช้ :

- มะนาวและมะม่วงใช้อัตรา 80-100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (4,000-5,000 ppm) พ่นทั่วทรงพุ่มต้น
- ทุเรียนใช้อัตรา 20-30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (1,000-1,500 ppm) พ่นเฉพาะที่กิ่งเมื่อเริ่มสังเกตพบตาดอก

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : ทะวาย
ราคา : 299 บาท ปริมาณสาร : 1000 กรัม
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 80 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (400 ppm) รอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- มะม่วงใช้อัตราส่วน 5-10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร (100-200 ppm) ราดรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตราส่วน 50-75 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร 1,000-1,500 ppm พ่นรอบทรงพุ่มโดยเน้นบริเวณใบอ่อน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : พรีดิคท์ 10%
ราคา : 259 บาท ปริมาณสาร : 1000 กรัม
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 80 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (400 ppm) รอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- มะม่วงใช้อัตราส่วน 5-10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร (100-200 ppm) ราดรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตราส่วน 50-75 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร 1,000-1,500 ppm พ่นรอบทรงพุ่มโดยเน้นบริเวณใบอ่อน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : รันเนอร์-พี
ราคา : 130 บาท ปริมาณสาร : 1000 กรัม
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 80 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (400 ppm) รอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- มะม่วงใช้อัตราส่วน 5-10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร (100-200 ppm) ราดรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตราส่วน 50-75 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร 1,000-1,500 ppm พ่นรอบทรงพุ่มโดยเน้นบริเวณใบอ่อน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : พาโก
ราคา : 1250 บาท ปริมาณสาร : 10 กิโลกรัม
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 80 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (400 ppm) รอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- มะม่วงใช้อัตราส่วน 5-10 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร (100-200 ppm) ราดรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 30 เซนติเมตร
- ทุเรียน ใช้อัตราส่วน 50-75 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร 1,000-1,500 ppm พ่นรอบทรงพุ่มโดยเน้นบริเวณใบอ่อน

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : อีโทนัส 52 ราคา : 250 บาท
ปริมาณสาร : 1000 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 4-7 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (100-200 ppm) ฉีดพ่นเน้นบริเวณช่อดอก
- ส้มประรดใช้อัตรา 11.5-38.5 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (300-1000 ppm) หยอดบริเวณยอด
- มะม่วงใช้อัตรา 7-15.4 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (200-400 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล
- ทุเรียนใช้อัตรา 38.5 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (1000 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า มาฟอน ราคา : 400 บาท ปริมาณสาร : 20 ลิตร
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 4-7 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (100-200 ppm) ฉีดพ่นเน้นบริเวณช่อดอก
- ส้มประรดใช้อัตรา 11.5-38.5 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (300-1000 ppm) หยอดบริเวณยอด
- มะม่วงใช้อัตรา 7-15.4 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (200-400 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล
- ทุเรียนใช้อัตรา 38.5 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (1000 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : อีเทรล 5 แอลเอส
ราคา : 150 บาท ปริมาณสาร : 500 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 40-80 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (100-200 ppm) ฉีดพ่นเน้นบริเวณช่อดอก
- ส้มประรดใช้อัตรา 120-400 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (300-1000 ppm) หยอดบริเวณยอด
- มะม่วงใช้อัตรา 80-160 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (200-400 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล
- ทุเรียนใช้อัตรา 400 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (1000 ppm) จุ่มหรือพ่นให้ทั่วผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : ออกซิน (Auxin)
ราคา : 75 บาท
ปริมาณสาร : 500 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ดอกและผล
- องุ่นใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ขั้วผล
- ส้มประรดใช้อัตรา 888 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (2,000 ppm) หยอดไปยังบริเวณยอดและใช้ อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นไปยังผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : บิก-เอ (BIG-A) ราคา : 70 บาท
ปริมาณสาร : 500 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ดอกและผล
- องุ่นใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ขั้วผล
- ส้มประรดใช้อัตรา 888 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (2,000 ppm) หยอดไปยังบริเวณยอดและใช้ อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นไปยังผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : 4.5% เอส.ซี. เอ็นเอเอ
ราคา : 60 บาท
ปริมาณสาร : 500 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ดอกและผล
- องุ่นใช้อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ขั้วผล
- สับปะรดใช้อัตรา 888 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (2,000 ppm) หยอดไปยังบริเวณยอดและใช้ อัตรา 4.4-8.8 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นไปยังผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสินค้า : รูสโกร
ราคา : 400 บาท
ปริมาณสาร : 500 ซีซี
วิธีใช้ :

- มะนาวใช้อัตรา 33.3-66.6 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ช่อดอก
- องุ่นใช้อัตรา 33.3-66.6 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นเน้นที่ขั้วผล
- สับปะรดใช้อัตรา 666 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร (2,000 ppm) หยอดไปยังบริเวณยอดและใช้ อัตรา 33.3-66.6 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร (10-20 ppm) ฉีดพ่นไปยังผล

* อัตราฉีดพ่นหรือจุ่มสารผสม 100 ลิตร/ต่อพืชหรือผลผลิต 1 ไร่

ชื่อสามัญ : IAA
ราคา : 1,150 บาท ปริมาณสาร : 5 กรัม
วิธีใช้ :

- ชักนำแคลลัสและรากใช้ 2 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำยอดใช้ 0.02 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร

* อาหาร 1 ลิตรเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ 100 ต้น

ชื่อสามัญ : 2,4-D
ราคา : 500 บาท ปริมาณสาร : 10 กรัม
วิธีใช้ :

- ชักนำแคลลัสและรากใช้ 2 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำยอดใช้ 0.02 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร

* อาหาร 1 ลิตรเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ 100 ต้น

* อาหาร 1 ลิตรเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ 100 ต้น
* สารละลายแช่ปทุมมาได้ 500 ดอก/ลิตร

ชื่อสามัญ : Zeatin
ราคา : 2,800 บาท ปริมาณสาร : 10 มิลลิกรัม
วิธีใช้ :

- ชักนำแคลลัสใช้ 0.2 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำยอดใช้ 1 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำรากใช้ 0.02 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ปทุมมาใช้ 5 mg และน้ำตาลซูโครส 50 g ต่อน้ำ 1 ลิตร แช่ก้านดอก

* อาหาร 1 ลิตรเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ 100 ต้น
* สารละลายแช่ปทุมมาได้ 500 ดอก/ลิตร

ชื่อสามัญ : 6-Benzylaminopurine
ราคา : 4,600 บาท
ปริมาณสาร : 500 กรัม
วิธีใช้ :

- ชักนำแคลลัสใช้ 0.2 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำยอดใช้ 1 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ชักนำรากใช้ 0.02 mg ต่ออาหาร 1 ลิตร
- ปทุมมาใช้ 5 mg และน้ำตาลซูโครส 50 g ต่อน้ำ 1 ลิตร แช่ก้านดอก

ภาคผนวก ง
มโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รอง
เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 รายละเอียดมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รองเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

ระดับของมโนทัศน์	ชื่อมโนทัศน์	คำจำกัดความของมโนทัศน์
เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง		
มโนทัศน์หลัก	การสังเคราะห์ด้วยแสง	คือ ปฏิกิริยาการสังเคราะห์อาหารหรือสารอินทรีย์จากคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารอนินทรีย์และน้ำโดยอาศัยพลังงานจากแสง
มโนทัศน์รอง	ปฏิกิริยาแสง	คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นที่หนึ่งของการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมีโดยอาศัยการถ่ายทอดอิเล็กตรอนซึ่งประกอบไปด้วยการถ่ายอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร และการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร
	ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นที่สองของการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนคาร์บอนในรูปสารอนินทรีย์ไปอยู่ในรูปของสารอินทรีย์โดยใช้พลังงานเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง
	โฟโตเรสไพเรชัน	คือ ปฏิกิริยาสลายสารประกอบอินทรีย์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดขึ้นเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าระดับปกติ ทำให้เกิดการตรึงแก๊สออกซิเจนแทนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
	การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร	คือ ปฏิกิริยาในการสร้างพลังงานเคมี เกี่ยวข้องกับระบบแสง I เท่านั้น เกิดขึ้นเมื่อระบบแสง II ไม่สามารถทำงานได้ ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนภายในระบบ ผลลัพธ์ของปฏิกิริยาคือ ATP
	การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร	คือ ปฏิกิริยาในการสร้างพลังงานเคมี เกี่ยวข้องกับระบบแสง I และ แสง II มีถ่ายทอดอิเล็กตรอน

ระดับของมโนทัศน์	ชื่อมโนทัศน์	คำจำกัดความของมโนทัศน์
		ออกจากระบบ และได้รับอิเล็กตรอนคืนจากโมเลกุลของน้ำ ผลลัพธ์ของปฏิกิริยา คือ ATP และ NADPH
	การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3	คือ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ เกิดขึ้น 1 ครั้งในเวลากลางวันภายในเซลล์มีโซฟิลล์ สารเสถียรชนิดแรกที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม
	การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4	คือ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ เกิดขึ้น 2 ครั้ง ในเวลากลางวัน โดยครั้งแรกเกิดขึ้นภายในเซลล์บันเดิลชีท และครั้งที่ 2 เกิดขึ้นภายในเซลล์มีโซฟิลล์ สารเสถียรชนิดแรกที่เกิดขึ้นประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม
	การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM	คือ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ เกิดขึ้น 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเกิดขึ้นในเวลากลางคืน และครั้งที่ 2 เกิดในเวลากลางวันภายในเซลล์มีโซฟิลล์ สารเสถียรชนิดแรกที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม
	พืช C_3	คือ พืชที่มีรูปแบบการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 อาจจะมีบันเดิลชีทแต่จะไม่พบคลอโรพลาสต์ในเซลล์บันเดิลชีท เปิดปากใบในเวลากลางวัน
	พืช C_4	คือ พืชที่มีรูปแบบการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_4 มีบันเดิลชีทที่พบคลอโรพลาสต์ภายในเซลล์บันเดิลชีท เปิดปากใบในเวลากลางวัน
	พืช CAM	คือ พืชที่มีรูปแบบการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM อาจจะมีบันเดิลชีทแต่จะไม่พบคลอโรพลาสต์ในเซลล์บันเดิลชีท เปิดปากใบในเวลากลางคืน

ระดับของมโนทัศน์	ชื่อมโนทัศน์	คำจำกัดความของมโนทัศน์
เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต		
มโนทัศน์หลัก	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	คือ สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืช เมื่อพืชได้รับในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลในการเร่งหรือชะลอการเจริญเติบโตของพืชได้
มโนทัศน์รอง	ฮอร์โมนพืช	คือ สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก
	สารสังเคราะห์คล้ายฮอร์โมนพืช	คือ สารที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น มีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมนพืช
	ออกซิน	คือ สารที่มีผลต่อการขยายขนาดของเซลล์พืช การตอบสนองต่อแสงของปลายยอดพืช การขยายขนาดของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของพืช การเกิดรากแขนง การยับยั้งการหลุดร่วงของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของพืช การยับยั้งการเจริญของตาข้าง เช่น NAA, IAA, เป็นต้น
	ไซโทไคนิน	คือ สารที่มีต่อผลการแบ่งเซลล์ของพืช ชะลอการแก่ของเซลล์ การเจริญของตาข้าง เช่น IBA
	จิบเบอเรลลิน	คือ สารที่มีผลต่อการยับยั้งสภาวะพักของพืช การยืดของกิ่งและก้านของพืช เช่น GA_3
	เอทิลีน	คือ สารทีมีผลต่อการแก่ชราของพืช การสุกของผลไม้ การหลุดร่วงของอวัยวะต่าง ๆ ของพืช การออกดอกของสับปะรด
	กรดแอบไซซิก	คือ สารที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเครียดของพืช มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช การพักตัวของเมล็ดและตา การปิดปากใบของพืช

ภาคผนวก จ
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
2. คุณภาพของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต
3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	
	1	2
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้		
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการ จัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1	1
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ	1	1
2. จุดประสงค์การเรียนรู้		
2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
3. สาระการเรียนรู้		
3.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	1
4. กิจกรรมการเรียนรู้		
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1
4.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	1	0.67
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความชัดเจนและสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาได้	1	1
5. สื่อการเรียนรู้		
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้		
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0.67
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คุณภาพของแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบดังนี้

1) ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) พิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามเชิงปฏิบัติการของพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ต้องการวัด (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 17

2) ความเป็นปรนัย (objectivity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI) ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 18

3) คุณภาพของข้อสอบรายข้อ พิจารณาจากค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) และคุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับ พิจารณาจากค่าความเที่ยง (Cronbach's alpha) ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 19

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวชี้วัดของความเข้าใจมโนทัศน์ (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมิน	IOC	ความหมาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง			
1	วัดการอธิบายมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
2	วัดการเปรียบเทียบมโนทัศน์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	วัดการเชื่อมโยงมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
4	วัดการสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
5	วัดการประยุกต์มโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต			
1	วัดการอธิบายมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
2	วัดการเปรียบเทียบมโนทัศน์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	วัดการเชื่อมโยงมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
4	วัดการสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
5	วัดการประยุกต์มโนทัศน์	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (rater agreement index; RAI)

พฤติกรรมที่วัด	ข้อที่	RAI	ความหมาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง			
การอธิบายมโนทัศน์	1	0.83	มีความสอดคล้องกัน
การเปรียบเทียบมโนทัศน์	2.1	0.90	มีความสอดคล้องกัน
	2.2	0.98	มีความสอดคล้องกัน
การเชื่อมโยงมโนทัศน์	3	0.89	มีความสอดคล้องกัน
การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	4	0.83	มีความสอดคล้องกัน
การประยุกต์มโนทัศน์	5	0.88	มีความสอดคล้องกัน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต			
การอธิบายมโนทัศน์	1	0.83	มีความสอดคล้องกัน
การเปรียบเทียบมโนทัศน์	2	0.81	มีความสอดคล้องกัน
การเชื่อมโยงมโนทัศน์	3	0.89	มีความสอดคล้องกัน
การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	4	0.88	มีความสอดคล้องกัน
การประยุกต์มโนทัศน์	5	0.81	มีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 19 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) และค่าอำนาจจำแนก (Cronbach's alpha)

พฤติกรรมที่วัด	ข้อที่	p	r	ความหมาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสง				
การอธิบายมโนทัศน์	1.1	0.56	0.21	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
	1.2	0.72	0.20	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
	1.3	0.68	0.29	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
การเปรียบเทียบมโนทัศน์	2.1	0.54	0.24	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
	2.2	0.62	0.29	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
การเชื่อมโยงมโนทัศน์	3	0.66	0.28	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	4.1	0.56	0.53	ยากพอเหมาะ จำแนกดี
	4.2	0.45	0.39	ยากพอเหมาะ จำแนกดี
	4.3	0.64	0.46	ค่อนข้างง่าย จำแนกดี
การประยุกต์มโนทัศน์	5.1	0.37	0.20	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
	5.2	0.49	0.20	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
ค่าความเที่ยง	0.98			

พฤติกรรมที่วัด	ข้อที่	p	r	ความหมาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต				
การอธิบายมโนทัศน์	1	0.56	0.20	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
การเปรียบเทียบมโนทัศน์	2	0.74	0.33	ค่อนข้างง่าย จำแนกดี
การเชื่อมโยงมโนทัศน์	3	0.56	0.24	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์	4	0.48	0.20	ยากพอเหมาะ จำแนกพอใช้
การประยุกต์มโนทัศน์	5	0.45	0.30	ยากพอเหมาะ จำแนกดี
ค่าความเที่ยง	0.96			

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

3.1. ความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2. ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI)

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}|R_{1nk} - R_{2nk}|}{KN(I-1)}$$

R_{mnk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{1nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{2nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

K หมายถึง พฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

I หมายถึง จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้

3.3. ค่าความยาก (p)

$$p = \frac{(S_H + S_L) - (N_T)(X_{min})}{(N_T)(X_{max} - X_{min})}$$

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_T หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

3.4. ค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{(S_H - S_L)}{(N_H)(X_{max} - X_{min})}$$

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

3.5. ค่าความเที่ยง (Cronbach's alpha)

$$\frac{k}{k-1}[1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S_t^2}]$$

k หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมด

S_i หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสอบรายข้อของผู้สอบทั้งหมด

S_t หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมของผู้สอบทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพัชรมัย นิ่มละออ เกิดวันที่ 20 เมษายน 2536 ภูมิลำเนาจังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558 โดยได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University