

การพัฒนาศักยภาพการปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

ปริญญานิพนธ์

ของ

วารีย์ บุญลือ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

ของ
วารีย์ บุญลือ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่.....เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2550

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร. สอนง ทองปาน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุนันทา มั่นสมงคล)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.วิชาญ เลิศลพ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณา ของอาจารย์ดร.สนอง ทองปาน ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ดร.สุนันทา มั่นสมงคล กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวความคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่อง

ต่าง ๆ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และอาจารย์ดร.วิชาญ เลิศลพ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณา ตรวจสอบ และให้คำแนะนำ การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และบุคลากรในสถาบันสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี พร้อมทั้งคณะครูอาจารย์ในโรงเรียนทุก ๆ ท่าน และคุณอรรถพร สุนทรสันต์ ที่ให้ความร่วมมือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ด้วยดี และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ กลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อมรุ่นที่ 2 ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือคอยห่วงใย และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลงได้ด้วยดี

ผลแห่งความดีทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา นุรพ คณาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ จนสามารถทำงานนี้ประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

วารีย์ นุญลือ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมติฐานในการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	12
การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์.....	19
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	31
ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	31
การประเมินผลตามสภาพจริง.....	41
แนวความคิดเกี่ยวกับความตระหนัก.....	42
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช.....	45
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	49
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	49
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	49
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	59
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	64
5	สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	69
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	70
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
	สรุปผลการวิจัย.....	70
	อภิปรายผล.....	70
	ข้อเสนอแนะ.....	72
	บรรณานุกรม.....	75
	ภาคผนวก.....	83
	ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	84
	ภาคผนวก ข แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	87
	ภาคผนวก ค บทปฏิบัติการ.....	112
	ภาคผนวก ง สรุปการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ.....	218
	ภาคผนวก จ แบบประเมิน.....	239
	ภาคผนวก ฉ คะแนนจากการประเมิน.....	251
	ภาคผนวก ช ภาพกิจกรรม.....	257
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	264

บัญชีตาราง

บทที่		หน้า
ตาราง		
1	การเตรียมสารละลายสำหรับปลูกผักตระกูลผักสลัด	21
2	เปรียบเทียบปริมาณไอออนของไฮโดรเจนไอออนเมื่อมีการเพิ่มและลดค่า ความเป็นกรด-ด่าง	26
3	แบบแผนการวิจัยตามตัวแปรตามแต่ละตัว	59
4	แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	65
5	แสดงการประเมินประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	66
6	แสดงค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน	67
7	แสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	67
8	แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมี	68

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
วารีย์ บุญลือ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
พฤษภาคม 2550

วารีย์ บุญลือ. (2550) การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 . ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :
อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน, อาจารย์ ดร. สุนันทา มั่นสมงคล.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 4 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
80/80 2) เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ 3) เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ 4) เพื่อศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชใน
สิ่งแวดล้อม

ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ ตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ และตอนที่ 2 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่
พัฒนาไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 โรงเรียน
จุฬารณราชวิทยาลัย ปทุมธานี จำนวน 30 คน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

- 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนามีประสิทธิภาพ 84.38/80.50
- 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนจาก
การทดลองสอนดังนี้
 - 2.1) มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
 - 2.2) ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
 - 2.3) ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
ในสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

Waree Boonlue (2007) *Development of Science Laboratory Directions on Hydroponics for the Third Key Stage Students*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education) Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Snong Thongpan, Dr. Sununta Manusmongkol.

The purposes of this study were 1. to develop science laboratory directions on Hydroponics. 2. to study the students' science process skills on learning through science practice 3. to study science practice skills and 4. to study the awareness on problems of pesticide chemicals remained in the environment.

The study was achieved through two stages, namely: 1. constructing and developing science laboratories on Hydroponics and 2. conducting experimental teaching by using the developed directions. Experimental teaching was conducted with 30 Matayomsuksa 1 students of the Princess Chulabhorn's College at Pathumthani.

The results of the study were as follows;

1) the developed directions attained the efficiency of 84.38/80.50

2) the laboratory directions were well achieved with experimental teaching; namely.

2.1) post-test scores on science process skills were significantly higher than pre-test scores.

2.2) students' science practical skills met the quality of "good " level, and

2.3) post-test scores on awareness of problems of pesticide chemicals were Significantly higher than pre-test scores.

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

บทความจากหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ (2546:1,3) ได้อ้างถึงข้อมูลของสำนักงานปฏิรูปสุขภาพแห่งชาติที่นำเสนอในหัวข้อสารเคมีกับต้นทุนชีวิตและสุขภาพคนไทย ความว่า ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2503 วิถีชีวิตเกษตรกรรมของประเทศไทย เปลี่ยนจากการทำนาเพื่อการบริโภค เป็นเพื่อการค้า เป็นตัวเร่งให้เกษตรกรใช้สารเคมีมากขึ้น มีการนำเข้าสารเคมีในปีพุทธศักราช 2536 จำนวน 25,140 ตัน และในปีพุทธศักราช 2544 จำนวน 83,889 ตัน ในระยะเวลา 8 ปี มีการนำเข้าสารเคมีมากกว่า 3 เท่าตัว เนื่องจากปีพุทธศักราช 2535-2539 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 รัฐมีนโยบายกระจายและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรมากขึ้น รวมทั้งส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้รายงานผลการพัฒนา (2542:10,12) จึงมีการยกเว้นภาษีนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีราคาถูกลง ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และพบว่า สารเคมีที่ใช้ฉีดพ่นกำจัดแมลงได้ร้อยละ 0.1 ที่เหลือร้อยละ 99.9 ตกค้างในสิ่งแวดล้อม จากการสำรวจชนิดและการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และยาสำหรับสัตว์มีการตกค้างในอาหาร ระหว่างปีพุทธศักราช 2537-2539 พบว่า อาหารที่ผลิตในประเทศ ได้แก่ ผลผลิตจากพืช ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชร้อยละ 43.2 เกินค่ากำหนดร้อยละ 5.7 (กอบทอง ฐปหอม; และคนอื่น ๆ 2541:1-12) จากข้อมูลปีพุทธศักราช 2542 มีการเก็บตัวอย่างดินและน้ำในเขตพื้นที่ภาคเหนือ 8 จังหวัด จำนวน 204 ตัวอย่าง ตรวจพบสารเคมีตกค้าง 41 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 20 ในแม่น้ำหลายสายพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างร้อยละ 50 ส่วนในดินพบสารออกแกโนคลอรีน เป็นสารในกลุ่มที่สลายตัวยากและเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม สำหรับด้านสุขภาพอนามัยของเกษตรกร (จงกล ศรีไชย; และมณีนรัตน์ ฤทธิ์เต็ม. 2546: 5) รายงานผลการตรวจวัดเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดเกษตรกรของสถานอนามัยบ้านทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ในปีพุทธศักราช 2541 พบว่าร้อยละ 75 หรือจำนวน 15 คนของจำนวนเกษตรกรที่ตรวจเลือด 20 คน มีปริมาณสารเคมีตกค้างในร่างกายอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยและเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการใช้สารกำจัดแมลงในกลุ่มออกาโนฟอสเฟต (Organophosphate) และกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวเกิดจากเกษตรกรส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัยซึ่งผู้บริโภคราบคิดว่า การบริโภคผักและผลไม้มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เพราะให้สารอาหารประเภทวิตามินและเกลือแร่ อาจถือได้ว่าผัก

และผลไม้เป็นสารอาหารจำพวกป้องกัน (Protective Food) ทำให้ร่างกายแข็งแรงช่วยรักษาสมดุลของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายให้ทำงานได้ตามปกติ นอกจากนี้ยังให้กากอาหารซึ่งช่วยกระตุ้นการทำงานของอวัยวะทางเดินอาหารหรือช่วยป้องกันท้องผูก (พรธิดา สุวรรณรัตน์. 2539:1 ; อ้างอิงจาก เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2525) การบริโภคพืชผักและผลไม้ที่มีสารพิษตกค้างอยู่เป็นเวลานานจะเกิดการสะสมของสารพิษ เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง จากสถิติปี 2546 ถือว่ามะเร็งเป็นสาเหตุการตายอันดับที่ 2 ของคนไทย (กิจการ จันทรดา นพ. 2550: ออนไลน์) ที่ผ่านมามีการรณรงค์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในเกษตรกรผู้ปลูกผักแต่ไม่ได้ผลหลายฝ่ายจึงหันมารณรงค์ให้ผู้บริโภค โดยชี้ให้เห็นภัยของสารพิษตกค้างในพืชผัก ผลไม้ที่บริโภค มีการส่งเสริมให้ปลูก "ผักปลอดสารพิษ" โดยมีทั้งหน่วยงานรัฐและเอกชนให้การสนับสนุน เช่น กรมวิชาการเกษตร ในส่วนของเอกชนพบว่า มีการปลูกผักที่ปลอดภัยจากสารพิษออกจำหน่ายแก่ผู้บริโภคในท้องตลาด เช่น ผักด็อกเตอร์ เป็นต้น การปลูกผักให้ปลอดจากสารพิษในปัจจุบันปฏิบัติโดยยึดหลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (Integrated pest management : IPM) สุพรรณิ อัสวศิริเลิศ (2541: 95) กล่าวถึง เป็นการจัดการเกี่ยวกับศัตรูพืช โดยการนำเอาวิธีการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช การเลือกสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมหรือตามความจำเป็น การเลือกแหล่งปลูกให้เหมาะสมกับชนิดของพืช การตัดสินใจดำเนินการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชนั้น ๆ ร่วมกัน เช่น การใช้กับดักกาวจับแมลง การใช้แมลงตัวห้ำตัวเบียน การใช้สารสกัดจากธรรมชาติ ได้แก่ สารสะเดา เป็นต้น และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การปลูกผักที่ปลอดภัยจากสารพิษจึงมีการลงทุนสูงกว่าการปลูกผักทั่วไป

พืชผักปลอดสารพิษจึงมีราคาแพงและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมาก เป็นสาเหตุให้การเพาะปลูกพืชในปัจจุบัน มุ่งเน้นที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่สภาพแวดล้อมและการผลิตให้มีความสำคัญกับความปลอดภัยต่อชีวิตและสุขภาพของผู้บริโภคเป็นหลัก การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมการผลิตไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรที่ต้องมีการศึกษาและเรียนรู้ พระธรรมปิฎก (2539: 25) กล่าวว่า การศึกษาเป็นเครื่องมือที่ดีที่สุดของการพัฒนาคน และเพื่อให้การเรียนรู้การสอนดังกล่าวสอดคล้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ วีระ พลอยครบุรี (2543: 85) ได้เสนอประเด็นการเรียนรู้ว่า การเรียนรู้ ควรเป็นเรื่องของตนเอง ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ผู้เรียนตระหนักถึงเรื่องความปลอดภัยในอาหารและการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อส่งเสริมการมีคุณภาพชีวิตที่ดีโดยผ่านกระบวนการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ เชื้อต่อการพัฒนาศักยภาพ และความรู้ความสามารถของผู้เรียน จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้จัดการศึกษาต้องหาวิธีการสอนใช้สื่อการสอนที่หลากหลายเพื่อกระตุ้น

ผู้เรียนให้มีอิสระในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการปฏิบัติจริง เน้นทักษะกระบวนการมากกว่าเนื้อหา เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายการปฏิรูปการศึกษา พัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะ มีทักษะที่จำเป็น ในยุคโลกาภิวัตน์ มีศักยภาพและความสามารถที่จะพัฒนาตนเอง ครอบคลุมนครและสังคมให้ เจริญก้าวหน้าอย่างมีความสุข

จัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิด วิเคราะห์ สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และนำประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ สื่อที่สามารถ ถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ สร้างความตระหนักในเรื่องของสิ่งแวดล้อมนั้นมีมากมาย เช่น บท ปฏิบัติการ หรือ ชุดกิจกรรม จัดว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษารูปแบบหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ บทปฏิบัติการ จะส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามความสามารถ ใช้เวลาน้อย จาก การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของ สุรพล วิหคไพบูลย์ (2543: บทคัดย่อ) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างจากก่อน สอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545: 28) พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วย ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา และนักเรียนมีความสนใจใฝ่หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพควรมีวิธีการและใช้สื่อให้หลากหลายเพื่อเร้า ความสนใจใฝ่เรียนรู้ให้กับผู้เรียน ผู้เรียนสามารถฝึกทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ วิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยการให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยส่งเสริม การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนยิ่งขึ้น สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คือ มีความรู้อันเป็นสากล รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการ (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 8-9) มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และศักยภาพ ในการจัดการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีปรับวิธีคิด วิธีการทำงานได้เหมาะสมกับสถานการณ์ ปัจจุบัน

ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองได้ใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาโดยการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการ ปลุกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้กับนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้ เป็นทางเลือกใหม่ให้กับครูผู้สอนและเสนอแนวทางการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเรียนรู้ เทคโนโลยีทางการเกษตรเกี่ยวกับการปลุกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งทำให้ผู้เรียน

มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาบทปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ครูผู้สอนนำไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
3. เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
4. เพื่อศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ให้กับนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ซึ่งผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ ดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น
5. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ

- 1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และเนื้อหารายวิชา วิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3
 - 1.2 กำหนดหัวข้อและเนื้อหาการเรียนรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
 - 1.3 ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องเรียนเพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์,แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม
- ผู้วิจัยนำผลการทดลองและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน มาสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นเอกสาร 2 ชุด คือ
1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
 2. คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้าง ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 5 บท คือ
- บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช
 - บทปฏิบัติการที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
 - บทปฏิบัติการที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
 - บทปฏิบัติการที่ 4 กรณีศึกษา เรื่องค่า pH และค่า EC ที่ต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร
 - บทปฏิบัติการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
3. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคู่มือประกอบการสอน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินคุณภาพ
4. สร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) แบบวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม
 5. ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปหาประสิทธิภาพ ด้วยการทดลองสอนกับนักเรียน

ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ขั้นตอนที่ 2 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ปีการศึกษา 2548 จำนวน 518 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 30 คน เลือกมาจากประชากรดังกล่าวโดยใช้วิธีสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.2 ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.3 ความตระหนักของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ หมายถึง สื่อการสอนที่เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่งที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามลำดับที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการ โดยนักเรียนศึกษาเนื้อหาและทำการทดลองด้วยตนเอง ครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะแนวทางหรือเป็นที่ปรึกษา ซึ่งบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ แบ่งเป็น 5 บท คือ 1) โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

2) การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ 3) ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช 4) กรณีศึกษาเรื่องค่า pH และค่า EC ที่ต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร 5) วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผักโดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีทีของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

2. การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (Hydroponics) หมายถึง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ปลูกพืชโดยให้สารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืช เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ผู้ปลูกต้องควบคุมอุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย และ ค่าแสดงความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย จัดเตรียมธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

3. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 /80 ของบทปฏิบัติการเรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดย 80 ตัวแรกคือ ค่าร้อยละเฉลี่ยจากคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยประเมินเมื่อนักเรียนเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการรวม 5 บทปฏิบัติการ และ 80 ตัวหลังคือ ค่าร้อยละเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 8 ทักษะ คือ 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการวัด 3) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 5) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 6) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 7) ทักษะการทดลอง 8) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยใช้แบบทดสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบเป็นเครื่องมือวัด

5. ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกโดยตรง จากการปฏิบัติการทดลอง ผู้วิจัยวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ 1) เทคนิคการทดลอง ความรวดเร็วในการทดลอง 2) ความสะอาดและความเป็นระเบียบ

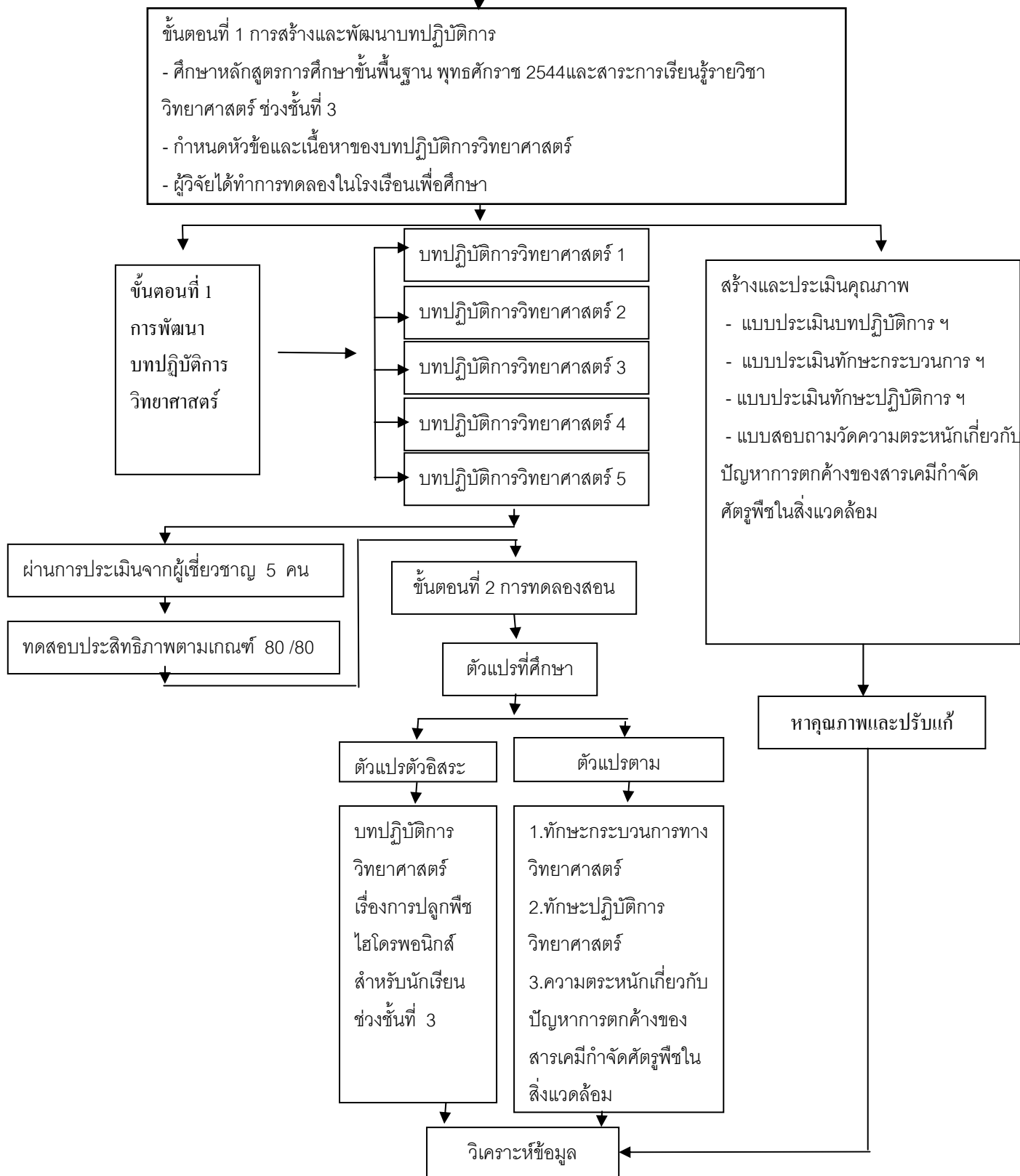
ผู้วิจัยวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากสภาพจริงอิงเกณฑ์รูบริก (Rubric) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม หมายถึง ลักษณะอาการของนักเรียนที่เรียน โดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีการรับรู้และมีจิตสำนึกถึงอันตรายจากการตกค้างของสารเคมีที่ใช้ในกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม โดยใช้แบบวัดความตระหนักที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) คือ วัตถุมีพิษที่นำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช และ สัตว์ ใช้เพื่อการเกษตร อุตสาหกรรมและสาธารณสุข สารเคมีที่ใช้กันมากคือ สารเคมีสำหรับฆ่าแมลง ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ สารคลออลิเนเตดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbons) สารออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) และสารคาร์บาเมต (Carbamates) สิริวัฒน์ กล่าวว่า (สุรพล มนัสเสรี. 2530: 109–110 ; อ้างอิงจาก สิริวัฒน์. 2526) สารเคมีจะแสดงผลต่อระบบประสาทของสิ่งมีชีวิต เป็นสารเคมีที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดมลพิษ สารเคมีที่ใช้กันแพร่หลายได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticides) กำจัดเชื้อรา (Fungicides) กำจัดวัชพืช (Herbicides) และกำจัดหนู (Rodenticide)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์



สมมติฐานการวิจัย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดี
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายจุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.2 ประเภทและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.3 ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.4 บทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.5 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.1 ความหมายของการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.2 ความรู้ทั่วไปของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบบไฮโดรพอนิกส์

2.3 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.3.1 ระบบสารละลายธาตุอาหารพืชไม่หมุนเวียน

2.3.2 ระบบสารละลายธาตุอาหารพืชหมุนเวียน

2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

2.5 การแบ่งกลุ่มธาตุอาหารพืช

2.6 การเตรียมพื้นที่ปลูก

2.7 การเพาะต้นกล้า

2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์และการปลูกพืชไร้ดิน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.4 งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

4.2 การประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. ความตระหนักและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และความตระหนัก

- 5.1 แนวความคิดเกี่ยวกับความตระหนัก
- 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และความตระหนัก
- 5.3 การประเมินการตระหนักรู้
- 5.4 งานวิจัยเกี่ยวกับความตระหนักต่อผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

6. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

- 6.1 ความหมายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
- 6.2 อันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
- 6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมี

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมาย, จุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการเรียนการสอนโดยใช้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์” ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน... (2542 :ออนไลน์) ยังไม่ได้บัญญัติคำนี้ไว้ แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า “ปฏิบัติการ” ซึ่งหมายถึงการทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี สำหรับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นั้นมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ (2535: 31-32) ได้ให้ความหมายว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง บทปฏิบัติการ มีลักษณะเป็นแผนการสอน โดยต้องมีรายละเอียดเพียงพอให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ในบทปฏิบัติการจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคู่มือครู ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ความคิดรวบยอด กิจกรรมสื่อการสอน ระยะเวลาที่ใช้และการประเมินผล และส่วนที่เป็นแบบฝึกหัดสำหรับนักเรียน ดังนั้นบทปฏิบัติการจึงควรมีลักษณะเฉพาะ ดังนี้

1) บทปฏิบัติการจะมีลักษณะให้นักเรียนสามารถค้นคว้าหาคำตอบ และเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีคำถามที่ชี้แนะให้นักเรียน ได้ฝึกการสังเกต แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นักเรียนจะได้ค้นพบแนวความคิดหลังจากศึกษา สำนวณภาคสนามและการอภิปรายหลังบทปฏิบัติการ

2) นักเรียนจะได้ฝึกชี้บ่งและแก้ปัญหา โดยกิจกรรมบางตอนจะเริ่มต้นด้วยปัญหา นักเรียนต้องคิดค้นและสำรวจหาสาเหตุของปัญหา เพื่อหาทางแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการชี้บ่งปัญหาและการแก้ปัญหา

- 3) กิจกรรมในบทปฏิบัติการ เป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ ด้วยการใช้ประสาทสัมผัส
- 4) ภาษาที่ใช้ควรเข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกว่าทุกคนสามารถเรียน จากบทปฏิบัติการนี้ได้
- 5) กิจกรรมที่กำหนดในบทปฏิบัติการ จะพยายามให้นักเรียนได้ใช้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

อรอุมา ละมุล (2541 :14) ได้ให้ความหมายว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่จัดให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการอันเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้มีโอกาสปฏิบัติการร่วมกันในขณะที่ทำการทดลอง มีโอกาสที่จะได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

ฐาปนีย์ เมธิพลกุล (2542 : 47) ได้ให้ความหมายว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่เกี่ยวกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติภายใต้สภาวะที่ควบคุม โดยมีครูคอยแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

สุรพล วิหคไพบูลย์ (2543 : 24) ได้ให้ความหมายว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่จัดให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการ นักเรียนจะได้มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันในขณะที่ทำการทดลอง มีโอกาสที่จะได้สัมผัสและรู้จักใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยเป็นผู้แนะนำ

คำว่า "วิทยาศาสตร์" ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน...(2542: ออนไลน์) หมายถึง ความรู้ที่ได้โดยการสังเกต และค้นคว้าจากทางธรรมชาติ ได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริง เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเน้นทักษะปฏิบัติของนักเรียน เช่น ทักษะการใช้เครื่องมือ ทักษะการสังเกตทดลองด้วยตนเอง อย่างชำนาญ คล่องแคล่วและปลอดภัย การจัดทำรายงานการทดลองโดยครูมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาเท่านั้น

นักการศึกษาได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไว้หลายท่าน เช่น

แอนเดอร์สัน (Anderson.1976 : 60–79) ; ฮอฟสแตนและลูเนตตา (Hofstien ; and Lunetta. 1982: 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนโดยใช้ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- 1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อปลูกฝังทักษะการสืบสวนสอบสวน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหา อื่น ๆ ได้
- 4) เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติและความพึงพอใจ ความมีใจกว้างและความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์
- 5) เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความซาบซึ้งและเลี่ยนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
- 6) เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้ลึก ซาบซึ้งต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทางด้านความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- 7) เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหา
- 8) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา
- 9) เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

ในส่วนของประโยชน์ของการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาสรุปไว้ดังนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 140) และ บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 68-69) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ว่า

- 1) นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
- 2) นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง
- 3) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนค้นพบหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
- 4) ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
- 5) การทำกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทดลอง อาจดำเนินการโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็กได้
- 6) นักเรียนสามารถเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น

7) ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การสรุปครอบคลุมหรือการวางนัยทั่วไปดังกล่าวในสถานการณ์ใหม่

8) ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีพัฒนาการทั้งด้านความรู้ความคิดโดยใช้การสืบสวนสอบสวน ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ปลูกฝังลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการปฏิบัติการ มีทักษะปฏิบัติ ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์

1.2 ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การให้นักเรียนทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้นโดยทั่วไปจัดได้ 2 แบบ คือ การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)

สุวัณท์ นิยมคำ (2531: 142-144) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการทดลองแบบสำเร็จรูป และแบบไม่กำหนดแนวทางสรุปได้ดังนี้

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab Direction)

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบ โดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายกันทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิด ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อน แล้วจึงลงมือทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลองครูอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหาการตั้งสมมติฐาน และการสร้างแบบทดลองตามลำดับ

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 87-88) ได้กำหนดชนิดของวิธีสอนแบบทดลองโดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ชนิด คือ

1) วิธีสอนแบบทดลองตามบทปฏิบัติการหรือตามแบบฝึก (Laboratory approach or Cookbook experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง (Lab sheet) ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อย โดยมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ ในข้อเท็จจริงหรือมโนคติ และเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ ทฤษฎี

2) วิธีการสอนแบบทดลองโดยมีการชี้แนะ (Guided experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูคอยตั้งคำถามชี้แนะแนวทาง

3) วิธีสอนแบบทดลองที่แท้จริง (Pure experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการคิด ทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานการออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลองและ สรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง

สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมบทปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกัน ตามจุดมุ่งหมายของผู้จัดทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อทักษะกระบวนการและทักษะ ปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียน ครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มต้นจากการทดลองแบบ สำเร็จรูปก่อน เพื่อฝึกทักษะปฏิบัติให้กับนักเรียน แล้วลดการกำหนดแนวทางของครูจากการทดลอง แบบสำเร็จรูปเป็นแบบกำหนดแนวทาง เพื่อให้นักเรียนคิดแบบสืบเสาะหาความรู้ วางแผนการ ทดลอง ตลอดจนสามารถแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ได้เอง ผู้วิจัยจัดกิจกรรม ในบทปฏิบัติการให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองโดยใช้บทปฏิบัติการที่กำหนดให้ ในรูปแบบใบงาน การทดลองก่อน โดยครูเป็นผู้แนะนำ หลังจากนั้นจัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทางให้นักเรียน กำหนดปัญหาและออกแบบการทดลองตลอดจนดำเนินการทดลองด้วยตนเอง

1.3 ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สุกิมล เขียวแก้ว (2527:85-86) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

- 1) ครูตั้งปัญหาให้
- 2) ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูลหรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
- 3) นักเรียนลงมือปฏิบัติการเพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ
- 4) นักเรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
- 5) นักเรียนตอบคำถามของครูโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
- 6) นักเรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบ เพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอด หรือเนื้อหา

ของสิ่งที่ศึกษา

ขั้นตอนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบไม่กำหนดแนวทางมีรูปแบบ ดังนี้

- 1) ครูตั้งปัญหาให้นักเรียน หรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากจะศึกษา

ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่อาจคาดผลการศึกษาได้ล่วงหน้า

- 2) นักเรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
- 3) นักเรียนเสนอวิธีการทดลองโดยอาจจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการค้นคว้า เพื่อ วางแผนการทดลอง ซึ่งอาจจะกำหนดวิธีการค้นคว้าที่เป็นไปได้ 2-3 ปี
- 4) นักเรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้

5) นักเรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดลองอาจจะ
มีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่า 1 คำตอบ

6) การทดลองอาจก่อให้เกิดปัญหาในการแสวงหาคำตอบ นอกชั้นเรียนต่อไป

7) นักเรียนปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อน ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดความภาคภูมิใจ
ในผลงานของตนเอง

8) ครูอาจตั้งคำถามในตอนท้าย เพื่อให้นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้
และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ รอมมี (Romey.1968 : 125) ได้แบ่งกิจกรรมการสอนแบบทดลองออกเป็น
3 ขั้นดังนี้

1) ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-Lab Discussion) ในขั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถาม
นักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อสร้างความสนใจและให้ความสัมพันธ์
บางอย่าง

2) ขั้นทำการทดลอง (Lab Activity) ในขั้นนี้เป็นการลงมือให้นักเรียนทำการทดลอง
ตามแนวที่ได้อภิปรายไว้ในขั้นก่อน บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะผู้อำนวยการวิจัยมากกว่าที่จะเป็น
ผู้ทำการทดลอง เป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจ อภิปรายร่วมกับนักเรียน ส่วนผู้มีบทบาท
สำคัญ คือ นักเรียน

3) ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง (Post-Lab Discussion) หลังจากนักเรียนได้ทำการ
ทดลองแล้ว ให้นักเรียนเสนอผลการทดลองในช่วงนี้ สิ่งที่อยู่ในมือครูคือ ผลการทดลองที่ถูกต้องจาก
หนังสือ จากการทดลองมีอาชีพ จากการทดลองที่ใช้เครื่องมืออย่างดีหรือจากครู ข้อมูลและผลการ
ทดลองชุดนี้มีไว้เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่า การทดลองของนักเรียนเป็นอย่างไร นอกจากนี้
ครูอาจจะให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

สรุปได้ว่า ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่ง
กิจกรรมการเรียนการสอนได้เป็น 3 ขั้น คือ ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง ขั้นทำการทดลองและ
ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำขั้นตอนดังกล่าวมาใช้ในการจัดกิจกรรมของบท
ปฏิบัติการเรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

1.4 บทบาทของครูในการจัดการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ไฮฟ (ประเพ็ชท์ทิพย์ สุกุมลจันทร์. 2545: 31 ; อ้างอิงจาก Hoff. 1950. *Secondary-School Science Teaching*. pp. 173–175) กล่าวเกี่ยวกับบทบาทของครูว่า ครูเป็นผู้คอยดูแล
ช่วยเหลือนักเรียนเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ ครูควรอยู่ในห้องที่นักเรียนทำการทดลอง
ตลอดเวลา และควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง

ประวิตร ชูศิลป์ (2524: 5 – 6) กล่าวว่า บทบาทของครูมีอยู่ 3 ตอนด้วยกัน คือ

ตอนที่ 1 การอธิบายก่อนการทดลอง ในขั้นอธิบายก่อนทดลอง ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ในขั้นทำการทดลอง ครูจะต้องดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้นและสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษา ไม่ปล่อยให้ นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำพัง

ตอนที่ 3 การอธิบายผลการทดลอง ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอธิบายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้ปฏิบัติวิทยาศาสตร์ ครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำต่างๆ คอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปผลการทดลองได้ ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ ทำรายงานการทดลอง และสามารถอธิบายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองได้

1.5 งานวิจัยเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

วารี เอกสาร (2537: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากแบบสอบถามภาคปฏิบัติกับแบบสอบถามข้อเขียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จากแบบสอบถามภาคปฏิบัติกับแบบสอบถามข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .6323 .4995 .1942 และ .3860 ตามลำดับ

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) พัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคู่มือประกอบการสอนเรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บทปฏิบัติการแบ่งเป็น 7 บท ใช้ทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน พบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากและบทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11/80.27

สุรพล วิทโศกุลย์ (2543: บทคัดย่อ) พัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย จำนวน 7 บท ทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ คือ 80.57/80.06 และนักเรียน

ที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างกันจากก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) พัฒนบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 81.19 / 80.33 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และนักเรียนมีความคิดเห็นต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในระดับมาก

ศิริกานต์ ผาสุก (2543 : บทคัดย่อ) พัฒนบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากสมุนไพรในท้องถิ่น สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ใช้พืชสมุนไพรที่สกัดน้ำมันหอมระเหยและสเตอรอยด์นำผลการทดลองที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลองและวัตถุประสงค์กับคำถาม ทำการทดลอง ระหว่าง 0.56 – 1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ นำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

จากการประมวลผลงานวิจัยในประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

2. การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

2.1 ความหมายของการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

ดิเรก ทองอร่าม (2542 : 1) ให้ความหมายว่า การปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก คือการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยรากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (bare roots) คำว่า Hydroponics มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือคำว่า "hydro" หมายถึง น้ำและ "ponos" หมายถึงงาน ซึ่งเมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกันจะหมายถึงการทำงานของน้ำ (สารละลายธาตุอาหาร) ผ่านรากพืช (water – working)

อารักษ์ ธีรอำพน (2544 : 6) ได้ให้ความหมายของการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ไว้ว่าเป็นการปลูกพืชในสารละลายและมีความหมายเดียวกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (Soiless culture) เป็นการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน โดยปลูกพืชลงบนวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดิน

สายสวาท กุลวัฒนาพร (2547: 71-72) ได้ให้ความหมายของการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ว่าเป็นการปลูกพืชไร้ดิน ปลูกด้วยการให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำหรือสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาการปลูกพืชในดิน ซึ่งมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืช รวมทั้งฆ่าเชื้อโรคพืชที่อาศัยอยู่ในดิน เป็นวิธีการปลูกพืช โดยไม่ต้องเตรียมดิน ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชแก้ปัญหาดินเค็มหรือดินเปรี้ยวได้ อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าปลูกในดิน ควบคุมโรคและแมลงได้สะดวกเหมาะสำหรับการปลูกพืชในเมืองใหญ่ เป็นต้น

สรุปได้ว่าการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ หมายถึง วิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีน้ำผสมกับแร่ธาตุที่พืชต้องการ โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายโดยตรง เป็นการปลูกพืชที่เหมาะสมกับคนในเมืองใหญ่ที่มีพื้นที่เพาะปลูกน้อย เพื่อที่จะได้บริโภคผักที่ไม่มีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่

2.2 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

อารักษ์ ชีระอำพน (2544 : 8) เสนอข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ไว้ว่าเป็นระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ตามวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารพืช เป็นระบบที่นิยมมากกว่าแบบอื่นๆ มี 2 วิธี คือ

- 1) ระบบสารละลายธาตุอาหารพืชไม่หมุนเวียนแบบเดิมอากาศ และแบบไม่เดิมอากาศ
- 2) แบบสารละลายธาตุอาหารพืชหมุนเวียน โดยใช้ปั๊มทำให้สารละลาย มีการไหลเวียน เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรงและช่วยรักษามิให้ธาตุต่างๆ เกิดการตกตะกอน ต้นพืชจึงได้รับธาตุอาหารอย่างเต็มที่ ระบบนี้เหมาะสำหรับปลูกพืชเชิงการค้าแบ่งเป็น

2.1) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆ

(Nutrient Film Technique : NFT)

2.2) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง

(Deep Flow Technique : DFT)

นอกจากนี้ยังมีการให้สารละลายการไหลผ่านรากแบบต่อเนื่องอีก 2 ลักษณะ คือ

- 2.2.1) การให้สารละลายท่วมภาชนะปลูก เริ่มภายหลังจากการย้ายต้นกล้ามาลงปลูกใหม่ในภาชนะปลูกถาวร ที่มีวัสดุปลูกตามที่ได้เตรียมไว้ โดยภาชนะที่มีท่อสำหรับให้สารละลายไหลเข้าไปในภาชนะท่วมวัสดุปลูก ไม่ต่ำกว่าวันละ 2 ครั้ง คือ ในช่วงเช้าและเย็น สำหรับในช่วงฤดูร้อนอาจเพิ่มเป็น 3-4 ครั้ง ในครั้งหนึ่งๆ จะปล่อยให้สารละลายออกมาเก็บไว้ใช้ในครั้งต่อไป เทคนิคการปล่อยสารละลายสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- ใช้แรงโน้มถ่วง วิธีการนำสารละลายใส่ลงในถังพลาสติก และมีท่อต่อเชื่อมกับภาชนะปลูก เมื่อจะให้สารละลายไหลท่วมภาชนะปลูก ก็ยกถังขึ้นแขวนในระดับที่สูงกว่าวัสดุปลูก เมื่อจะให้สารละลายไหลกลับออกมา ก็ยกถังให้อยู่ในระดับต่ำกว่าวัสดุปลูก

- ใช้ระบบควบคุมเวลา โดยให้วางตำแหน่งถังต่ำกว่าภาชนะปลูกภายในถังมีปั๊มเล็กๆ สำหรับการส่งจ่ายสารละลาย ไปแช่ซึ่งยังภาชนะปลูก และมีอุปกรณ์ตั้งเวลาคอยควบคุมระบบการทำงานให้ไหลเข้าไหลกลับตามเวลาในระดับความสูงการให้สารละลาย โดยการหยุดลักษณะการทำงาน จะต้องมีการเตรียมผสมสารธาตุอาหาร ถังนี้จะตั้งอยู่เหนือภาชนะปลูกเล็กน้อยและต่อท่อในระดับต่ำกว่าลงมาโดยวางไปเป็นแนวยาว ที่ท่อจะเจาะรูออกเป็นระยะ ๆ สำหรับให้สารละลายไหลลงมาตามธรรมชาติเพื่อให้หยดลงรากพืชแต่ละต้นอย่างต่อเนื่อง สารละลายจะซึมผ่านมายังราก

2.2.2) การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชในถาดปลูก เป็นระบบปลูกทำด้วยโฟมเจาะรูปลูกพืช มีระดับสารละลายธาตุอาหารพืชสูง แตกต่างจากระบบอื่นที่มีอุปกรณ์สำหรับปรับระดับของสารละลายธาตุอาหารให้สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืชในถาดปลูก และก่อนที่สารละลายธาตุอาหารจะไหลผ่านรากพืช จะมีอุปกรณ์สำหรับการเติมอากาศในสารละลายธาตุอาหารเมื่อสารละลายธาตุอาหารไหลสู่ด้านหัวถาดปลูก

ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยใช้ระบบสารละลายธาตุอาหารพืชหมุนเวียนแบบเติมอากาศ โดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบาง ๆ (NFT) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช โดยผู้วิจัยเตรียมสารละลายสำหรับปลูก ผักตระกูลผักสลัด 1,000 ลิตร ใช้สารเคมี ดังนี้

ตาราง 1 การเตรียมสารละลายสำหรับปลูกผักตระกูลผักสลัด

ถัง	แร่ธาตุ	กรัม	ความเข้มข้น (ppm)
A	แคลเซียมไนเตรด Ca= 18% N= 15%	1,000	180 (Ca) 150 (N)
A	เหล็ก EDTA Fe= 13.2%	30	3.96 (Fe)
B	12-60-0 โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	150	18 (N)
	N= 12 P= 26.18		39.27(P)

ตาราง 1 ต่อ

ถัง	แร่ธาตุ	กรัม	ความเข้มข้น (ppm)
B	แมกนีเซียมซัลเฟต, Mg=9.36 S=13.0	500	46.75 (Mg) 65 (S)
	นิคอสเปอร์ B= 2 Zn=2 ,Mn= 2	15	0.675 (Mg) 0.270 (Fe)
	Cu= 1.9 M ₀ = 0.023 , Fe= 1.8		0.3 (B) 0.3 (Mn) 0.3 (Zn)
	Mg= 4.5		0.285 (Cu) 0.0035 (M ₀)
	แมงกานีส EDTA = 13%	8	1.04 (Mn)

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม.(2547). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน*. หน้า 165. (อ้างอิงจาก วีรพล นิยมไทย)

สารในถัง A และ B นั้นบรรจุในถังขนาด 5 ลิตร 2 ถัง สารในถัง A ควรเก็บไว้ในที่ที่แสงแดดส่องไม่ถึง สารทั้งสองชนิดควรมีความเป็นกรดเล็กน้อย โดยใช้ น้ำกลั่น น้ำ RO เป็นน้ำที่ผ่านการกรองหรือแยกสารเจือปนด้วยเครื่อง (Reverse Osmosis) หรือน้ำประปาก็ได้ เมื่อเกลือละลายน้ำโมเลกุลแตกตัวเป็นไอออน สารละลายจึงนำไฟฟ้าได้และสามารถวัดการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้ายิ่งมากความเข้มข้นยิ่งสูง ในการปลูกผักสลัดควรใช้ค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.2 – 1.4 mS/cm (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) จึงจะเหมาะสมและมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.5 – 6.5 ซึ่งในการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ใช้ระบบสารละลายธาตุอาหารพืชหมุนเวียนชนิดหมุนเวียนแบบเติมอากาศมีขั้นตอนดังนี้

1) การเตรียมพื้นที่ปลูก วางโต๊ะปลูกในตำแหน่งที่รับแสงแดดอย่างน้อย 6 ชม./วัน ไม่ควรอยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่ควรอยู่ใกล้ปลั๊กไฟเนื่องจากจะต้องเสียบปลั๊กปั๊มน้ำ โต๊ะปลูกเคลื่อนย้ายได้ง่ายเมื่อพืชอยู่ในรางพื้นที่ควรเป็นแนวราบ

2) การเพาะต้นกล้า

2.1) นำวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 2 ส่วน และเวอร์มิคิวไรต์ 1 ส่วน รดน้ำให้เปียกแล้วใส่ถ้วยเพาะหาภาชนะมาวางใต้ถ้วยเพาะ และใส่น้ำสะอาดที่ก้นภาชนะความสูง 1 เซนติเมตร เพื่อให้วัสดุมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา

2.2) นำเมล็ดพันธุ์ใส่ตรงกลางถ้วยลึกประมาณ 1 เซนติเมตร กลบด้วยวัสดุปลูก ใช้กระบอกรดน้ำพ่นแบบฝอยที่ด้านบน สัปดาห์แรกรดน้ำทุกวัน สัปดาห์ต่อไปรดวันเว้นวัน หรือ

สังเกตความขึ้นจากวัสดุปลูก อย่างรดน้ำบ่อยเกินไป เพราะจะทำให้รากเน่า และวางในแสงแดด รำไร ประมาณ 3 – 5 วัน และถ้าเกินกว่า 5 วันเมล็ดไม่งอกให้เพาะใหม่

2.3) เมื่อเมล็ดงอกใบที่ 3 ออกมาเริ่มให้สารละลายปุ๋ยอ่อน ๆ แก่พืชแทนน้ำสะอาด

3) การผสมสารอาหารสำหรับต้นอ่อน มีขั้นตอนดังนี้

3.1) นำน้ำสะอาดมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้หยาววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย Drop Test หรือ เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และปรับให้อยู่ในช่วง 5.5 เพื่อให้การดูดอาหารของพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่ากำหนดต้องปรับโดยเติมกรดฟอสฟอริกหรือไนตริกเพื่อลดค่า ความเป็นกรด-ด่าง ลง แต่ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า กำหนดต้องปรับโดยเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเพิ่มค่า ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 2 – 3 หยด

3.2) เติมสารอาหารพืชจากถัง A และ B อย่างละ 30 มิลลิลิตร หรือ $30 \text{ cm}^3/\text{น้ำ } 175 \text{ ลิตร}$ ลงในถาดและวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในค่า $0.8 \text{ }\mu\text{S/cm}$ สำหรับผักสลัด สำหรับผัก ไทย ผักจีน และผักญี่ปุ่นให้อยู่ในค่า $2.0 \text{ }\mu\text{S/cm}$

3.3) เมื่อต้นกล้าอายุครบ 2 อาทิตย์ ยกต้นกล้ามาลงรางชุดโต๊ะปลูก

4) การปลูกลงราง เติมน้ำประมาณเกือบเต็มถัง คือ ประมาณ 175 ลิตร เติม สารอาหารพืช A และ B ชนิดละ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร/น้ำ 175 ลิตร วัดค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายให้ได้ค่าตามเกณฑ์ เสียบ ปลั๊กไฟเพื่อเดินเครื่องปั้มน้ำ ยกต้นกล้าลงรางปลูกแล้วปรับค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุกวันให้ได้ค่าตามกำหนด เปลี่ยนน้ำในถังอาทิตย์ละครั้ง หยุดปั้มน้ำ เติมสารอาหาร ที่เหลือออก และทำความสะอาดถังให้สะอาดด้วยแปรงล้างท่อ สำหรับผักสลัดมีอายุการปลูก 40 – 45 วัน นับจากวันเพาะเมล็ดก็สามารถรับประทานได้

2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ดิเรก ทองอร่าม (2546: 51-55)

2.3.1 ปัจจัยด้านพันธุกรรม (genetic factor) จัดเป็นปัจจัยของพืชเอง เพราะเกี่ยวข้องกับ เรื่องของยีนในพืช พันธุกรรมจะสามารถแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัด ในพันธุ์พืชที่เป็นลูกผสม (hybrid) ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง หรือพันธุ์ลูกผสมในยุคแรก ๆ อย่างมากมาย เช่นข้าวโพดพันธุ์ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง ทั้งนี้สภาพแวดล้อมก็มีผลต่อผลผลิตด้วยเช่นกัน

2.3.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (environment factor) เป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตของพืช ปัจจัยภายนอกมีมากมายแต่ที่จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดได้แก่

- 1) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชชั้นสูงทั่วไป จะอยู่ระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ อายุ และช่วงการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น อุณหภูมิมีผลกระทบโดยตรงกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีผลรวมต่อการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิมีผลต่อการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้จะลดลง ทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของราก
- 2) ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไป จะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก และเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร
- 3) แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนารูปร่างของพืช เพราะแสงเป็นส่วนสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช คุณภาพของแสง หมายถึงความยาวของคลื่นแสง ความเข้มของแสง และระยะเวลาที่พืชได้รับแสงต่างก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 4) องค์ประกอบของบรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสิ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งจะได้มาจากอากาศ ในบรรยากาศทั่วไปมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ในสภาพทั่วไปพืชมักไม่ขาดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ในบรรยากาศยังมีก๊าซอื่นๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ ถ้ามีจำนวนมากจะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 5) องค์ประกอบของอากาศในดิน ก๊าซสำคัญที่มีบทบาทในการเจริญเติบโตของรากคือ ก๊าซออกซิเจน ถ้าในดินหรือในวัสดุปลูกมีออกซิเจนไม่เพียงพอ จะทำให้รากเจริญเติบโตไม่ดีมีรากน้อย ในขณะที่รากที่ได้รับออกซิเจนเพียงพอจะมีรากยาว มีสีขาวและมีรากฝอยมาก ดินที่มีความชื้นสูงจะมีปริมาณออกซิเจนน้อย ในขณะที่ดินที่มีความชื้นต่ำจะมีปริมาณออกซิเจนมาก
- 6) ปฏิกริยาดิน หรือค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช
- 7) สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้อง เช่น โรคพืช แมลง จุลินทรีย์ในดิน สัตว์ขนาดเล็กและวัชพืชจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การเข้าทำลายพืชของแมลงหรือจุลินทรีย์
- 8) ธาตุอาหารพืช เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มนุษย์สามารถควบคุมได้ ซึ่งในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ต้องมีการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชให้ครบถ้วนพืชจึงจะเจริญเติบโตได้ดี หน้าที่ของธาตุอาหารพืช มีดังนี้

8.1) จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช หากพืชขาดธาตุนั้น ๆ ก็จะไม่เจริญเติบโตได้ตามปกติหากได้รับไม่เพียงพอ จะแสดงอาการผิดปกติออกมาให้เห็น

8.2) มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

8.3) ทำให้เอ็นไซม์ทำงานตามปกติหรือควบคุมปฏิกิริยาที่ใช้เอ็นไซม์

8.4) เป็นส่วนประกอบของสารประกอบที่สำคัญในกระบวนการเมตาโบลิซึม

2.3.3 การรักษาหรือการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารพืช

ดิเรก ทองอร่าม (2546 : 304–310)

1) หลักการทั่วไป เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 7 (น้ำบริสุทธิ์) ถือว่าสารละลายเป็นกลาง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 7 ถือว่าสารละลายเป็นกรด

ค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 7 ถือว่าสารละลายเป็นเบส

สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารพืช เนื่องจากธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุ(ปุ๋ย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารนั้น รากพืชจะดูดน้ำไปใช้ได้มากนักน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นค่าของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง จึงมีความสำคัญต่อการปลูกพืชมาก เช่น ถ้าพืชเจริญเติบโตได้ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 จะมีความเข้มข้น(กรด)สูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ถึง 10 เท่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง แต่ละช่วง เช่น จาก 6 ขึ้นเป็น 7 หรือจาก 6 ลดลงมาเป็น 5 นั้นจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายบวกลบหรือลบลิบเท่า โดยมีวิธีคิดดังนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 มีค่าไฮโดรเจนไอออนของ $[H^+] = 10^{-5}$ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 มีค่าไฮโดรเจนไอออนของ $[H^+] = 10^{-6}$ ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 จะมีไอออนของไฮโดรเจนไอออนมากกว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 = $(10^{-5})/(10^{-6}) = 10^1 = 10$ เท่า

ตาราง 2 เปรียบเทียบปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออนของไฮโดรเจนไอออนเมื่อมีการเพิ่มและลดค่าของ
ความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ไฮโดรเจนไอออน[H ⁺]	ความแตกต่างเป็นจำนวน	
	โมล/ลิตร		เท่า
4	10 ⁻⁴	}10	}100
5	10 ⁻⁵	}10	
6	10 ⁻⁶		

การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้พืชนำสารอาหารไปใช้ได้ยากง่ายแตกต่างกันไปด้วยเหตุผลดังกล่าวการรักษา ค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถนำสารอาหารไปใช้ได้ดี จะทำให้พืชมีความสุขในการกินอาหาร เช่นเดียวกับมนุษย์เรานั่นเองและหากได้ธาตุอาหารไม่เพียงพอก็จะทำให้เกิดโรคได้

2) สาเหตุที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีการเปลี่ยนแปลง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในสารละลายธาตุอาหารพืช สามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุอันเนื่องมาจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายอาหารแล้วปลดปล่อยไฮโดรเจน (H⁺) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻) สู่อำนาจธาตุอาหารทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น

2.1) ดูดธาตุอาหารที่มีไอออนลบหรือแอนไอออน (Anions) เช่น ไนเตรต (NO₃⁻) ซัลเฟต (SO₄⁻²) ฟอสเฟต (PO₄⁻³) แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH⁻) สู่อำนาจธาตุอาหารทำให้สารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงขึ้น

2.2) ดูดธาตุอาหารที่มีไอออนบวกหรือแคตไอออน (Cations) เช่น แคลเซียม (Ca²⁺) แมกนีเซียม (Mg²⁺) โพแทสเซียม (K⁺) แอมโมเนียม (NH₄⁺) แล้วปลดปล่อยไฮโดรเจน (H⁺) สู่อำนาจธาตุอาหารจะทำให้สารละลายมี pH ลดลง

2.3) การรักษาหรือควบคุมค่าของค่าความเป็นกรด-ด่าง

พืชแต่ละชนิดต้องการค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0 จะเป็นค่าที่ต่ำสุดและสูงสุดที่ 10.0 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สูงกว่านี้เพียง 2-3 วันจะทำให้ธาตุอาหารแมกนีเซียม เหล็ก และฟอสเฟตไปใช้ได้ยาก ค่าความเป็นกรด-ด่าง ช่วงที่ค่า 5.8-10.0 เป็นค่าที่ในช่วงที่ธาตุอาหารพืชสามารถคงรูปในสารละลายที่พืชส่วนมากนำไปใช้ได้ดี แต่ที่นิยมคือค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6

การปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง สามารถทำได้โดยการเติมสารลงไปในการละลายธาตุอาหารพืช เช่น

2.4) การปรับเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชเป็นกรดมากเกินไป เราสามารถปรับให้สูงขึ้นได้โดยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate หรือ bicarbonate of soda, NaHCO_3) หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide, NH_4OH) สารใดสารหนึ่งลงไปในการละลายธาตุอาหารพืช การใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ธาตุอาหารมีโพแทสเซียมมากขึ้น

2.5 การปรับค่าเพื่อลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชเป็นด่างมากเกินไป ควรเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ คือ กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) หรือกรดไนตริก (Nitric acid, HNO_3) หรือกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) หรือกรดแอซิติก (Acetic acid, CH_3COOH) หรือกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, H_3PO_4) ซึ่งการใช้กรดฟอสฟอริกแม้จะมีอันตรายน้อยกว่า แต่ก็จะเป็นการทำให้พืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น กรด-ด่างที่นิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง และใช้กรดซัลฟิวริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเพื่อปรับลดค่าความเป็นกรด-ด่าง

3) ข้อควรระวังในการใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ก่อนใช้ควรปรับเครื่องให้มีความเที่ยงตรงเสียก่อน โดยการใช้ น้ำยามาตรฐาน หรือที่เรียกว่าสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Buffer solution) เช่น บัฟเฟอร์ 4 บัฟเฟอร์ 7 หรือ บัฟเฟอร์ 10 เป็นต้น

เครื่องวัดบางเครื่องสามารถปรับโดยการใช้ น้ำยามาตรฐานได้เพียงค่าเดียว ในขณะที่บางเครื่องสามารถวัดได้สองค่าซึ่งจะให้ความแม่นยำสูงกว่าแบบแรก ในการเลือกใช้เครื่องวัดสามารถปรับเครื่องโดยการใช้ น้ำยามาตรฐานได้ 2 ค่านั้นผู้ปรับจะต้องเลือกว่าจะวัดที่ค่าใด เช่น ที่บัฟเฟอร์ 4 หรือบัฟเฟอร์ 7 คู่กับบัฟเฟอร์ 10 หรือบัฟเฟอร์ 7 คู่กับบัฟเฟอร์ 10 เป็นต้น ซึ่งการจะเลือกปรับค่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าเราจะนำไปใช้ตรวจวัดช่วงใดเป็นหลัก เช่น ถ้าต้องการควบคุม ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ก็ควรเลือกคู่การใช้น้ำยามาตรฐานที่บัฟเฟอร์ 4 และ บัฟเฟอร์ 7

4) การแบ่งกลุ่มธาตุอาหารพืช

4.1) กลุ่มที่ 1 พืชต้องการมากหรือเรียกว่าธาตุอาหารหลัก ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K)

4.2) กลุ่มที่ 2 ธาตุอาหารที่พืชต้องการรองมาจากธาตุอาหารหลัก เรียกว่า ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) แมกนีเซียม (Mg)

4.3) กลุ่มที่ 3 ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณเล็กน้อย หรือ จุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl)

2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์และการปลูกพืชไร้ดิน

2.4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ยงยุทธ หวังวิวัฒนา (2538 : บทคัดย่อ) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ของชุดการสอนเรื่องการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแสงหิรัญวิทยา และโรงเรียนสังฆราชา จำนวน 67 คน พบว่า นักเรียนที่ใช้ชุดการสอนมีผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนดีกว่า ก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พัชรินทร์ โพธิ์ทอง (2540: ออนไลน์) ได้ศึกษาเรื่องผลของวัสดุปลูกและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้า โดยออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้า เมื่อเปรียบเทียบวัสดุปลูกสี่ชนิด พบว่า ต้นคะน้าที่ปลูกในขุยมะพร้าวให้ผลผลิตสูงสุด และ ต้นพืชที่ปลูกบนอิฐที่วางนอนในรางปลูก จะให้ผลผลิตสูงกว่าพวกที่ปลูกบนอิฐที่วางตะแคง ระดับออกซิเจนในสารละลายในรางที่วางอิฐนอน จะมีน้อยในฤดูร้อน และเริ่มเปลี่ยนในฤดูฝน โดยเฉพาะบริเวณปลายราง และกลายเป็นไม่มีความแตกต่างกัน ในฤดูหนาว ปริมาณสารละลายธาตุอาหารที่ให้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และระดับขออกซิเจนใน รางปลูก

อารีย์ เสนานันท์สกุล (บทคัดย่อ : 2540) ได้ศึกษาเรื่องการคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสม ในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรพอนิกส์ จากการศึกษาพบว่า ต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกด้วยเทคนิค NFT ภายใต้โรงเรือนปลูกพืชแบบหลังคาเพิงหมาแหงน และต้นที่ปลูกในเทคนิค Substrate culture ภายใต้โรงเรือนปลูกพืชแบบหลังคาโค้งสองชั้นซ้อนกัน ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสูงที่สุด ผักคะน้าจีนที่ปลูกด้วยเทคนิค Liquid Culture แบบ Non-circulating System และผักกาดหอมที่ปลูกด้วยเทคนิค NFT ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นสูงสุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นของผักคะน้าจีนที่มีมากกว่า

อิทธิสุนทร นันทกิจ (2545: ออนไลน์) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Fe-EDTA สองชนิด ในสารละลายธาตุอาหาร สำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทำการเตรียมสารละลาย เหล็กเอ็ดต้า (Fe-EDTA) เพื่อใช้ในการ ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยเตรียมจาก FeSO₄ และ EDTA ชนิด commercial grade สารละลาย Fe-EDTA ที่เตรียมได้ มีเหล็ก 5 กรัม Fe/ลิตร สีเหลือง หลังจากนั้น ทำการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของ Fe-EDTA ชนิด lab grade ที่สั่งมาจากต่างประเทศ ทำการปลูกพริกยักษ์ (Capsicum annum L.) ในสารละลาย ธาตุอาหารพืช ที่เตรียมจาก Fe-EDTA ทั้งสองชนิดนี้ จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า Fe-EDTA ที่เตรียมขึ้น มีประสิทธิภาพ เท่าเทียมกับ Fe-EDTA

ชนิด lab grade การเจริญเติบโต ของพริกยักษ์ ทั้งน้ำหนักราก น้ำหนักแห้ง การดูใช้ธาตุเหล็ก ทั้งส่วนของพืชเหนือดิน (ต้น+ใบ) และราก ไม่มีความแตกต่างกัน ในทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ กับพริกยักษ์ ที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก โดยพริกที่ไม่ได้รับธาตุเหล็ก จะแสดงอาการใบเหลือง ระหว่างเส้นใบ ที่บริเวณใบยอด (iron-chlorosis) ซึ่งเป็นอาการของ การขาดธาตุเหล็ก ผลการทดลองนี้ แสดงว่า Fe-EDTA ที่เตรียมขึ้น จาก FeSO_4 และ EDTA สามารถทดแทน Fe-EDTA ชนิด lab grade ได้ ทำให้ต้นทุน ในการเตรียมสารละลาย ธาตุอาหารพืชถูกลงสารละลาย

2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

(Launius 1994: 2828) การวิจัยเพื่อประเมินผลโครงการนำร่อง การศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทางการเกษตร โดยใช้แบบสอบถามกับครูผู้สอนและครูผู้ช่วย พบว่า เป็นกิจกรรมนอกห้องเรียนที่ประเมินว่าอยู่ในระดับดีและผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก จุดที่ต้องแก้ไขคือ ควรมีการอบรมครูผู้สอน

ประมวลจากงานวิจัยการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ พบว่าต้นพืชที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรที่ทำให้ได้ผลผลิตดี ช่วยประหยัดน้ำและปุ๋ย ทำให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า ช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เทคโนโลยีทางการเกษตรแบบใหม่ ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ดีในการเรียนการสอน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไฟบูลย์ (2542:14) กล่าวว่า นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นจะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว ขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน วิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือการค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลองผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนอย่างมีระบบนี้เรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

พจน์ สะเพียรชัย (2517:49) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถในการสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การสรุป การสร้างสมมุติฐานและการออกแบบ ดำเนินการทดลองการคำนวณและทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

ศศิเกษม ทองยงค์ ; และลีลา สิมานูเคราะห์ (2524:76) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า คือทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าทดลองปฏิบัติการเพื่อค้นหาความจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่างซึ่งในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลองปฏิบัติการนั้น ผู้ทำการทดลองย่อมใช้ทักษะทดลองทั้งในด้านการปฏิบัติและนึกคิดควบคู่กันไป

วรรณทิพา รอดแรงคำ ; และจิต นวนแก้ว (2532:5) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่มีแนวโน้มวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 14) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการทำการทดลอง เป็นต้น

แม็คเบ็ธ (ผ่องฤดี พวงประดิษฐ. 2546: 30 ; อ้างอิงจาก Macbeth. 1974. *The Extent to Which Pupils Manipulative Materials and Attainment of Process Skills in Elementary School Science*. pp. 45-51) ศึกษาขอบเขตความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนอนุบาลกับนักเรียนเกรด 3 พบว่าการสอนเด็กอนุบาลโดยให้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอนุบาลได้ดีกว่าเด็กที่มีอายุมากกว่า

ไรลีย์ (ผ่องฤดี พวงประดิษฐ. 2546: 27; อ้างอิงจาก Riley. 1975. *The Effects of Science Process Skills Abilities, Understanding of Science and Attitudes Toward Science and Science Teaching*. pp. 5152-5153-A.) ศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูปีที่ 1-4 จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นกลุ่มทดลอง กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบความรู้ จากการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะทฤษฎี ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามปกติ พบว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ 3

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 28) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ว่า หมายถึง กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้หรือใช้ในการแก้ปัญหา เป็นทักษะทางความคิด (Intellectual Process Skills) ที่มีขั้นตอนเป็นเหตุเป็นผลที่จะนำไปสู่ความรู้ใหม่ๆ หรือเพื่อการแก้ปัญหา

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 4) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ที่สำคัญ คือ กระบวนการนี้จะเกิดสลับซับซ้อนในแต่ละบุคคล ทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง พฤติกรรมที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดด้วยสติปัญญาเป็นพฤติกรรมที่ต้องมีการฝึกฝนอย่างมีระบบ ด้วยการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและใช้ในการค้นคว้า การจัดการเรียนจึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ เพื่อมุ่งให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น

3.2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 14 – 30) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท 13 ทักษะ ดังนี้

2.2.1. ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skill) มี 8 ทักษะ คือ

- 1) ทักษะการสังเกต (Observing)
- 2) ทักษะการวัด (Measuring)
- 3) ทักษะการคำนวณ (Using Numbers)
- 4) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)
- 5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

(Space / Space Relationship and Space / Time Relationship)

- 6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

(Organizing Data and communication)

- 7) ทักษะการลงเห็นจากข้อมูล (Inferring)
- 8) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

2.2.2 ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Intregated Science Process Skills) มี 5 ทักษะ

- 1) ทักษะการตั้งสมมุติฐาน (Formulating Science Process Skills)
- 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operational)
- 3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling

variables)

- 4) ทักษะการทดลอง (Experimenting)
- 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (intertpreting Data and

conclusion)

จากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น มี 13 ทักษะ สามารถ
เสนอรายละเอียดได้ ดังนี้

สมจิต สวธน์ไพบูลย์ (2535:64–73) ; วรรณทิพา รอดแรงคำ ; จิต นวนแก้ว
(2532 : 5–8) และ ภาพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 15– 17)

1) ทักษะการสังเกต หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัส อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ
หลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อ
ค้นหาข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตแบ่งเป็น 3 อย่าง คือข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและ
สมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1.1) ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใด
อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.2) การบรรยายสมบัติเชิงประมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ

1.3) การบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2) ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึงการเลือกใช้เครื่องมือและการใช้
เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมถูกต้อง โดย
มีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

2.1) เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด

2.2) บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3) บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

2.4) ทำการวัด ความยาว ความกว้าง ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก
และอื่นๆ ได้ถูกต้อง ระบุหน่วยของตัวเลข ที่ได้จากการวัดได้

3) ทักษะการคำนวณ (Using Numbers) หมายถึงการนับจำนวนของวัตถุ และ
การนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หรือ หาค่าเฉลี่ย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

3.1) การนับ ได้แก่

3.1.1) นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

3.1.2) ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

3.1.3) ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

3.2) การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่

3.2.1) บอกวิธีคำนวณได้

3.2.2) ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

3.2.3) แสดงวิธีการคิดคำนวณได้

3.3) การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

3.3.1) บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย

3.3.2) หาค่าเฉลี่ย

3.3.3) แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4) ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึงการแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

4.1) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4.2) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกต่างๆ จากเกณฑ์ของตนเองได้

4.3) บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือ ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลาความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

5.1) ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้

5.2) วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้

5.3) บอกชื่อของรูป และรูปทรงทางเรขาคณิตได้

5.4) บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ เช่น ระบูปรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูปของรูป 2 มิติ ได้แก่

5.4.1) เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ)

5.4.2) เมื่อเห็นเงา (3มิติ) สามารถบอกเงา (2มิติ) ที่จะเกิดขึ้น

5.4.3) บอกรูปของรอยตัด (2มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3มิติ) ออกเป็น

2 ส่วน

5.5) บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

5.6) บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีวัตถุหนึ่ง

5.7) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพประกอบปรากฏในกระจกเงาว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

5.8) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

5.9) การเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟและสมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

6.1) เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลให้เหมาะสม

6.2) บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการนำเสนอข้อมูลได้

6.3) ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้

6.4) เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5) บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กระจัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6) บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสภาพที่ตนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์มาช่วย

8) ทักษะการพยากรณ์ การพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หลักการ กฎ ทฤษฎี ที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป

การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟทำได้ 2 แบบ คือการพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

8.1) การทำนายทั่วไป เช่น ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็น หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2) การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น

8.2.1) ทำนายผลที่เกิดขึ้นในภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

8.2.2) ทำนายผลที่เกิดขึ้นในภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน การตั้งสมมติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้จะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม

10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายหรือขอบเขตของคำต่างๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้น หรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตาม ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่สามารถควบคุมให้เหมือนกัน

12) ทักษะการทดลอง การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด

12.1.1) วิธีการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร

12.1.2) อุปกรณ์ หรือ สารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

12.2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

12.3) การบันทึกการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่นๆ

12.4) การออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

12.5) การปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

12.6) บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมาย หรือบรรยายคุณลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายในบางครั้ง อาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

13.1) แปลความหมาย หรือ บรรยายลักษณะ และ สมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (การตีความหมายข้อมูลที่ต้องอาศัยทักษะการคำนวณ)

13.2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

สรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท และ ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมุติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 8 ทักษะโดยวัดทักษะขั้นพื้นฐาน 3 ทักษะ และวัดทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ผู้วิจัยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 8 ทักษะ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศผู้วิจัยศึกษามีดังนี้

3.3.1. งานวิจัยในประเทศ

ชูชาติ แพน้อย (2533: บทคัดย่อ) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซิมพิทยาคม จำนวน 40 คน โดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ดำเนิน ยาท่วม (2537: บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยการสอนแบบแก้ปัญหา ที่ใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโก้กับการสอนตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่า นักเรียนได้รับการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโก้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

เปรมวดี รักขวลี (2539: บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และค่านิยมทางเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เขมิกาญจน์ ทองมา (2540 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวการสอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิโรจน์ เฉลยสุข (2541: บทคัดย่อ) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการชีววิทยาและวิธีสอนปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

3.3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

วิดเดน (Widdon.1973 : 35-83 A) ศึกษาผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 26 คนและนักเรียนจำนวน 555 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรเดิม โดยครูไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุมและครูที่ได้รับการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

สตรอวิทซ์ และมาโลน (Strawitz;& Malone.1987 : 53 – 60) ศึกษาความคงทนของความต้องการและความตั้งใจในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักศึกษาหญิง จำนวน 32 คน ในมหาวิทยาลัยลาร์เจาเอเนอร์ ที่ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงจากการสอน 2 วิธี คือการสอนแบบบรรยายโดยไม่แนะนำการปฏิบัติทักษะกับการสอนให้นักศึกษาเรียนด้วยตนเองโดยมีแบบฝึกปฏิบัติและทดสอบการปฏิบัติด้วยตนเอง พบว่าการเรียนด้วยตนเอง นักศึกษาที่เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสูงกว่าการเรียนจากครูโดยตรง ส่วนในด้านความคงทนของความตั้งใจนั้นพบว่าวิธีสอนทั้งสองวิธีให้ผลเหมือนกัน

นอร์แมน (Norman.1992 : 715 – 727) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างแบบจำลองที่เป็นระบบ (Systematic modeling) กับวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบจำลองที่เป็นระบบมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

จากการประมวลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถฝึกฝน พัฒนาและส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ได้ลงมือปฏิบัติ สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จะช่วยนักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

4. ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523 :1) ได้ให้ความหมายการสอนวิทยาศาสตร์แบบทักษะปฏิบัติการว่า ความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์

ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มีความละเอียดรอบคอบ และคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

4.2 การประเมินผลทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 89 – 91) ได้กล่าวถึงการประเมินผลทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1) การสังเกตและบันทึก การสังเกต หมายถึง การติดตามดูการกระทำอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้ข้อมูลการกระทำต่างๆ การสังเกตที่ดีต้องมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์ และมีการบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน การบันทึกผลการสังเกต อาจกระทำได้หลายวิธี ดังนี้

1.1) การบันทึกย่อ (Anecdotal Records) การบันทึกย่อเป็นการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียน ที่ผู้สอนเห็นว่ามีความสำคัญควรแก่การบันทึก ไม่มีการกำหนดแบบฟอร์มที่ตายตัว ผู้บันทึกสามารถคิดแบบฟอร์มขึ้นใช้เองได้ตามความเหมาะสม

1.2) การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scales) การจัดอันดับคุณภาพ เป็นการบันทึกข้อมูล ส่วนที่เป็นพฤติกรรม และส่วนที่เป็นมาตราส่วนบอกระดับของการกระทำ (Scale) การบันทึกแบบนี้อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดอันดับแบบตัวเลขแบบกราฟและแบบบรรยาย เป็นต้น

1.3) แบบตรวจสอบ (Checklist) แบบตรวจสอบเป็นแบบบันทึกการสังเกตที่ประกอบด้วยส่วนของรายการของพฤติกรรมและส่วนที่ให้ผู้สังเกตบันทึกผล แบบบันทึกในลักษณะดังกล่าว เหมาะสำหรับการพิจารณาว่าการกระทำหรือพฤติกรรมต่างๆของผู้เรียนเกิดขึ้นตามรายการที่กำหนดไว้หรือไม่ แต่ไม่ได้บอกถึงคุณภาพหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น เช่น ในส่วนพฤติกรรม การทำการทดลอง หากใช้โครงสร้างตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนะนำไว้ ก็ควรครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการจัดทำรายงาน

2) รายงานการทดลอง รายงานการทดลอง คือ เอกสารที่ผู้เรียนเรียบเรียงขึ้นโดยประมวลข้อมูลจากการทำการทดลองและจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ค้นคว้าในการเขียนรายงานการทดลอง นิยมเขียนโดยกล่าวถึงข้อมูลที่จำเป็นตามหัวข้อที่กำหนดซึ่งผู้เรียนอาจทำรายงานการทดลองเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ได้ทั้งนี้ตามที่คุณสอนกำหนดโดยทั่วไปสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาานิยมให้จัดทำรายงานเป็นกลุ่ม ส่วนในระดับอุดมศึกษานิยมให้จัดทำเป็นรายบุคคล

เนื่องจากโดยธรรมชาติของการรายงานการทดลอง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องกระทำควบคู่กับการปฏิบัติการทดลอง และผู้เรียนจะเสนอรายงานต่อผู้สอนตามลำดับของบทปฏิบัติการเพื่อเป็นการเอื้ออำนวยให้ผู้สอนได้ใช้ประโยชน์จากการตรวจรายงาน เพื่อการประเมินผลแบบปรับปรุง (Formative Evaluation) ได้อย่างเต็มที่

3) การทดสอบการทดสอบเป็นวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติ หรือทักษะการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ การทดสอบมีอยู่หลายแบบแต่ที่นิยมใช้ในการวัดทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test) และการทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil Test) การทดสอบทั้ง 2 แบบนี้มีรายละเอียดที่ควรทราบในการนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

3.1) การทดสอบภาคปฏิบัติ เป็นการทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กระทำได้จริง เพื่อให้ผู้สอนได้พิจารณาความสามารถในเรื่องต่างๆ ที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แต่เนื่องจากการสอบภาคปฏิบัติเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลามาก จึงนิยมทดสอบพฤติกรรมที่สำคัญจริง ๆ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาขึ้นแล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติหรือแก้ปัญหา นั้น อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบภาคปฏิบัติหากเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับความรอบคอบ เพื่อป้องกันจากอุบัติเหตุต่างๆ เช่น อุบัติเหตุจากไฟไหม้ อุบัติเหตุจากสารเคมี อุบัติเหตุจากไฟฟ้า ลัดวงจร ฯลฯ นำมาใช้เป็นประเด็นการสอบภาคปฏิบัติด้วย

3.2) การทดสอบข้อเขียน การทดสอบข้อเขียนสำหรับพฤติกรรม ทักษะปฏิบัติ มีลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย กล่าวคือ คือ ผู้สร้างแบบทดสอบอาจเลือกใช้รูปแบบใดก็ได้ตามความเหมาะสม เช่น อาจใช้การทดสอบแบบความเรียง(อัตนัย) โดยให้ผู้เรียนเขียนอธิบายขั้นตอนในการทดลองหรือขั้นตอนในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ รวมทั้งข้อควรระวังในกรณีต่างๆ เป็นต้น หรืออาจใช้การทดสอบแบบปรนัยชนิดต่างๆ ก็ได้ ทั้งนี้มีข้อสังเกตที่ว่า การทดสอบข้อเขียนเหมาะสำหรับใช้กับผู้เข้าสอบจำนวนมากที่เข้าสอบในคราวเดียวกัน ที่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถวัดพฤติกรรมเชิง "การกระทำ" ที่แท้จริงได้

สรุปได้ว่า การประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถประเมินได้โดยการสังเกต การบันทึก รายงานผลการทดลอง และการทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากสภาพจริงอิงเกณฑ์รูบริก (Rubrics) เป็นแบบประมาณค่า 4 อันดับ ประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

- 1) การวางแผนการทดลอง
- 2) การปฏิบัติการทดลอง
 - 2.1) เทคนิคการทดลอง
 - 2.2) ความคล่องแคล่วในการทดลอง
 - 2.3) ความสะอาดความเป็นระเบียบ

3) การจัดทำรายงานการทดลอง ซึ่งแบบประเมินนี้ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะปฏิบัติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 72-73)

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.3.1 งานวิจัยภายในประเทศ

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทวิช แจ่มจำรัส (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน พบว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 อยู่ในระดับดีมาก

อัมพร กรุดวงษ์ (2548: บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน พบว่านักเรียนผลการเรียนรู้ทางด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก

4.3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

โดแรน และไดทริก (ทวิช แจ่มจำรัส. 2545 : 50 ; อ้างอิงจาก Doran;& Ditrach. 1974 : 45-51) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านทักษะปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษาในนิวยอร์กจำนวน 199 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 147 คน แล้วแบ่งกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม คือ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลก กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ 52 คน พบว่า ความสามารถทางทักษะปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลก มีความสามารถทางทักษะปฏิบัติแตกต่างกัน

บีสเลย์และเฮิบकिन (Beasley;& Heibkinen. 1983:88-89) ศึกษาการใช้เทคนิคฝึกการคิดพิจารณาบทพจน์ด้วยตนเอง เพื่อฝึกทักษะการทดลองของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี ในการใช้เครื่องมือทดลอง ตาชั่ง ปิเปตต์ และการใช้ขวดปริมาตร แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มลงมือปฏิบัติ กลุ่มใช้ความคิดพิจารณาบทพจน์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กลุ่มลงมือปฏิบัติและใช้ความคิดพิจารณาบทพจน์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและกลุ่มควบคุม พบว่านักศึกษายังขาดเทคนิคการใช้ขวดหาปริมาตร

การวางแผนการฝึกปฏิบัติจะปรับปรุงการปฏิบัติการทดลองได้ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้อธิบายมือปฏิบัติและการใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

5. แนวความคิดเกี่ยวกับความตระหนัก

5.1 แนวคิดเกี่ยวกับความตระหนัก (Awareness) มีผู้ให้ความหมายของความตระหนักไว้หลายความหมาย ดังนี้

กู๊ด (Good. 1973 : 543) ให้ความหมายว่า ความตระหนักคือ พฤติกรรมที่แสดงถึงการเกิดความรู้สึกของบุคคล หรือการที่บุคคลแสดงความรับผิดชอบต่อปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

โวลแมน (Wolman. 1973 : 38) ให้ความหมายว่า ความตระหนักเป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจ หรือสำนึกถึงบางสิ่งบางอย่างของเหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือวัตถุสิ่งของได้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523 : 133) กล่าวถึง ความตระหนัก ว่าเป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุดทางด้านความรู้ แต่ความตระหนักไม่เกี่ยวกับความจำหรือการระลึกได้ ความตระหนักหมายถึงความสามารถในการนึกคิดและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในสภาวะของจิตใจ

รูเนส (Runes, Dagobert D. 1971 : 32) กล่าวว่า ความตระหนัก เป็นการกระทำที่เกิดจากความสำนึก

บลูม (Bloom.B.S.; and others. 1971 : 273) กล่าวว่า ความตระหนัก เป็นขั้นต่ำสุดของอารมณ์และความรู้สึก ความตระหนักเกือบคล้ายความรู้ตรงที่ทั้งความรู้และความตระหนักต่างก็ไม่เน้นลักษณะของสิ่งเร้า ความตระหนักต่างจากความรู้ตรงที่ ความตระหนักไม่ต้องเน้นปรากฏการณ์หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความตระหนักจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีสิ่งมาเร้ามากระทบกับบุคคล

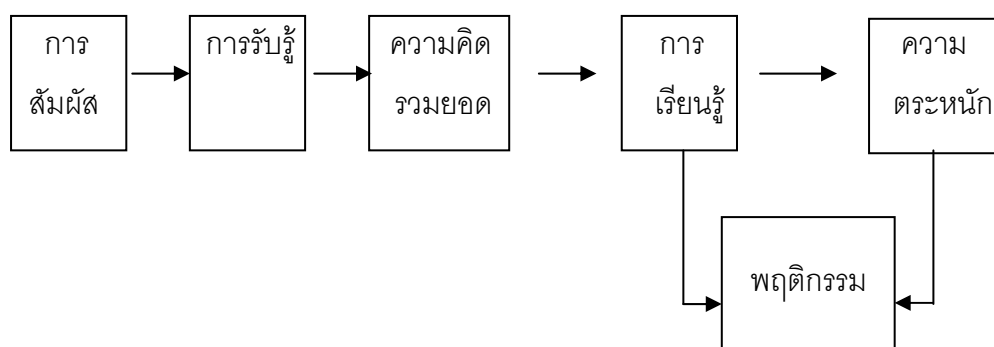
สรุปได้ว่า ความตระหนัก หมายถึง สภาวะทางจิตใจที่เกี่ยวกับความสำนึกของบุคคลที่มี การรับรู้ความรู้สึกหรือเคยมีความคิด ความปรารถนา ความรับรู้เกิดขึ้น และเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าทำให้เกิดความตระหนักขึ้นมาได้ ความตระหนักจึงเป็นเรื่องของ การตื่นตัวทางจิตใจต่อเหตุการณ์หรือสถานการณ์นั้น หมายความว่า ระยะเวลาหรือประสบการณ์และสภาพแวดล้อม จะทำให้เกิดการรับรู้ (Perceptions) ขึ้น และนำไปสู่การเกิดความคิดรวบยอดการเรียนรู้และความตระหนักตามลำดับ

5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก

สถิต (นามแฝง) (ประพล มลิทธิจินดา. 2542 :19-20 ; อ้างอิงจากสถิต (นามแฝง). 2525 : 73-105) กล่าวถึง ปัจจัย หรือ อิทธิพลต่อการรับรู้ ความตระหนัก แบ่งเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ คือลักษณะของสิ่งเร้าและลักษณะของบุคคลที่รับรู้ โดย คุณสมบัติของสิ่งเร้าเป็นปัจจัยภายนอกที่ทำให้บุคคลเกิดความสนใจที่จะรับรู้และนำไปสู่ความตระหนักต่อไป ส่วนลักษณะของ

บุคคลที่รับรู้ หมายถึง การที่บุคคลจะเกิดความตระหนักต่อปรากฏการณ์ใด ขึ้นกับปัจจัย 2 ด้าน คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ได้แก่ สมรรถภาพของอวัยวะรับสัมผัสและปัจจัยทางด้านจิตวิทยา อันได้แก่ ความรู้เดิม การสังเกตพิจารณา ความสนใจ ความตั้งใจ และความพร้อมที่จะรับรู้ การเห็นคุณค่า ฯลฯ ปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลทำให้บุคคลเกิดความตระหนักแตกต่างกัน จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สามารถอธิบายถึงขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้

ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักดังกล่าวแสดงแผนภูมิได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนัก

ที่มา : Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. P.54.

5.3 การวัดความตระหนัก

ความตระหนัก เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการรู้สึกนึกว่า มีสิ่งนั้นอยู่ จำแนกและรับรู้ (Recognitive) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ละเอียดอ่อนเกี่ยวกับด้านความรู้สึกและอารมณ์ ดังนั้นการที่จะนำการวัด และการประเมินผลมาใช้ จึงต้องมีหลักการและวิธีการตลอดจนเทคนิคเฉพาะ จึงจะวัดความรู้และอารมณ์ดังกล่าวออกมาให้เที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ เครื่องมือที่ใช้วัดความรู้สึกและอารมณ์นั้นมีหลายประเภทด้วยกัน สมบุญ ศิลปรุ่งธรรม (2540 : 22) ได้นำมากล่าวถึงโดยสังเขป ดังนี้คือ

1) วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) อาจเป็นการสัมภาษณ์ชนิดที่มีโครงสร้างแน่นอน (Structured Item) โดยสร้างคำถามและมีคำตอบให้เลือกเหมือน ๆ กันแบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และคำถามจะต้องตั้งไว้ก่อนมีการเรียงลำดับก่อนหลังไว้อย่างดี หรืออาจเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Item) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่มีไว้แต่หัวข้อใหญ่ ๆ ให้ผู้ตอบมีเสรีภาพในการตอบมาก ๆ และคำถามก็เป็นไปตามโอกาสอันฉวยในขณะที่สนทนากัน

2) แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามอาจเป็นชนิดเปิดหรือปิด หรือแบบผสมระหว่างเปิดกับปิดก็ได้

3) แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นเครื่องมือวัดชนิดที่ให้ตรวจสอบว่า เห็นด้วย – ไม่เห็นด้วย หรือมี – ไม่มี สิ่งที่กำหนดตามรายการอาจอยู่ในรูปของการทำเครื่องหมายตอบ หรือเลือกว่า ใช่ – ไม่ใช่ ก็ได้

4) การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) เครื่องมือชนิดนี้เหมาะสำหรับวัดอารมณ์และความรู้สึกที่ต้องการทราบความเข้ม (Intensity) ว่ามีมากน้อยเพียงไรในเรื่องนั้น

5) การใช้ความหมายภาษา (Semantic Differential Technique : S. D.) เป็นเทคนิคการจัดโดยใช้ความหมายของภาษาตามวิธีของ ชาลส์ ออสกู๊ด เป็นเครื่องมือที่วัดได้ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ได้มากชนิดหนึ่ง เครื่องมือวัดชนิดนี้ประกอบด้วย เรื่องซึ่งถือเป็น “สิ่งกบ” และจะมีคุณศัพท์ที่ตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ ประกอบสักรับนั้นหลาย ๆ คู่ แต่ละคู่จะมี 2 ขั้วช่องว่างระหว่าง 2 ขั้วนี้ ขึ้นด้วยตัวเลข ถ้าใกล้ข้างใดมากก็จะมีลักษณะตามคุณศัพท์ของขั้วนั้นมาก คุณศัพท์ที่ประกอบเป็นขั้ว 2 ขั้วนี้ แยกออกเป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ พวกที่เกี่ยวกับการประเมินค่า (Evaluation) พวกที่เกี่ยวกับศักยภาพ (Potential) และพวกที่เกี่ยวกับกิจกรรม (Activity)

โดยสรุปผู้วิจัยจะประเมินความความตระหนักของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมหลังจากเรียนโดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชไฮโดรพอนิกส์ โดยใช้แบบสอบถามวัดความความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องความตระหนักต่อผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

5.4.1 งานวิจัยในประเทศ

วินัย บำรุงกิจ (2535 :77-95) ศึกษาความรู้ความตระหนักต่อภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนพลตำรวจ โรงเรียนตำรวจนครบาล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความตระหนักต่อภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในระดับสูงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90 กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุแตกต่างกันมีความตระหนักต่อภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรุณรัตน์ เสถียรทิพย์ (2538 : บทคัดย่อ) ศึกษาปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชผักของเกษตรกร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ศึกษาสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรในอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ความรู้ในการจำแนก แมลงศัตรูพืช วิธีการใช้สารเคมี ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชผัก ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการป้องกันกำจัด

แมลงศัตรูพืช รวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง 165 คน และได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่า ร้อยละ ค่ามัชฌิมเลขคณิต และค่าไคสแควร์ (chi-square) ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรไม่สนใจสิ่งป้องกันตัวในขณะฉีดพ่นสารเคมี การทดสอบสมมติฐานพบว่า เกษตรกรมีความรู้ในการจำแนกแมลงศัตรูพืช ประสบการณ์ในการใช้สารเคมี และความรู้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชแตกต่างกัน มีวิธีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิวพร สิงห์สุข (2542 : บทคัดย่อ) ศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครประเภทผักกางมุ้ง รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่แจกให้กับผู้นิยมบริโภคผักปลอดสารพิษ ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คนจากห้างสรรพสินค้าจำนวน 4 แห่ง พบว่า กลุ่มผู้บริโภคเพศหญิงจะให้ความสนใจในการบริโภคผักปลอดสารพิษมากกว่า เพศชาย และผู้สมรสแล้วสนใจบริโภคผักปลอดสารพิษมากกว่าผู้เป็นโสด รายได้ของผู้บริโภคมีผลมากต่อการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษ

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าบุคคลทั่วไปและเกษตรกรมีความรู้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และมีความตระหนักต่อปัญหาการตกค้างของสารเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากทุกฝ่ายมีความตระหนักต่อผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม จะมีผลต่อความร่วมมือในการที่จะป้องกันและแก้ปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

6. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)

6.1 ความหมายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช คือ วัตถุพิษที่นำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช สัตว์ และมนุษย์ทั้งในการเกษตร อุตสาหกรรมและสาธารณสุข ที่ใช้กันมากคือสารเคมีสำหรับฆ่าแมลง ซึ่งสามารถแบ่งตามสารประกอบเคมีได้เป็น 3 ประเภท คือ สารคลอโรไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbons) สารออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) และสารคาร์บาเมต (Carbamates) สิริวัฒน์ (สุรพล มนัสเสรี. 2530: 109 –110; อ้างอิงจาก สิริวัฒน์ : 2526)

1) สารคลอโรไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbons) หรือเรียกอีกอย่างว่า สารออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดแมลงและไรแดงหรือแมลงมุมแดงได้ดี สารพวกนี้ได้แก่ ดีดีที (DDT) เคลเทน (Kelthane) คลอดาน (chlordan) ลินดาน (Lindane) อัลดริน (Aldrin) ไดเอลดริน (Dieldrin) เอ็นดริน (endrin) เมทโทซีคลอ (Methoxychlor) สารพวกนี้เป็นสารฆ่าแมลงประเภทกินตาย และถูกตัวตายมีความเป็นพิษต่อระบบ

ประสาทของแมลง โดยที่โครงสร้างโมเลกุลของยาฆ่าแมลงจะไปอุดรูของผิวหนังบนอกของ
เส้นประสาท ทำให้ระบบไฟฟ้าของเส้นประสาทหยุดชะงัก ทำให้เกิดการกระตุกของกล้ามเนื้อ
หมดความรู้สึก ไม่ทำตามคำสั่งของระบบประสาทอีกต่อไป แมลงจะสลบและตายในที่สุด
สารประเภทนี้ใช้กำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวางและมีความคงทนอยู่ในธรรมชาติได้นาน ไม่สลายตัว
ได้ง่าย มีพิษสะสมอยู่ในอาหารจึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น ดีดีที เป็นสารที่บางประเทศห้ามใช้แล้ว

2) สารออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) สารประเภทนี้มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูงมาก
มักจะมีเครื่องหมายแสดง เช่น การใช้สัญลักษณ์ติดไว้ที่ฉลากหวักระโหลกไขว้ ตัวอย่างสารฆ่าแมลง
ประเภทนี้ เช่น พาราไธออน (parathion) หรือ โฟลิดอล (Folidol) ซุมิไธออน (Sumithion)
กูซาไธออน (Gusathion) เมลาไธออน (Melathion) เมวิฟอส (Meviphos) ไดซิสตอน
(Disyston) ไดอะซินอน (Diazinon) บางชนิดเป็นสารประเภทดูดซึม เมื่อเราให้สารเคมีกับต้นพืช
แล้วสารเคมีจะดูดซึมไปตามส่วนต่างๆ ของต้นพืช และจะเป็นพิษกับแมลงเฉพาะประเภทที่กัดกิน
น้ำเลี้ยงจากพืชสารพวกนี้ได้แก่ อะโซดริน (Azodrin) หรือ โมโนโครโตฟอส (Monocrotophos)
เป็นต้น สารดูดซึมนี้ใช้ได้กับแมลงที่กัดกินทำลายภายในลำต้น เช่น พวกหนอนเจาะภายในลำต้น
เช่น พวกหนอนเจาะลำต้น ถ้าใช้กับผักควรทิ้งระยะอย่างน้อย 7 วันหลังจากฉีดจึงเก็บเกี่ยวผักไป
บริโภค

3) สารพวกคาร์บาเมต (Cabamates) เป็นสารที่ค่อนข้างใหม่กว่า 2 ชนิดแรกและมี
อันตรายน้อยต่อสัตว์เลือดอุ่น ยกเว้นยาเทมิก สลายตัวได้รวดเร็ว ไม่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม แต่มี
ราคาค่อนข้างแพง สารพวกนี้ที่ใช้มากได้แก่ คาร์บาริล (Carbaryl) หรือ ซีวิน (Sevin) ออติคาร์บ
(Aldicarb) หรือเทมิก (Temik) คาร์โบฟูแรน (Carbofuran) หรือ
ฟูราดาน (Furadan) เมทโธมิล (Methomyl) หรือ แลนเนต (Lannate)

สารออร์กาโนฟอสเฟต และ สารพวกคาร์บาเมต เป็นสารพิษประเภทกินตายและถูกตัว
ตาย มีพิษต่อระบบประสาทจะแสดงอาการในอวัยวะต่างๆ ที่อยู่เหนือการควบคุมของจิตใจ เช่น
หัวใจเต้นช้าลง ม่านตาหรี่ลง เหงื่อออก ส่วนใหญ่จะเป็นพิษต่อระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตอาการ
ที่เกิดอาจเป็นชนิดรุนแรงหรือชนิดเรื้อรังก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
การได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทางปาก (อาหาร) ผิวหนังหรือทางการหายใจ ปริมาณสารตกค้างที่
สะสมอยู่ในร่างกาย สารเคมีนี้จะออกฤทธิ์ที่ระบบประสาทส่วนใด อันตรายเหล่านี้จะเกิดช้า ๆ และ
ไม่ปรากฏให้เห็นได้ชัดเจน การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อประโยชน์ในงานประเภทใดก็ตาม
ควรคำนึงถึงอันตรายที่จะเกิดกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในระยะยาว โดยเปรียบเทียบประโยชน์
และอันตราย ที่จะได้รับภายหลังการใช้ให้เสียก่อน เพราะสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดสลายตัว
ได้หมดภายหลังการใช้ แต่บางชนิดจะสลายตัวได้ยากหรือเกือบจะไม่สลายเลย คงเหลือสาร

ตกค้างอยู่ในอาหารและสิ่งแวดล้อม เท่าที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ผลิตขึ้นจากสารเคมีและสลายตัวได้ยาก จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงพิษอันตรายที่จะเกิดขึ้นให้ดีและรู้จักหลีกเลี่ยงอันตรายเหล่านั้น โดยปฏิบัติตามคำแนะนำวิธีใช้ที่มีฉลากโดยเคร่งครัด การควบคุมใช้สารเคมี

กำจัดศัตรูพืชอย่างรัดกุม จะช่วยให้ได้รับประโยชน์เต็มที่เท่าที่ใช้กันแพร่หลายได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticides) กำจัดเชื้อรา (Fungicides) กำจัดวัชพืช (Herbicides) และกำจัดหนู (Rodenticides)

6.2 อันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

การใช้สารเคมีไม่ว่าอะไรก็ตาม ถ้าไม่ระมัดระวังอาจเกิดอันตรายขึ้นได้ วิธีการใช้สารเคมีที่ถูกต้องปลอดภัยควรปฏิบัติดังนี้

- 1) อ่านฉลากให้เข้าใจก่อนนำไปใช้
- 2) การเคลื่อนย้าย เก็บรักษา และใช้ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำในฉลากหรือคู่มือ

การป้องกัน พิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Poisoning)

3) การป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

การป้องกันไว้ก่อนย่อมดีกว่าต้องมาแก้ไขเมื่อภายหลังระหว่างใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ถ้าหากน้ำยาถูกต้องผิวหนังอาจเกิดระคายหรืออันตรายเฉพาะที่ แต่ถ้าหากเข้าไปในร่างกายอาจแพร่กระจายอันตรายไปทั่วร่างกาย สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าไปในร่างกายได้ 3 ทางคือ แทรกซึมเข้าไปตามผิวหนัง ทางปาก และเข้าทางจมูก เพราะฉะนั้นจึงควรต้องระมัดระวัง 3 ทางนี้อย่าให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าไปในร่างกายได้

4) อาการจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

อาการต่อไปนี้แสดงว่าอาจเป็นอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะต้องรีบทำการรักษาโดยด่วนทันที

อาการทั่วไป	ร่างกายอ่อนเพลีย เหนื่อย ไม่มีแรง
อาการทางผิวหนัง	เป็นผื่นคัน ไหม้เกรียม มีเหงื่อออกมาก เป็นรอยจ้ำๆ
ดวงตา	ตาเคือง บวม มีน้ำตา มองเห็นพร่าไม่ชัดเหมือนปกติ ม่านตาหดตัวหรือขยายผิดปกติ
ระบบการย่อย	ปากและลำคอมีอาการบวมแดงอักเสบ น้ำลายไหล คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องร่วง

ระบบประสาท	ปวดหรือเวียนศีรษะ มึนงง หงุดหงิด กล้ามเนื้อกระตุก เดินโซซัดโซเซ พูดจา เลอะเลือน เกร็ง หรือชัก หมดสติ
ระบบหายใจ	มีอาการไอ เจ็บในทรวงอก หายใจลำบาก หอบ

5) ผลการสำรวจการตกค้างของสารเคมี ระหว่างปี 2542-2543 ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผักสด ร้อยละ 33.1

ศิริวัฒน์ ทิพย์ธราดล (2546: 260)เปิดเผยว่า มีงานวิจัยการเก็บข้อมูลผู้ป่วยที่มีสาเหตุจากสารพิษทางการเกษตร ที่เข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลชุมชนและโรงพยาบาลประจำจังหวัด 5 แห่งในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2543-เมษายน พ.ศ.2544 พบว่าจากตัวอย่าง 1,416 ราย มีผู้ได้รับสารพิษจากการประกอบอาชีพซึ่งเป็นการใช้อย่างไม่ถูกต้อง 413 รายหรือ ร้อยละ 30 สารพิษที่พบมากที่สุด คือสารจำพวกออร์กาโนฟอสเฟต

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมี

6.3.1 งานวิจัยในประเทศ

วิศิษฐ์ วัชรเทวินทร์กุล (2523. : 7-8) ศึกษาเกษตรกรชาวสวนผักจำนวน 186 ราย ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่าเกษตรกรแต่ละครอบครัวใช้วัตถุมีพิษมากกว่า 1 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นประเภทออกแกโนฟอสฟอรัสคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 100 และประเภทไพรีทรอยด์ร้อยละ 79.6 และใช้ประเภทคลอรีนเตตไฮโดรคาร์บอน ร้อยละ 11.3 ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาวัตถุมีพิษตกค้างในผักได้มากขึ้นนอกนั้นเกือบทั้งหมดใช้วัตถุมีพิษตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกันร้อยละ 96.5 โดยเข้าใจว่าการเพิ่มความเข้มข้นและนำชนิดอื่นมาผสมจะกำจัดแมลงได้ดีขึ้น ซึ่งที่จริงเป็นการสิ้นเปลืองและยังก่อให้เกิดปัญหาแมลงดื้อยาและปัญหาสารพิษตกค้างในผักได้มากขึ้น

เลอศักดิ์ จตุรภูธร (2527 : 7-8) สํารวจพบว่าเกษตรกรในท้องที่อำเภอดำเนินสะดวก และอำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรีมีการใช้ยาฆ่าแมลงประเภทออกแกโนฟอสเฟต เช่น เมทิลิดาธาไรโออลและฟอสตริล ซึ่งมีระยะการสลายตัว 3-7 วัน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วง 2-3 วัน โดยพิษของยาฆ่าแมลงยังมีอยู่ส่งผล ต่อร่างกายมนุษย์มีการสะสมยาฆ่าแมลงในระบบต่าง ๆ ขณะเดียวกันประเทศไทยมีการตรวจวิเคราะห์ผลผลิตการเกษตรที่จำหน่ายในตลาดว่ามียาฆ่าแมลงในระดับที่เป็นอันตรายน้อยมาก มีผลทำให้เกษตรกรยังคงใช้ยาฆ่าแมลงกันอย่างอิสระ

สรุปได้ว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นวัตถุมีพิษ ที่ใช้เพื่อการกำจัดศัตรูพืช แต่จะมีผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่ถูกวิธี เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดการสะสมสารเคมีเป็นพิษในร่างกายเกษตรกรและผู้บริโภค ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 518 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 30 คน เลือกมาจากประชากรดังกล่าวโดยใช้วิธีสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือขึ้นที่ 1

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและทำการทดลองภายในโรงเรียนเพื่อศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

1.1 เลือกพืชที่ใช้ในการศึกษา ที่มีลักษณะลำต้นใสสามารถมองเห็นภายในลำต้นได้ชัดเจน เช่น ต้นขึ้นฉ่าย ผักกระฉ่าง ต้นเทียน เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกต้นขึ้นฉ่ายมาใช้ในการศึกษา

1.2 นำต้นขึ้นฉ่ายไปแช่น้ำธรรมดา และแช่สารละลายน้ำหมักแดงหรือสารละลายสีผสมอาหารสีแดงอย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนนำมาตัดตามยาวของลำต้น มีลักษณะเป็นท่อนและตัดตามขวางของลำต้นมีลักษณะเป็นแฉก สังเกตสีที่พบภายในลำต้นขึ้นฉ่ายที่แช่สารละลายน้ำหมักแดงและน้ำธรรมดา ส่วนที่ตัดตามยาวจะพบเส้นสีแดงยาว ส่วนตัดตามขวางพบจุดสีแดงในแนวรัศมีของลำต้นพบในต้นขึ้นฉ่ายที่แช่สารละลายน้ำหมักแดง

- 1.3 ตัดลำต้นขึ้นฉ่ายแช่น้ำธรรมดา และแช่สารละลายน้ำหมักแดงหรือสารละลาย

สีผสมอาหารสีแดงเพื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบสีแดงในลำต้นขึ้นง่ายที่เซลล์ละลายน้ำหมักแดงหรือสารละลายสีผสมอาหารสีแดง ในกลุ่มเซลล์บางกลุ่มที่อยู่ในแนวรัศมีของลำต้นขึ้นง่าย แสดงว่า ส่วนที่ติดสีแดงเป็นส่วนที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ หรือพืชมีอวัยวะเฉพาะ ที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ซึ่งเรียกว่า เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem)

2. การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

2.1 เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

1) สารละลาย A เติมแคลเซียมไนเตรด 1,000 กรัมและเหล็ก EDTA 50 กรัม ลงในถังขนาด 5 ลิตร เติมน้ำให้ได้ปริมาณ 5 ลิตร เขย่าให้สารละลาย

2) สารละลาย B เติมโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต 100 กรัม โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 50 กรัม โพแทสเซียมไนเตรด 800 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 500 กรัม แมงกานีส EDTA 10 กรัม และ

นิคสเปร์ยจำนวน 30 กรัม ลงในถังขนาด 5 ลิตร เติมน้ำให้ได้ปริมาณ 5 ลิตร เขย่าให้สารละลาย

2.2 ผู้วิจัยเลือกปลูกผักกวางตุ้ง เพราะผักกวางตุ้งมีวงชีวิตสั้นและเมล็ดพันธุ์มีราคาถูก มีอัตราการงอกสูง การเพาะเมล็ดกวางตุ้ง เพาะในถ้วยปลูกที่มีวัสดุปลูกคือเพอร์ไลต์และเวอร์มิคิวไรต์ ตั้งแช่ในถาดน้ำที่มีระบบน้ำหมุนเวียนผ่านกันถ้วยปลูกตลอดเวลา และฉีดพ่นน้ำด้านบนทุกวัน ศึกษาอัตราการงอกของเมล็ด ค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น จำนวนใบเฉลี่ย ลักษณะใบและลำต้น ผลการศึกษาพบว่าเมล็ดกวางตุ้งใช้เวลาในการงอก 1-3 วัน มีอัตราการงอกร้อยละ 91 แยกใบ 2 ใบ อายุประมาณ 5-7 วันกวางตุ้งจะแตกใบที่ 3 และ 4 ให้เติมสารละลาย A และ B ในถังน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง ต้นกล้า 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรดไนตริก 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.3 ต้นกวางตุ้งมีอายุ 10-14 วันหรือมีรากยาวแตะพื้นรางที่น้ำไหลผ่านในโต๊ะปลูกไฮโดรพอนิกส์ ย้ายต้นกวางตุ้งจากถาดลงรางปลูก โต๊ะปลูกจะมีหลุมปลูกจำนวน 186 หลุม เติมน้ำในถังของโต๊ะปลูกที่มีระบบน้ำหมุนขึ้นโต๊ะปลูก ปริมาณ 175 ลิตร เติมสารละลายธาตุอาหารพืช A และ B ในถังน้ำวัดค่าการนำไฟฟ้าให้ได้ค่าในช่วง 2.4-2.8 mS/cm (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) และค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.5-6.2 ปรับค่าด้วยกรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 20 วัดในเวลา 18.00 น. ทุกวัน และบันทึกการเจริญเติบโตทุก 2 วัน ใช้เวลาในการปลูก 30-31 วัน ต้นกวางตุ้งมีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นเมื่ออายุ 19 วัน คือ 13.7 เซนติเมตร ตั้งแต่วันที่ 20 ขึ้นไปกวางตุ้งจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่ออายุประมาณ 31 วัน ก้านใบขนาดใหญ่ยาว ต้นสูงประมาณ 40-46 เซนติเมตรตาราง 2 ในภาคผนวก ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมกับการปลูกกวางตุ้งอยู่ในช่วง 2.4 – 2.8 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 5.5 – 6.2 ดังตารางตอนที่ 1 แสดงการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ในภาคผนวก ค

3. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.1 เพื่อศึกษาภาวะขาดธาตุอาหารของพืช การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช เตรียม 3 สูตร ดังตาราง 8 แสดงชนิดของปุ๋ยสูตรต่างๆ ในภาคผนวก

3.2 การเพาะเมล็ดถั่วแดง ในถั่วปลูกที่มีวัสดุปลูกคือเพอร์ไลต์และเวอร์มิคิวไรต์ ตั้งไว้ในภาคน้ำที่มีระบบน้ำหมุนเวียนผ่านกันด้วยปลูกตลอดเวลา และฉีดพ่นน้ำด้านบนทุกวัน อายุประมาณ 5-7 วันถั่วแดงจะแตกใบที่ 3 และ 4 ให้เติมสารละลาย A และ B ในถั่วน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงต้นกล้า 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรดไนตริก 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 ย้ายต้นกล้าที่มีอายุ 10-14 วัน ในหลุมปลูกโดยใช้โต๊ะปลูก 3 โต๊ะสำหรับปลูกต้นถั่วแดง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 สมบูรณ์ (ธาตุอาหารครบถ้วน) สูตรที่ 2 สูตรขาดธาตุเหล็ก และสูตรที่ 3 สูตรขาดธาตุแมกนีเซียม ด้วยการเติมสารละลายธาตุอาหารพืช A และ B ตามสูตรในตาราง 8 วัดค่าการนำไฟฟ้าให้ได้ค่าในช่วง 2.4-2.8 mS/cm และค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.5-6.2 ปรับค่าด้วยสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 ในสูตรที่ 1 และ 2 สำหรับสูตรที่ 3 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 20 เติมสารละลายธาตุอาหารพืช ปรับค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างทุกวัน ศึกษาลักษณะของต้นถั่วแดงในสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรสมบูรณ์และภาวะการขาดธาตุอาหารแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกในสูตรธาตุอาหารที่สมบูรณ์ศึกษาความยาวราก และน้ำหนักเฉลี่ยของต้นถั่วแดงในสูตรอาหารต่างกัน พบว่าต้นถั่วแดงในสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรสมบูรณ์จะเจริญเติบโตได้ดีทั้งรากและลำต้น ใบมีสีเขียวเข้ม ส่วนต้นถั่วแดงที่ขาดธาตุเหล็ก สีของใบจะปรากฏสีเหลืองเป็นจุด ๆ เริ่มจากขอบปลายใบกระจายเข้าสู่ตัวใบ และต้นถั่วแดงที่ขาดธาตุแมกนีเซียมจะเจริญเติบโตได้ช้ากว่าคือ ใบมีสีเหลืองเล็กน้อย มีลักษณะกลม บวมมากกว่าสูตรสมบูรณ์และขาดธาตุเหล็ก ต้นถั่วแดงที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรสมบูรณ์จะเจริญเติบโตได้ดีทั้งราก ลำต้นและสีของใบเป็นสีเขียวเข้ม รายละเอียดการเจริญเติบโตแสดงอยู่ในคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาคผนวก ค

4. ศึกษาเรื่องค่า pH และค่า EC ที่ต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร

4.1 เพาะกล้าต้นถั่วแดง ให้มีอายุ 10-14 วัน นำต้นขนาดเท่าๆ กันมาปลูกในชุดปลูกกล่องละ 6 ต้น จำนวน 5 กล่อง คือ

- 1) ชุดควบคุมค่าการนำไฟฟ้า 2.4-2.8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.2
- 2) ชุดค่าการนำไฟฟ้า 1.0 -2.0 mS/cm ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.2
- 3) ชุดค่าการนำไฟฟ้าสูง 3.5-4.5 mS/cm ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.2
- 4) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0 - 4.7 ค่าการนำไฟฟ้า 2.4-2.8 mS/cm
- 5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.5 - 8.2 ค่าการนำไฟฟ้า 2.4-2.8 mS/cm

4.2 ให้สารละลายธาตุอาหาร A และ B จากข้อ 2.1 ควบคุมค่าการนำไฟฟ้าด้วยการเพิ่มสารละลายธาตุอาหารพืช เมื่อมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำหรือเติมน้ำเพื่อลดค่าการนำไฟฟ้า ปรับค่าความ

เป็นกรด-ด่างด้วยสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 ถ้ามีค่าความเป็นกรดสูงเกินไปให้เติมน้ำ แล้วศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกวาดำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช รายละเอียดการเจริญเติบโตแสดงอยู่ในคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ภาคผนวก ค

5. วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลง

ในการบริโภคพืชผัก ผู้บริโภคจะไม่ทราบว่ามีการใช้สารเคมีตกค้างในพืชผักหรือไม่ ผู้วิจัยจึงนำวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีที ของกระทรวงสาธารณสุข มาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยนำตัวอย่างผักกวาดำและคะน้าที่ซื้อจากตลาดมาทดสอบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เปรียบเทียบกับผักที่ปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์ รายละเอียดอยู่ในคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

หน้า...

ผู้วิจัยนำผลการทดลองที่ได้ มาดำเนินการพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยสร้างบทปฏิบัติการเป็นเอกสาร 2 ชุด คือ

- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร/มาตรฐานการเรียนรู้สาระวิชาวิทยาศาสตร์ และเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามกรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

1.2 ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์และผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อจัดทำบทปฏิบัติการ

1.3 วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายและกิจกรรมของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่จะสร้างขึ้น

1.4 กำหนดจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการแต่ละบท

1.5 สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บท คือ

บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

บทปฏิบัติการที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทปฏิบัติการที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทปฏิบัติการที่ 4 กรณีศึกษา เรื่องค่า pH และค่า EC ที่ต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร

บทปฏิบัติการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีทีของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

1.6. กำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยใช้รูปแบบดังนี้

- ชื่อบทปฏิบัติการ
- คำชี้แจง
- ใบความรู้
- จุดประสงค์การทดลอง
- ระยะเวลาที่ใช้
- อุปกรณ์
- วิธีดำเนินการทดลอง
- รายงานผลการทดลอง นักเรียนต้องระบุปัญหา จุดประสงค์การทดลอง

สมมติฐาน ตัวแปรที่ศึกษา การบันทึกผลการทดลอง การสรุปผล

- คำถามท้ายการทดลอง

2. การสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือประกอบการสอนเรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างและพัฒนาขึ้น ไปใช้ในการเรียนการสอน ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือครูประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รวมทั้งศึกษาระการเรียนรู้ และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 จัดทำคู่มือประกอบการสอน เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยแต่ละบทประกอบด้วย

- ชื่อบทปฏิบัติการ
- คำชี้แจง
- จุดประสงค์การทดลอง
- ระยะเวลาที่ใช้
- อุปกรณ์
- วิธีดำเนินการทดลอง
- ผลการทดลอง
- การอภิปรายหลังการทดลอง
- แนวคำตอบของคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วิธีหาคุณภาพเครื่องมือ

1. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือประกอบการสอน เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่คณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านบทปฏิบัติการ 1 คน คือ นางสาวเตือนใจ แดงศรี หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ นางสาวเครือทิพย์ เจียรวนิช อาจารย์พิเศษภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และนางวไลภรณ์ อรรถศิริ ครู คศ. 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 คน คือ นายวีรพล นิยมไทย อาจารย์ที่ปรึกษาบริษัทเวสไก้เคมี ประเทศไทย จำกัด และ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล 1 คน คือ นางลัดดา ศรีทอง ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ปทุมธานี เขต 1 เพื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการ ดังตาราง 9 และผู้เชี่ยวชาญประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยมีเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

- +1 หมายถึง สอดคล้อง
- 0 หมายถึง ไม่แน่นอน
- 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.0 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของทั้ง 5 บทปฏิบัติการ มีค่า 0.96 ดังตาราง 10 (ดูภาคผนวก ง) แสดงว่าบทปฏิบัติการมีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาตามเกณฑ์ แล้วนำบทปฏิบัติการมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความสมบูรณ์เหมาะสมยิ่งขึ้น ก่อนนำไปประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการ

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยกำหนดคะแนนของระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง ดังนี้

ระดับ	5	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ	4	คะแนน	หมายถึง	ดี
ระดับ	3	คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ	2	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
ระดับ	1	คะแนน	หมายถึง	ควรปรับปรุง

การให้ความหมายใช้การแปลความจากช่วงของค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	หมายถึง	ดีที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ผลการประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญทุก บทปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี (ดูภาคผนวก ง) ผู้เชี่ยวชาญมี ข้อเสนอแนะให้ปรับปรุง โดยสรุปดังนี้

- 1) ปรับปรุงคำถามท้ายบทปฏิบัติการให้สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ
- 2) ควรปรับปรุงเนื้อหา วิธีการทำการทดลอง

ผู้วิจัยนำผลการประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 คน มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำในทุกบทปฏิบัติการ

2. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว มาหาประสิทธิภาพของบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนที่ไม่ใช่กับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

2.1 การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ไปทดลอง สอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยนักเรียนที่เรียนเก่ง (เกรดเฉลี่ย 3.67 – 4.00) ปานกลาง (เกรดเฉลี่ย 3.34 – 3.66) และอ่อน (เกรดเฉลี่ย 3.00 – 3.33) เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 294 – 296)

2.2 ปรับแก้บทปฏิบัติการและคู่มือประกอบการสอน เรื่องการปลูกพืชแบบ ไฮโดรพอนิกส์ ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. แบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาและและจุดประสงค์การทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบ

ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ

1.3 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน โดยพิจารณาคำดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IC) เลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50-1.00 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง

1.4 นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำแบบประเมินมาวิเคราะห์หาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินเป็นรายข้อ คำนวณค่าด้วยโปรแกรม SPSS

1.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20-1.00 จำนวน 40 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบประเมินในการวิจัยครั้งนี้

1.6 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 คำนวณค่าด้วยโปรแกรม SPSS

1.7 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างและพัฒนาขึ้น ไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวการวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.2 ศึกษาแนวทางการให้คะแนนและการสร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการประเมินตามสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์รูปรีด การให้คะแนนเป็นภาพรวม และการให้คะแนนแยกองค์ประกอบ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับกำหนดประเด็นในการประเมิน คือ 1) การวางแผนวิธีการดำเนินการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) ความรวดเร็วในการทำทดลอง 4) การนำเสนอ กำหนดเป็นระดับคุณภาพ ดังนี้

ระดับคุณภาพ	4	หมายถึงคะแนน	4	คะแนน
ระดับคุณภาพ	3	หมายถึงคะแนน	3	คะแนน
ระดับคุณภาพ	2	หมายถึงคะแนน	2	คะแนน
ระดับคุณภาพ	1	หมายถึงคะแนน	1	คะแนน

นำคะแนนรวมจากการประเมินในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยร้อยละ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ร้อยละ 80 ขึ้นไป	หมายถึง	ระดับ ดีมาก
ร้อยละ 70-79	หมายถึง	ระดับ ดี
ร้อยละ 60-69	หมายถึง	ระดับ พอใช้
ต่ำกว่าร้อยละ 60	หมายถึง	ระดับ ปรับปรุง

2.3 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน โดยพิจารณาคำดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม เลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50-1.00 ผลจากการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมเท่ากับ 0.91 และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง

2.4 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

การสร้างแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ตามวิธีของ ลิเคิร์ท (Likert Scale) และการวัดผลการเรียนรู้ในด้านความตระหนัก

3.2 สร้างแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วย
3	คะแนน	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
2	คะแนน	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	คะแนน	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

เกณฑ์การประเมินคะแนนของแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมให้ความหมายดังต่อไปนี้

4.51 - 5.00	ผลการประเมิน	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51 - 4.50	ผลการประเมิน	เห็นด้วย
2.51 - 3.50	ผลการประเมิน	ไม่แน่ใจ
1.51 - 2.50	ผลการประเมิน	ไม่เห็นด้วย
1.00 - 1.50	ผลการประเมิน	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.3 นำแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบสอบถามวัด ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาจาก ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) เลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 – 1.00 แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.5 นำคะแนนจากแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม มาหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

3.6 นำคะแนนจากแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการทดลอง

ตาราง 3 แบบแผนการวิจัยตามตัวแปรตามแต่ละตัว

ลำดับ	ตัวแปรตาม	แบบแผน	กำหนดการสอบ		หมายเหตุ
			สอบก่อน	สอบหลัง	
1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	One Group Pretest posttest (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2540 : 60)	8 ธ.ค..2548	19 ม.ค.2549	
2	ทักษะปฏิบัติ	One shot case Study (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2540 : 60)	- - - - - - - - -	12 ธ.ค.2548 15 ธ.ค.2548 19 ธ.ค.2548 22 ธ.ค.2548 26 ธ.ค.2548 29 ธ.ค.2548 5 ม.ค.2549 9 ม.ค.2549 12 ม.ค.2549 16 ม.ค.2549	วัดเมื่อจบ กิจกรรมการ การเรียนรู้ แต่ละบท ปฏิบัติการฯ
3	ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม	One Group Pretest posttest (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2540 : 60)	8 ธ.ค..2548	19 ม.ค.2549	

การทดลองดังกล่าวข้างต้น ได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

- 1.ขอความร่วมมือกับโรงเรียนที่จะทำการทดลองสอน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย
- 2.ศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ และผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง โดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ที่สร้างขึ้น

3. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างขึ้น เพื่อนักเรียน จะได้ปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้องในการทดลองครั้งนี้

4. ดำเนินการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง จำนวน 10 ชั่วโมง ประเมินผล 2 ชั่วโมง

5. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ด้วยการใช้เครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ นำผลที่ได้จากการประเมินและการวัดทั้งสามข้อ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทาง สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบประเมินทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยแบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาความตระหนักของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชใน สิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ จากแบบสอบถามวัดความตระหนัก
4. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้
 - 5.1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ
 - 1) การหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดความตระหนักต่อสารเคมีที่ใช้กำจัด ศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม คำนวณจากสูตร (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 :235)

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

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็น

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยใช้สูตร E_1/E_2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 294 – 296) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

E_1 เมื่อแทน ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์รวม 5 บท

$\sum X$ แทน คะแนนรวมจากทักษะปฏิบัติการ ๕ รวม 5 บท

ปฏิบัติการ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของทักษะปฏิบัติการ ๕ บท

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากการเรียนการสอนโดย

ใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

$\sum F$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

3) การคำนวณหาค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เป็นรายข้อด้วยโปรแกรม SPSS

4) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตร K.R.20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

N แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ $\frac{\text{(จำนวนคนที่ตอบถูก)}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$

q แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ (1 - p)

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

6) การคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดความตระหนัก คำนวณจากสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125 – 126)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อคำถามทั้งฉบับ
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

5.2 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ ความตระหนัก เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ค่าสถิติ t – test Dependent จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 40)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}$$

เมื่อ	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการประเมินหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ กับคะแนนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการประเมิน

หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบ
ไฮโดรพอนิกส์กับคะแนนก่อนเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

N คือ จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2) ศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ ด้วยการใช้แบบประเมินตามสภาพจริง มาตรฐานประมาณค่า 4 อันดับ โดยสถิติพื้นฐาน
คือ

2.1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ
อังคณา สายยศ. 2538 : 73)

เมื่อ

$\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2.2) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ
อังคณา สายยศ. 2538 : 73)

$$\text{สูตร } S = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดด้วยยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยมาตรการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

3. เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยมาตรการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

4. เพื่อสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ให้กับนักเรียนที่เรียนด้วยมาตรการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และนำผลการทดลองในห้องเรียนมาสร้างมาตรการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 5 บท คือ

มาตรการที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

มาตรการที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

มาตรการที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

มาตรการที่ 4 กรณีศึกษา เรื่องค่า pH และค่า EC ที่ต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร

มาตรการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีทีของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

2. การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำมาตรการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินคุณภาพ ได้ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมาตรการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ทั้งฉบับเท่ากับ 3.90 ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ดังตาราง 4

การประเมินคุณภาพของมาตรการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยกำหนดคะแนนของระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง ดังนี้

ระดับ	5	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ	4	คะแนน	หมายถึง	ดี
ระดับ	3	คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ	2	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
ระดับ	1	คะแนน	หมายถึง	ควรปรับปรุง
การให้ความหมายใช้การแปลความจากช่วงของค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังนี้				
คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	หมายถึง	ดีที่สุด	
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	หมายถึง	ดี	
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	หมายถึง	ปานกลาง	
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	หมายถึง	พอใช้	
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	หมายถึง	ควรปรับปรุง	

ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 แสดงในตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

รายการประเมิน	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5		
1. ใ้บความรู้	4.07	3.75	4.54	3.85	3.60	3.96	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.17	4.17	4.02	4.00	4.04	4.08	ดี
3. การรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง	4.02	3.12	3.94	3.80	3.51	3.68	ดี
4. ภาพรวม	4.08	3.68	4.16	3.88	3.71	3.90	ดี

จากตาราง 4 สรุปได้ว่าผลการประเมินเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 บทปฏิบัติการ ได้ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นโดยภาพรวมของบทปฏิบัติการเท่ากับ 3.90 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินช่วงของค่าเฉลี่ยรายชื่อ พบว่ามีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

การทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้แล้ว มาทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ได้ผลดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงการประเมินประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
ทักษะปฏิบัติการของบทปฏิบัติการที่ 1	16	13.33	83.33
ทักษะปฏิบัติการของบทปฏิบัติการที่ 2	16	13.50	84.38
ทักษะปฏิบัติการของบทปฏิบัติการที่ 3	16	13.80	86.47
ทักษะปฏิบัติการของบทปฏิบัติการที่ 4	16	13.50	84.38
ทักษะปฏิบัติการของบทปฏิบัติการที่ 5	16	13.33	83.33
คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติ 5 บท (E_1)			84.38
คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการ χ (E_2)			80.50
ประสิทธิภาพบทปฏิบัติการ E_1/E_2			84.38/80.50

จากตาราง 5 สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนา มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ได้ผล 84.38/80.50 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาไปทดลองสอน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมได้ผลดังนี้

1. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยทดสอบนักเรียนก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ได้ผลดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (คะแนนเต็ม 40)

ทักษะ กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์	N	$\bar{x}$	S	$\bar{d}$	S_d	t	df
ก่อนเรียน	30	25.43	2.76				
				-7.80	2.63	-16.23	29
หลังเรียน	30	33.23	1.38				

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 6 สรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผู้วิจัยศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ได้ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 คะแนนเฉลี่ยทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (คะแนนเต็ม 80 คะแนน)

ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	N	S.D.	$\bar{X}$	ร้อยละ	ระดับประเมิน
หลังเรียน	30	1.92	65.33	81.67	ดีมาก

จากตาราง 7 สรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก (81.67) พิจารณาจากเกณฑ์การประเมินคะแนนจากบทปฏิบัติการรวมในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยร้อยละ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ร้อยละ 80 ขึ้นไป	หมายถึง	ระดับ ดีมาก
ร้อยละ 70-79	หมายถึง	ระดับ ดี
ร้อยละ 60-69	หมายถึง	ระดับ พอใช้
ต่ำกว่าร้อยละ 60	หมายถึง	ระดับ ปรับปรุง

3. ศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (คะแนนเต็ม 150 คะแนน)

ความตระหนัก	N	$\bar{x}$	S	$\bar{d}$	S _d	t	df
ก่อนเรียน	30	105.53	6.76				
				-18.23	6.36	-15.70	29
หลังเรียน	30	123.76	9.91				

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 8 พบว่า ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiment design) โดยผู้วิจัยสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 แล้วนำมาทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ให้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ผู้วิจัยพบข้อสรุปที่นำมาอภิปรายผลและเสนอแนะงานวิจัย ได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
3. เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
4. เพื่อศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

สมมติฐานการวิจัย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดี
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

1. ผู้วิจัยทำเอกสาร 2 ชุด คือ สร้างมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และจัดทำคู่มือครู ประกอบการสอนมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
2. ผู้วิจัยนำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประเมินคุณภาพ พบว่ามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ มีคุณภาพ 3.90 หมายถึง มาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีคุณภาพในระดับดี ผู้วิจัยแก้มาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
3. ผู้วิจัยนำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้แล้ว ไปหาประสิทธิภาพกับนักเรียน 30 คน พบว่ามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพ 84.38/80.50 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานข้อ 1 และผู้วิจัยปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของนักเรียน เพื่อนำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการทดลองสอน

ขั้นตอนที่ 2 นำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาไปทดลองสอน

ผู้วิจัยได้นำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาแล้วไปใช้ทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

สรุปผลการวิจัย

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 81.67 อยู่ในระดับดีมาก
3. ความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่เรียนด้วยมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผล

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ และเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาเอกสาร และการทดลองภายในโรงเรียน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นำข้อมูลมาสร้างและพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ จำนวน 5 มาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาของมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยภาพรวม

เหมาะสมมีความสอดคล้องกัน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาเหมาะสมในระดับ ดี คือมีค่าเท่ากับ 0.96 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์มีประสิทธิภาพ 84.38/80.50 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีข้อมูลพื้นฐานจากการทดลอง ในโรงเรียน ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้า โดยคำนึงถึงความเหมาะสมทางด้านเนื้อหาสาระ อุปกรณ์ และระยะเวลาที่เหมาะสมกับนักเรียน ได้ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีความสอดคล้องอยู่ในระดับดี นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545: 3-37) ที่มุ่งส่งเสริมให้คนพัฒนาทางกระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และการสร้างองค์ความรู้

ขั้นตอนที่ 2 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างและพัฒนาขึ้น ไปใช้ทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คนปรากฏผล ดังนี้

1) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เพราะนักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการทำงานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น มีการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร การลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยมีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา และช่วยให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ สูงกว่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีทักษะกระบวนการสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนปกติ

2) หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนทักษะปฏิบัติเท่ากับ 81.67 อยู่ในระดับดีมาก เพราะบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การที่นักเรียนได้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ และทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ใช้กับกลุ่ม

ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน พบว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 อยู่ในระดับดีมาก

3) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพราะ

3.1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เน้นกระบวนการทางสิ่งแวดล้อมศึกษา ตั้งแต่การให้ความรู้ การได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเกิดความประทับใจ เห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมและเกิดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

3.2) การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง และพบว่าในสภาพแวดล้อมจริงๆ มีสารพิษปนเปื้อนในพืชเป็นปริมาณมากเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค การเรียนด้วยบทปฏิบัติการนี้เป็นการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดการเรียนรู้แบบประสบการณ์ตรง จึงทำให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ ใช้เหตุผลในการตัดสินใจมากกว่าการตัดสินใจสิ่งต่างๆ ตามค่านิยมหรือความเชื่อ

ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ยังขาดทักษะในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นครูผู้สอนต้องแนะนำการใช้อุปกรณ์ในการทดลองด้วยการสาธิตก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนใช้อุปกรณ์การทดลองอย่างถูกต้อง

1.2 ครูผู้สอนต้องศึกษารวบรวมข้อมูลและทำการทดลองการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ และผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนการสอน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจน

1.3 ในขณะที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการครูผู้สอนต้องควรดูแลและให้คำปรึกษากับนักเรียนอย่างใกล้ชิดโดยเฉพาะการใช้สารเคมีอันตราย

1.4 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีบ้านพักอาศัยอยู่ในเมืองและบริเวณทล ที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ เพราะจะสามารถปลูกพืชแบบที่ปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ด้วยตนเอง

1.5 เหมาะกับนโยบายส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

1.6 สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนออกแบบการเรียนรู้ใหม่ๆ ได้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1. สามารถประยุกต์ชุดการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์โดยใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น เช่น รางที่ทำจากกระบอกไม้ไผ่ หรือท่อพีวีซี ก่อแปลงพลาสติก เป็นต้น
- 2.2. การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สามารถใช้ปลูกพืชได้หลายชนิด (คู่มือการฝึกอบรม 2546:5) แต่ส่วนมาก เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้น ได้แก่
 - 2.2.1. พืชผัก เช่น ผักสลัด ขึ้นฉ่าย กวางตุ้ง คะน้า มะเขือเทศ แตงกวา แตงโม พริก ชนิดต่างๆ ฯ
 - 2.2.2. ไม้ผล เช่น สตอเบอร์รี่ ส้ม กล้วย
 - 2.2.3. ไม้ดอก เช่น กุหลาบ คาร์เนชั่น หน้าวัว กล้วยไม้ เบญจมาศ ฯ
 - 2.2.4. พืชสมุนไพร เช่น สะระแหน่ กระเพรา โหระพา มินท์ เป็นต้น

การเลือกพืชที่จะปลูก ต้องคำนึงถึง ความต้องการของตลาด ปริมาณผลผลิตและ ต้นทุนการผลิต จุดคุ้มทุนในการผลิตต้องพิจารณาความคุ้มทุนระหว่างค่าใช้จ่ายกับรายได้ที่เกิดจากการผลิต โดยรายได้ควรมีมากกว่ารายจ่าย และผลผลิตมีราคาสูง การเลือกปลูกผักกวางตุ้งในการวิจัยครั้งนี้ เหมาะสมสำหรับกิจกรรมการทดลองเท่านั้น ไม่เหมาะกับการปลูกเพื่อการค้า เพราะไม่คุ้มทุน
- 2.3. ส่งเสริมการทำโครงการวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ เช่น การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชระหว่างการปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์กับการปลูกโดยใช้ดิน
- 2.4. ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ การใช้ตัวห้ำตัวเบียน หรือการกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีทางชีวภาพ
- 2.5. ปัญหาที่พบเครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า และเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เสียหายง่ายต้องส่งซ่อมแซมอยู่หลายครั้ง ปัญหาไฟฟ้าดับมีผลต่อพืช เพราะลำต้นและใบจะเหี่ยวเน่าไปกับราง แนวทางแก้ไขเปิดละอองน้ำฉีดให้ทั่วในปริมาณมากๆ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง พืชก็สามารถมีลำต้นตั้งตรงได้ สำหรับการตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหา ยาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขนั้นใช้เวลานาน ถ้าจะให้ให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้นให้นักเรียนดูจากภาพวิดีโอแล้วทำการทดลอง
- 2.6. การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ควรใช้แบบทดสอบประเภทเดียวกัน ในการทดสอบ เช่น การใช้คะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทปฏิบัติการ (E_1) กับคะแนนทักษะปฏิบัติการที่ประเมินจากแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5 บท (E_2) หรือควรใช้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินจากแบบประเมินวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนบทปฏิบัติการครบ 5 บท

2.7 ข้อจำกัดในการนำบทปฏิบัติการไปใช้ทดสอบหาประสิทธิภาพกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ ระยะเวลาที่ใช้ในบทปฏิบัติการมาก ถ้าทำการทดสอบประสิทธิภาพตามขั้นตอนจริงๆ คือ ทดลองกับนักเรียน 3 คน นักเรียน 9 คน ซึ่งกลุ่มย่อยมากจะทำให้ผู้วิจัยดำเนินการไม่ทันกับเวลา ถ้าต้องการทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการจริงๆ ควรทำการทดสอบให้ครบกับนักเรียน 3 คน นักเรียน 9 คน และนักเรียน 30 คน

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง) พุทธศักราช 2533. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.
.....(2541). สภาพการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์และ
วิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ
.....(2544). รายงานการวิจัยเรื่องการสังเคราะห์วิธีการสอน วิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ
คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับประถม-มัธยมศึกษา.
กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.
..... (2545). หลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ :
คุรุสภาลาดพร้าว.
กรรณิการ์ ไผ่จันทร์. (2541). ผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนา
ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณานิพนธ์
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
กอบทอง ฐปัทม ; และคนอื่นๆ. (2541, ตุลาคม-ธันวาคม). สารตกค้างในอาหาร. วารสาร
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 40(40) : 1-12.
เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยา
ศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับ
การฝึกสร้างเกมสวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ กับการสอนตามแนวการสอน สสวท.
ปรินญาณานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรี
นครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
จنگล ศรีไชย ; และ มโนรัตน์ ฤทธิ์เต็ม. (2546, สิงหาคม). ปัญหาการใช้สารเคมีในพื้นที่สูง-
ภาคเหนือ. วารสารข่าวสารอันตรายและของเสีย. 14(2) : 5.
จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรม
วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).
กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
ชวาล แพรว์ตุกุล. (2520). เทคนิคการเขียนข้อสอบ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

- ชูชาติ แพน้อย. (2533). *ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซิมพิทยาคม จำนวน 40 คน โดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ กศม.(การมัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฐาปนีย์ เมธิพลกุล. (2542). *การสำรวจปลาทะเลที่หาเทียบเรือประมงชุมพร เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเสริมความรู้ชีววิทยา เรื่องการจำแนกอันดับปลาทะเล*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์.(2542). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ดวงกมลการพิมพ์.
- ดิเรก ทองอร่าม. (2546). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.
- ดำเนิน ยาท่วม. (2537). *การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะทางวิทยาศาสตร์และของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาโลโก้กับการสอนตามแนวของ สสวท*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทวีข แจ่มจรัส. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ ในท้องถิ่น : กรณีศึกษา โรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี*. วิทยานิพนธ์. กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่*, เอกสารนิเทศการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยงานนิเทศ กรมฝึกหัดครู.
- ปรีชา สุวรรณพิณิจ; และนงลักษณ์. (2537). *เตรียมสอบชีววิทยา 3*. กรุงเทพฯ: ไฮเอ็ดพับลิชชิง.

- เปรมวดี รักขวลี. (2539). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และค่านิยมทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน โดยใช้ ชุดฝึก กระบวนการทางเทคโนโลยี กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ผ่องฤดี พวงประดิษฐ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการย้อมผ้า ด้วยสีย้อมธรรมชาติจากใบพืชตามความนิยมของท้องถิ่น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พจน์ สะเพียรชัย. (2517). พัฒนาการวัดผล. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญพัฒน์.
- พจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542. (2542). บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม, จาก <http://rirs3.royin.go.th/ridictionary/lookup.html>.
- พันศักดิ์ จันทรจำปี. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการ แยกสารสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรธิดา สุวรรณรัตน์. (2539). ความรู้และการปฏิบัติในการบริโภคผลไม้ของแม่บ้านในเขต กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สิ่งแวดล้อมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- พระธรรมปิฎก (ประยุทธ์ ปยุตโต). (2539). การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เฟรช การ์เด็น. (2546:5). คู่มือการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ: บริษัท เฟรช การ์เด็น เซ็นเตอร์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชจำกัด.
- ยงยุทธ ยุทธวงศ์. (2527). การเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์. วิทยบริการ. 5(9): 19.
- ลัดดาวัลย์ ถิ่นสุวรรณ. (2534). การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ: กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.

- ล้วน สายยศ;และอังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ :
- ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
 เลอศักดิ์ จตุรภูษ. (2527). *มูลเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาจากวัดภูมิพิษ. กองวัดภูมิพิษ*
 การเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. ถ่ายเอกสาร.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ ; และจิต นวนแก้ว. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน กรุงเทพมหานคร กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ*.
- วัฒนาพร ระเบียบทุกข์. (2542). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ:
 ดอกอ้อ1999.
- วารี เอกสาร. (2537). *ความสำคัญระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จากแบบสอบ*
ภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี.
 วิทยานิพนธ์. ศศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
 ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). *พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รุ่งเรือง.
- วินัย บำรุงกิจ. (2535). *ศึกษาเรื่องความรู้ความตระหนักต่อภาวะมลพิษทางน้ำ สิ่งแวดล้อมของ*
นักเรียนพลตำรวจ โรงเรียนตำรวจนครบาล. วิทยานิพนธ์. กศม.(การมัธยมศึกษา)
 กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- วิภา จักรชัยกุล. (2541). *ประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ของชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิชา*
โครงสร้างและข้อมูลระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หลักสูตรสถาบันเทคโนโลยี
ราชมงคล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี
สารสนเทศ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
 ถ่ายเอกสาร.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการ*
ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการ
ทดลองกับการสอนตามปกติ. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ :
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิศิษฐ์ วัชรเทวินทร์กุล. (2523). *ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้วัดภูมิพิษป้องกันกำจัด*
แมลงในสวนผักของเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญา
 สังคมศาสตร์มหาบัณฑิต. (สิ่งแวดล้อม.) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
 ถ่ายเอกสาร.

- วีระ พลอยครบุรี. (2543). *ปฏิรูปการศึกษาแนวคิดและหลักการตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. กรุงเทพมหานคร: วิทยุชน.
- วีระชาติ สอนไพบรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศศิเกษม ทองยงค์ ; และ ลีลา สี่มานุเคราะห์. (2524). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ สรุบน้ำใจตามหลักสูตรใหม่ 2522* . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ศิริกานต์ ผาสุก. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในห้องถื่น สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ. กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา)*. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิวพร สิงห์สุข. (2542 : บทคัดย่อ). *การศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อพืชผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (บริหารธุรกิจ)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี,สถาบัน. (2524). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- _____. (2526). *งานการศึกษา เรื่องการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- _____. (2543). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์: กรุงเทพฯ . สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*.
- สมจิตร สวณไพบูลย์. (2526). *วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ม.ป.ป. ถ่ายเอกสาร.
- สมบุญ ศิลปรุ่งธรรม. (2540). *ความรู้และความตระหนักของนักเรียนอาชีวศึกษาเกี่ยวกับมลพิษสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (เอกสุศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร*.
- สิริวดี อินทรกำแหง ณ ราชสีมา. (2536). *ความพึงพอใจของประชาชนต่อการปิดถนนสี่ลมเพื่อเป็นทางเดินเท้าในวันอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ สังคมศาสตร์ (สิ่งแวดล้อม) กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร*.
- สิริวัฒน์ วงศ์ศิริ. (2526). *แมลงศัตรูทางการเกษตรของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

- สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาระบบราชการและสังคมแห่งชาติ. (2542). รายงานผลการพัฒนาประเทศในระยะแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 พ.ศ.2535-2539. (2542). กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2539). แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.2540 - 2544). กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2543). เอกสารคำสอนวิชา ปถ 421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุพรรณิ อัครศิริเลิศ. (2541). ผักปลอดสารพิษเพื่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม. วารสาร ธ.ก.ส. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์.
- สุรพล มนต์เสรี. (2531). หลักพืชศาสตร์.กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยงานนิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.
- สุรพล วิทโณบลย์. (2543). การพัฒนาทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). การสอนวิทยาศาสตร์กับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. โอเดียนสโตร์.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพฯ: บริษัทเจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์.
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์ คุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรอุมา ละมุล. (2541). การพัฒนาทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรุณรัตน์ เสถียรทิพย์. (2538). ปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชผักของเกษตรกร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.(เกษตรศาสตร์), ส่งเสริมนิเทศการเกษตร (ส่งเสริมการเกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อัมพร กรดวงศ์. (2548). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- อารักษ์ ชีร์อำพล. (2544). เอกสารวิชาการ เรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- อิทธิสุนทร นันทิกจ. (2546, ตุลาคม). เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Fe-EDTA สองชนิด ใน สารละลายธาตุอาหาร สำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2546 , จาก <http://www.hydroponic.net/research2.htm>.
- พัชรินทร์ โพธิ์ทอง (2540). ศึกษาเรื่องผลของวัสดุปลูกและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของคะน้า โดยออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้า เมื่อเปรียบเทียบวัสดุปลูกสี่ชนิด. สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2546, จาก <http://www.hydroponic.net/research2.htm>.
- อุษา คำประกอบ. (2530). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เอกรินทร์ สีมหาศาล ; สุดปรารธนา ยุกตนันท์. (2546). การออกแบบเครื่องมือวัดผลตามสภาพจริง. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Anderson, O Roger. (1976). *The Experience of Science : A New Perspective for Laboratory in Teaching*. New York : Teachers College Press, Teachers College, Columbia University.
- Benjamin B Wolman. (1973) *Dictionary of Behavioral Sciences*. Van Nonstrand : Reinheld Company.
- Bloom.B.S. and others. (1971). *Handbook on Formative Summative Evaluation of Student Learning*. New York : Macgraw –Hill book Co.
- Butt, Davis D. (1974). *The Teacher Science A Self Directed Planning Guide*. New York : Harpers and Low Publisher.
- Cudney, Shirley A. (1975 : November) Mediated Self- Instructional of Basic Nursing Skill. *Audiovisual Instruction*. 34 (11) : 245 –311.
- Davito, Alfred; & Krockover, Gerald H. (1976). *Creative Sciencing Ideas Activities For Teacher and children*, Little : Brown and Compshhy Inc.
- Good, Carter Victor. (1973). *Dictionary of Education*. New york : McGraw-Hill Book Co.
- Harvey Wallenstein. *A Dictionary of Psychology*. Maryland : Penquin Books, 1972.

- Holfstein, A;& Lunetta,V.N. (1982,February). The Roles of the Laboratory in Science Teaching : Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*.52(2) : 201 – 217.
- Launius, Steven W., (1993). *A Student of the twenty-two elementary agricultural Education Pilot projects for 1989-1990* : 2828.
- Library Resarch Tutorial. (2005). Retrieved ,October 25,2005,from <http://images.google.co.th>.
- Runes,Dagobert D.(1971).*Dictionary of Philosophy* New York : Littlefield.Adams and Co.
- Strawitz, B.M. ;& Malone, M.B. (1987,January). Preservice Teacher's Acquisition and Retention of Integrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher Directed and Self Insrutional Strategies, *In Journal of Reserch in Science Teaching*. 24: 53-60.
- Wilson Cynthia Lovise. (1996 . August). Analysis of a Direct Instruction Produce in Teaching Word Problem – Solving to Learning Disabled student. *Dissertation Abstracts International*. 50(2) : 416.
- Widden, M.F. (1973, January). A Product Evaluation of Science-A Process Approach, *Dissertation Abstract*. 32: 3582A.
- Wolman Benjamin S.(1973) *Dictionary of Behavioral Science*. London : Litton Educational Publishing Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

นางลัดดา ศรีทอง

ศึกษานิเทศก์ สพท.ปทุมธานีเขต 1

นางสาวเครือทิพย์ เจียรวนิช

อาจารย์พิเศษภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

นายวีรพล นิยมไทย

อาจารย์ที่ปรึกษาบริษัทเวสโก้เคมี ประเทศไทย จำกัด

นางสาวเตือนใจ แดงศรี

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องเรือน

นางวไลภรณ์ อรรถศิริ

ครู คศ. 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี

ภาคผนวก ข

- ผลการประเมินและแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินและแบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- ผลการประเมินและแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินและแบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินและแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

แบบประเมิน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ใช้ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี จะเป็นผู้เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นนี้

คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลง
 จีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ในแต่ละบทประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ใบความรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข บทปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บทดังกล่าว โดยขอความกรุณาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามความหมาย ดังนี้

ระดับ	5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ	4	หมายถึง	ดี
ระดับ	3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ	2	หมายถึง	พอใช้
ระดับ	1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

แบบประเมิน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-สกุล ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่องโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างได้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

รายการ	5	4	3	2	1
1. ใ้บความรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์		...			
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	...	...	...	...	...
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	...	...	...	...	...
1.3 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
1.4 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	...	...	...	...	...
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	...	...	...	...	...
1.6 การใช้ภาษา					
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	...	...	...	...	...
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
1.6.3 ชวนอ่าน	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อ					
วิจารณ์.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน	...	...	...	...	...
2.2.2 ประเมินผล	...	...	...	...	...

รายการ	5	4	3	2	1
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี					
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทดลอง	...	...	...	...	...
2.4. วิธีการทดลอง					
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	...	...	...	...	...
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	...	...	...	...	...
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	...	...	...	...	...
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	...	...	...	...	...
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	...	...	...	...	...
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	...	...	...	...	...
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	...	...	...	...	...
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
3.2.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.5 ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา	...	...	...	...	...
3.2.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
 โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
 บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

รายการ	5	4	3	2	1
1. ใ้ความรู้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	...	...	...	...	...
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	...	...	...	...	...
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	...	...	...	...	...
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	...	...	...	...	...
1.6 การใช้ภาษา					
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	...	...	...	...	...
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
1.6.3 ชวนอ่าน	...	...	...	...	...
ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน	...	...	...	...	...
2.2.2 ประเมินผล	...	...	...	...	...
ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์.....					
.....					

รายการ	5	4	3	2	1
2.3. คู่มือและสารเคมี					
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น					
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทดลอง					
2.4. วิธีการทดลอง	...	...	...	...	...
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	...	...	...	...	...
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	...	...	...	...	...
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	...	...	...	...	...
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	...	...	...	...	...
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	...	...	...	...	...
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....	...	...	...	...	...
.....	...	...	...	...	...
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	...	...	...	...	...
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
3.2.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.5 ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา	...	...	...	...	...
3.2.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่องธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

โปรตีนประเมน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

รายการ	5	4	3	2	1
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์		...			
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	...	...	...	...	...
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	...	...	...	...	...
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	...	...	...	...	...
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	...		...	...	...
1.6 การใช้ภาษา		...			
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	...	...	...	...	...
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
1.6.3 ชวนอ่าน	...		...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน	...	...	...	...	...
2.2.2 ประเมินผล	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

รายการ	5	4	3	2	1
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี					
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น					
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทดลอง					
2.4. วิธีการทดลอง	...	...	...	...	...
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	...	...	...	...	...
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	...	...	...	...	...
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	...	...	...	...	...
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	...	...	...	...	...
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	...	...	...	...	...
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....	...	...	...	...	...
.....	...	...	...	...	...
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	...	...	...	...	...
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
3.2.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.5 ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา					
3.2.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้					
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

รายการ	5	4	3	2	1
1. ใ้ความรู้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์		...			
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	...	...	...	...	...
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	...	...	...	...	...
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	...	...	...	...	...
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	...		...	...	...
1.6 การใช้ภาษา		...			
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	...	...	...	...	...
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
1.6.3 ชวนอ่าน	...		...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน	...	...	...	...	...
2.2.2 ประเมินผล	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

รายการ	5	4	3	2	1
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี					
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น					
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทดลอง					
2.4. วิธีการทดลอง	...	...	...	...	...
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	...	...	...	...	...
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	...	...	...	...	...
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	...	...	...	...	...
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	...	...	...	...	...
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	...	...	...	...	...
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....	...	...	...	...	...
.....	...	...	...	...	...
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	...	...	...	...	...
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
3.2.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.5 ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา					
3.2.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้					
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

**บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ 5 เรื่องวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก
โดยชุดตรวจหาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวง
สาธารณสุข**

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งข้อวิจารณ์ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างได้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

รายการ	5	4	3	2	1
1. ใ้ความรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์		...			
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	...	...	...	...	...
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	...	...	...	...	...
1.3 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
1.4 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	...	...	...	...	...
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	...		...	...	...
1.6 การใช้ภาษา		...			
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	...	...	...	...	...
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
1.6.3 ชวนอ่าน	...		...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน	...	...	...	...	...
2.2.2 ประเมินผล	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

รายการ	5	4	3	2	1
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี					
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น					
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทดลอง					
2.4. วิธีการทดลอง	...	...	...	...	...
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	...	...	...	...	...
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	...	...	...	...	...
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	...	...	...	...	...
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	...	...	...	...	...
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	...	...	...	...	...
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	...	...	...	...	...
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....	...	...	...	...	...
.....	...	...	...	...	...
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	...	...	...	...	...
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	...	...	...	...	...
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	...	...	...	...	...
3.2.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	...	...	...	...	...
3.2.5 ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา					
3.2.6 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้					
ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์.....					
.....					

แบบประเมิน แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

คำชี้แจง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 8 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัส อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรง
2. ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง และมีหน่วยของการวัดกำกับด้วยเสมอ
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น
4. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย เป็นคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า ก่อนดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องควบคุม และหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในเหตุการณ์นั้นๆ ได้
6. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้
7. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทดสอบสมมติฐาน การทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้อุปกรณ์การทดลองอย่างถูกต้องเหมาะสม และมีการบันทึกผลการทดลอง
8. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมาย หรือบรรยายลักษณะ และ สมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ จัดกระทำเพื่อสื่อความหมายของข้อมูลนั้นๆ ได้ตลอดจนสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

แบบทดสอบมีทั้งหมด 60 ข้อ จะมีลักษณะไม่เน้นเนื้อหาที่เกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
จำแนกเป็น

1. ทักษะการสังเกต	จำนวน	6	ข้อ
2. ทักษะการวัด	จำนวน	8	ข้อ
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	จำนวน	3	ข้อ
4. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	จำนวน	3	ข้อ
5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	จำนวน	8	ข้อ
6. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวน	6	ข้อ
7. ทักษะการทดลอง	จำนวน	7	ข้อ
8. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	จำนวน	19	ข้อ

แบบประเมิน แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ).....ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับตัวเลือก กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่านและหากมีข้อแนะนำเพิ่มเติม โปรดเขียนลงในช่องหมายเหตุ

ข้อที่	ทักษะ	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1	การสังเกต				
2	การสังเกต				
3	การสังเกต				
4	การสังเกต				
5	การสังเกต				
6	การกำหนดนิยมเชิงปฏิบัติการ				
7	การสังเกต				
8	การทดลอง				
9	การทดลอง				
10	การวัด				
11	การวัด				
12	การวัด				
13	การวัด				
14	การวัด				
15	การวัด				
16	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				

ข้อที่	ทักษะ	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
17	การวัด				
18	การวัด				
19	การตีความและลงข้อสรุป				
20	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ				
21	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
22	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
23	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
24	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
25	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
26	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
27	การทดลอง				
28	การตีความและลงข้อสรุป				
29	การตีความและลงข้อสรุป				
30	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
31	การกำหนดและควบคุมตัวแปร				
32	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				
33	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				
34	การตีความและลงข้อสรุป				
35	การตีความและลงข้อสรุป				
36	การตีความและลงข้อสรุป				
37	การตีความและลงข้อสรุป				
38	การตีความและลงข้อสรุป				
39	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ				
40	การตีความและลงข้อสรุป				
41	การตีความและลงข้อสรุป				
42	การตีความและลงข้อสรุป				
43	การตีความและลงข้อสรุป				

ข้อที่	ทักษะ	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
44	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				
45	การตีความและลงข้อสรุป				
46	การตีความและลงข้อสรุป				
47	การทดลอง				
48	การทดลอง				
49	การตีความและลงข้อสรุป				
50	การทดลอง				
51	การตีความและลงข้อสรุป				
52	การตีความและลงข้อสรุป				
53	การตั้งสมมติฐาน				
54	การตั้งสมมติฐาน				
55	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ				
56	การตีความและลงข้อสรุป				
57	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ				
58	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ				
59	การตั้งสมมติฐาน				
60	การตีความและลงข้อสรุป				

ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

...../...../.....

แบบประเมิน ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ).....ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมิน ความสอดคล้องและความเหมาะสม ของทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับ พฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดง ระดับน้ำหนักความคิดเห็นของท่าน กำหนดให้

+ 1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
1. การวางแผนวิธีดำเนินการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน - มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบเหมาะสมและชัดเจน - มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง - วางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้	+1	0	-1	
2. การปฏิบัติการทดลอง 1.) ด้านเทคนิคการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน - ดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม - ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม - อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง - ทำการทดลองด้วยความระมัดระวังและปลอดภัย 2.) ด้านความรวดเร็วในการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน - ดำเนินการทดลองได้อย่างรวดเร็ว - ปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ - ทำการทดลองได้ทันเวลา				
3. การนำเสนอ - บันทึกการทดลองเป็นขั้นตอนถูกต้องสมบูรณ์				

แบบสอบถามวัดความตระหนัก

ในปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง เมื่อนักเรียน เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ จบแล้ว

นักเรียนมีความรู้สึกเห็นด้วยต่อข้อความนั้นหรือไม่ นักเรียนพิจารณาแล้วให้ทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง
ที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อข้อความนั้นๆ (ข้อความละ 1 ช่องเท่านั้น)

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
1	<u>ความรู้สึกลึกซึ้งต่อการปฏิบัติกร</u> <u>วิทยาศาสตร์กับการตรวจสอบ</u> <u>สารเคมีตกค้างในพืชผัก</u>					
2	เป็นการเรียนที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ					
3	เล็งเห็นความจำเป็นของ การศึกษา ค้นคว้าทดลอง เพื่อ แสวงหาข้อเท็จจริง					
4	การศึกษาวิธีการตรวจสอบ สารเคมีตกค้างในพืชผักเป็นเรื่อง ใกล้ตัว ที่จำเป็น					
5	กิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ทำให้ได้เรียนรู้ปัญหาได้ดีกว่าการ บอกเล่า					
6	การเรียนรู้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่องวิธีตรวจสอบ สารเคมีตกค้างในพืชผัก เป็น หน้าที่ของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม					
7	ปัญหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก เป็นเรื่องเล็กน้อย ไม่ใช่ปัญหา ใหญ่					
7	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ยุ่งยาก					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
8	การเปิดโอกาสให้นักเรียน อภิปรายผล,สรุปผลการทดลอง อย่างอิสระทำให้สับสน ลำบาก					
9	วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน พืชผัก ในบทปฏิบัติการ ควรให้ เกษตรกรศึกษาเท่านั้น					
10	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน พืชผัก ใช้เวลาเหมาะสม <u>การแสดงออกต่อกิจกรรมการ</u> <u>เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์</u>					
11	บทปฏิบัติการช่วยให้กระตือรือร้น ในการเรียน					
12	การเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่องวิธีตรวจสอบ สารเคมีตกค้างในพืชผัก เสียเวลา เปล่าประโยชน์					
13	การเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ ประสบการณ์ตรง					
14	การเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ทำให้รู้ เข้าใจปัญหา พิษภัยจากสารเคมีตกค้างใน พืชผัก					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง
15	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ช่วยกระตุ้นให้กระหายใคร่จะเรียนรู้ ปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ					
16	สนุกสนานเพลิดเพลินกับการตรวจหา สารพิษตกค้างในพืชผักในบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
17	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ใส่ใจต่อการทำความสะอาด พืชผักมากยิ่งขึ้น					
18	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่อยากเข้าเรียน					
19	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้เห็นความสำคัญของการ เลือกซื้อพืชผัก					
20	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ส่งเสริมจิตสำนึกต่อปัญหา สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียน มั่นใจความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการ					
21	สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับตนเอง ได้					
22	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้มีความระมัดระวังในการ บริโภคพืชผักมากขึ้น					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
23	ความรู้ที่ได้จากการเรียนไม่ เกี่ยวข้องกับชุมชนและท้องถิ่นของ ฉัน					
24	สามารถนำความรู้ไปใช้ได้ ในชีวิตประจำวัน มีประโยชน์ต่อชุมชน และท้องถิ่น					
25	อยากนำความรู้ที่ได้จากการเรียน มาปฏิบัติการณ์ไปเผยแพร่ต่อชุมชน และท้องถิ่น					
26	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้คำนึงถึงความปลอดภัยใน การเลือกซื้อพืชผักมากขึ้น					
27	รู้สึกไม่มั่นใจไม่กล้าถ่ายทอดความรู้ จากการเรียนนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้อื่น					
28	เต็มใจที่จะบอกกล่าวและอธิบาย ความรู้ให้แก่ผู้มาสอบถามหรือขอ ความคิดเห็น					
29	อยากมีส่วนร่วมในการป้องกันและ แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม					
30	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เหมาะ กับการใช้ในการเรียนการ สอน					

รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	+1	0	-1	
10. ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก ใช้เวลาเหมาะสม <u>การแสดงผลออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้</u> <u>บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์</u>				
11. บทปฏิบัติการช่วยให้กระตือรือร้นในการเรียน				
12. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก เสียเวลาเปล่าประโยชน์				
13. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ประสบการณ์ตรง				
14. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้รู้ เข้าใจปัญหาพิษภัยจากสารเคมีตกค้างในพืชผัก				
15. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยกระตุ้นให้กระหายใคร่จะเรียนรู้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ				
16. รู้สึกสนุกสนานเพลิดเพลินกับการตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชผักในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์				
17. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้ใส่ใจต่อการทำความสะอาดพืชผักมากยิ่งขึ้น				
18. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่อยากเข้าเรียน				
19. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ส่งเสริมให้เห็นความสำคัญของการเลือกซื้อพืชผัก				
20. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ได้ส่งเสริมจิตสำนึกต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียน				
21. มั่นใจความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับตนเองได้				
22. มั่นใจว่าการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์จะช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้				
23. ความรู้ที่ได้จากการเรียนไม่เกี่ยวข้องกับชุมชนและท้องถิ่นของตน				

รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
24. สามารถนำความรู้ไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน มีประโยชน์ต่อชุมชนและท้องถิ่น	+1	0	-1	
25. ยากนำความรู้ที่ได้จากการเรียนบทปฏิบัติการนี้ไปเผยแพร่ต่อชุมชนและท้องถิ่น	...			
26. การเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้คำนึงถึงความปลอดภัยในการเลือกซื้อพืชผักมากขึ้น				
27. รู้สึกไม่มั่นใจไม่กล้าถ่ายทอดความรู้จากการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้อื่น				
28. เต็มใจที่จะบอกกล่าวและอธิบายความรู้นี้แก่ผู้มาสอบถามหรือขอความคิดเห็น				
29. อยากมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม		...		
30. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เหมาะกับการใช้ในการเรียนการสอน				

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 บทที่ 1 และบทที่ 5
- คู่มือบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3



คำนำ

คู่มือการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์เป็นคู่มือที่นำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ชีววิทยา นิเวศวิทยาและพฤกษานำรู้สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เพื่อการให้ความรู้ความเข้าใจ และฝึกขั้นตอนของทักษะกระบวนการ และทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชผักด้วยการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์เพื่อลดการใช้สารเคมีดังกล่าวได้

กระบวนการสร้างคู่มือฯเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตร การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ความจำเป็นของธาตุอาหารที่มีต่อพืช ส่วนที่ใช้ในการลำเลียงของพืช วิธีตรวจสอบสาร พืชตกค้างในพืชผัก ทำการศึกษาทดลองเพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้นจากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลที่พบกับเอกสารอ้างอิงเพื่อให้ได้เนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชา ขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ตรวจสอบโดยการทดลองปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ภาคสนามในโรงเรียนหลังจากนั้นจึงรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจัดเป็นรูปเล่มในลักษณะคู่มือที่มีรูปภาพประกอบที่ชัดเจนสวยงามและง่ายต่อการใช้งานสำหรับให้นักเรียนใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติภาคสนาม

นางสาววารีย์ บุญลือ

สารบัญ

หน้า

ข้อเสนอแนะในการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
บทนำ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อ
อย่างไร

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหา
ยาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ข้อเสนอแนะในการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ประกอบด้วย 5 บทปฏิบัติการ ได้แก่

บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

บทปฏิบัติการที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทปฏิบัติการที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทปฏิบัติการที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร การใช้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดครูและนักเรียนควรปฏิบัติ ดังนี้

บทบาทของนักเรียน

1. นักเรียนควรศึกษาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์นี้ล่วงหน้าก่อนปฏิบัติกิจกรรมและปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ
2. เมื่อแบ่งกลุ่มแล้วให้แต่ละกลุ่มเลือกหัวหน้ากลุ่มและจัดแบ่งภาระหน้าที่สมาชิกทุกคน
3. นักเรียนต้องนำชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นี้มาใช้เรียน
4. นักเรียนทุกคนต้องช่วยกันรับผิดชอบ ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีก่อนและหลังการใช้ทุกครั้ง

บทนำ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ฉบับนี้เป็น เป็นเอกสารใช้ประกอบการเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ประกอบการเรียนการสอน มีวิธีการดังนี้

1. ศึกษาส่วนที่ใช้ในการลำเลียงของพืช โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การเตรียมสไลด์พืชสด วาดรูปแสดงส่วนของพืชที่ใช้ในการลำเลียงจากสไลด์พืชสด และจากสไลด์ถาวร ศึกษาเพิ่มเติมได้จากภาพประกอบที่ 1-10 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1
2. ศึกษารายละเอียดการใช้อุปกรณ์ต่างๆ การวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC), การวัดค่าความเป็นกรดเป็นเบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารพืช และการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยศึกษาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
3. ศึกษาการเจริญเติบโตของพืช ความสำคัญของธาตุอาหารพืช ด้วยการวัดอัตราการงอก ความสูง ความยาวรากและ น้ำหนัก สังเกตและบันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน
4. กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร โดยใช้ชุดปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ชนิดกล่องโฟม สังเกตและบันทึกผลการทดลองตามแบบตารางในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4
5. ศึกษา อภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก และวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จากแผ่นซีดี ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการศึกษาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ว่าเป็นอีกทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนอธิบายความหมายและจำแนกประเภทของข้อมูลจากการสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูลได้
2. นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดและควบคุมตัวแปรได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนมีทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือและสารเคมีได้อย่างถูกต้อง
4. นักเรียนจัดกระทำนำเสนอข้อมูล และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่เข้าใจง่ายได้
5. นักเรียนตีความหมายข้อมูลและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้
6. นักเรียนมีความตระหนัก เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของ สารเคมีกำจัด ศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

ใบความรู้ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

สาระสำคัญ

โครงสร้างในการลำเลียงของพืช ประกอบด้วย ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) และท่อลำเลียงอาหาร (Phloem)

การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในพืช

พืชนำน้ำเข้าทางขนรากและน้ำเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีของรากเข้าสู่เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ หรือท่อไซเลม ในท่อไซเลมไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์จึงไม่เกิดการออสโมซิส แรงต้านทานต่อการไหลของน้ำมีน้อย เพราะไม่มีไซโทพลาซึมจึงต้องอาศัยความต่างของแรงดันเป็นตัวผลักดัน น้ำจะมีส่งต่อไปยังลำต้น ใบ ยอดและส่วนอื่น ๆ ของพืช พืชลำต้นสูง ๆ ต้องอาศัยแรงดันรากจำนวนมาก ซึ่งเกิดได้โดยอาศัยแรงดึงและแรงดันภายใน เช่น แรงดันราก (Root Pressure) และกัตเทชัน (Guttation) ตลอดจนแรงดึงจากการคายน้ำเป็นต้น

การลำเลียงอาหาร

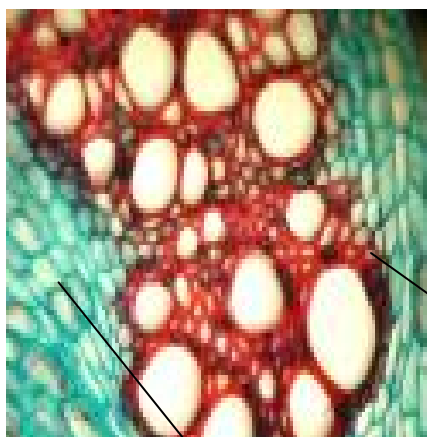
การลำเลียงอาหารหรือสารอินทรีย์ จะเกิดขึ้นภายในท่อลำเลียงอาหาร อินทรีย์สารจะถูกลำเลียงจากแหล่งผลิต คือ ใบหรือแหล่งสะสมอินทรีย์สารไปยังแหล่งใช้ คือ ลำต้นและรากโดยผ่านท่อลำเลียง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

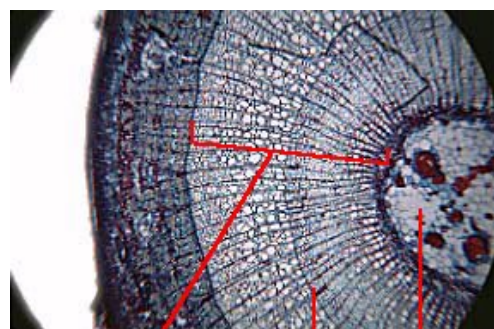
หลักการ

โครงสร้างในการลำเลียงของพืช ประกอบด้วย

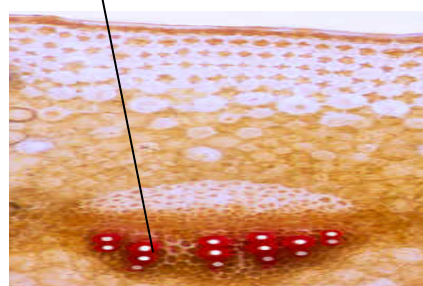
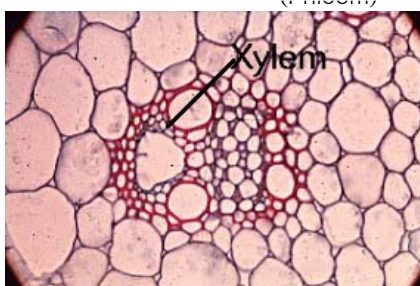
1. ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากรากขึ้นสู่ลำต้น และใบและส่วนต่างๆ ของพืชเซลล์มีลักษณะเป็นท่อยาว
 2. ท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช
- หากศึกษาสไลด์ถาวรของลำต้นพืชตัดตามขวาง แล้วใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายมากส่องดูมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยส่องดูจากศูนย์กลางของลำต้นเป็นหลักแล้ว จะพบท่อลำเลียงอาหารอยู่ด้านนอก และท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านใน เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุมีขนาดใหญ่มีผนังเซลล์หนา รูปร่างหลายเหลี่ยมหรือรูปกลมดังภาพประกอบ 1 สำหรับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารมีขนาดเล็กกว่าผนังหนากว่าเซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ รูปร่างหลายเหลี่ยม เซลล์จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช



ท่อลำเลียงอาหาร
(Phloem)



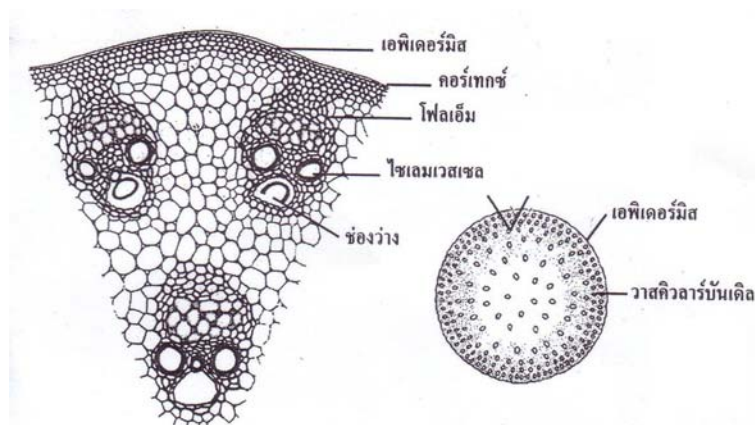
ท่อลำเลียงน้ำและ
แร่ธาตุ (Xylem)
ฟิท(both)
วงปี(Annual Ring)



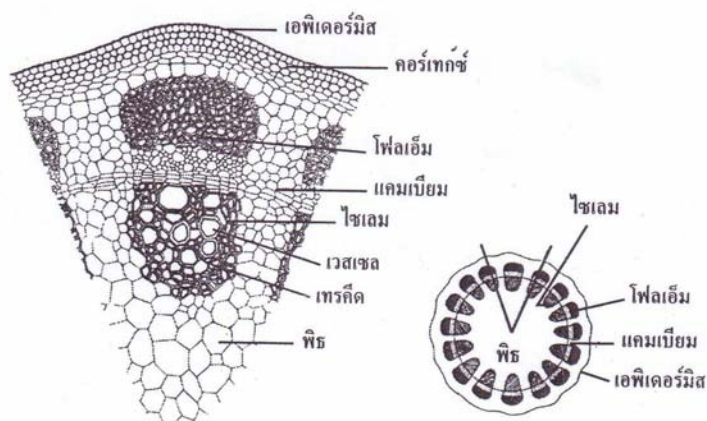
ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะเซลล์โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช (Library
Resarch Tutorial. 2005: online)

พืชใบเลี้ยงคู่มีโครงสร้างการลำเลียงแตกต่างจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เนื้อเยื่อของท่อลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุกับท่อลำเลียงอาหารเรียงตัวเป็นแถว อยู่กันอย่างเป็นระเบียบในแนวรัศมี มีชั้นแคมเบียมเป็นเซลล์ผนังบาง รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทรกอยู่ แคมเบียมเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เซลล์สามารถแบ่งเซลล์ได้เรื่อย ๆ สำหรับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุกับท่อลำเลียงอาหารอยู่กันเป็นกลุ่มอย่างกระจายอยู่ทั่วไปตามภาพประกอบ 2 และ 3 (หน้า 6)

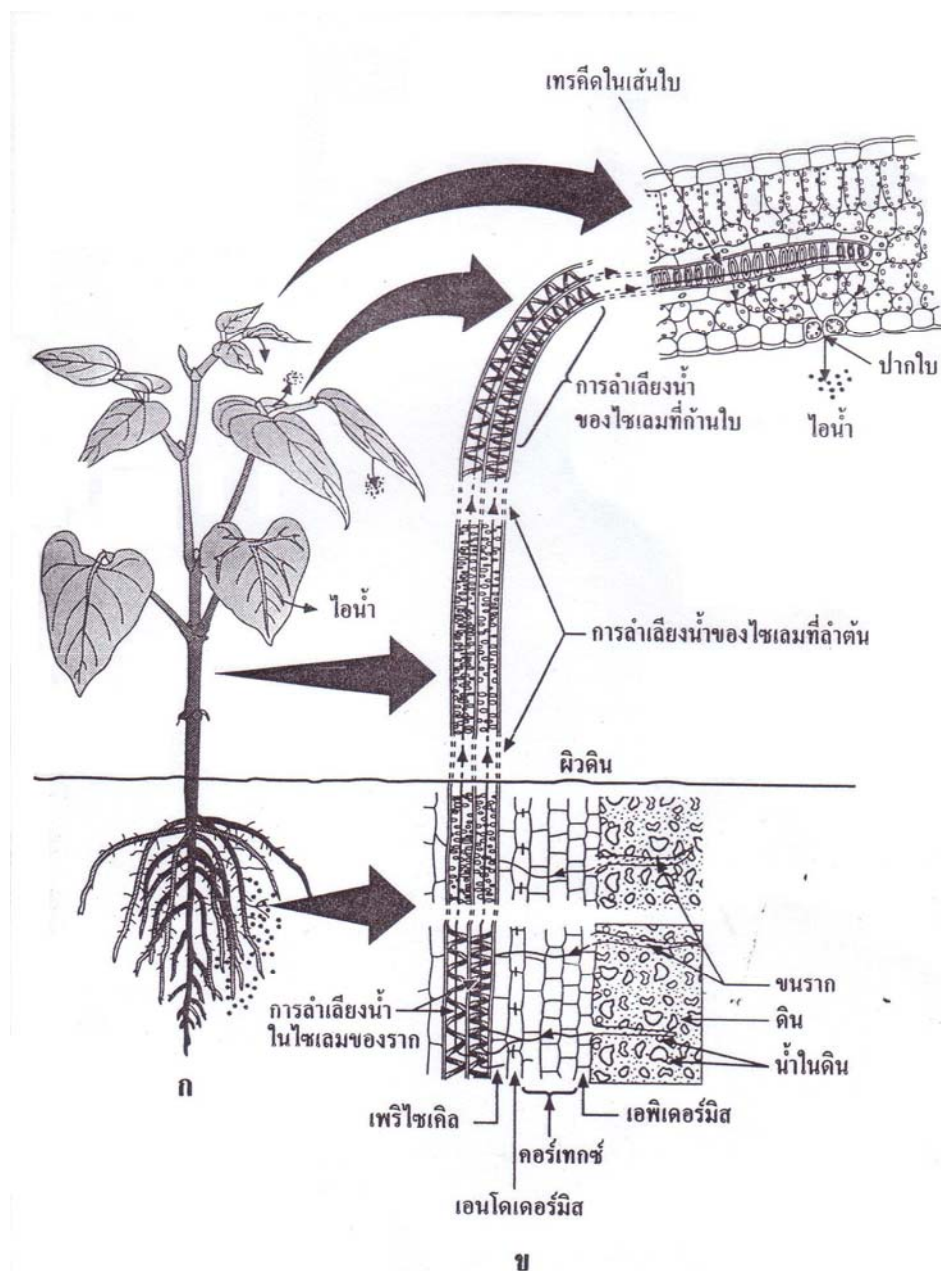
เมื่อรากพืชนำน้ำเข้าทางขนรากน้ำจะเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีของรากเข้าสู่เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ หรือท่อไซเลมในราก จากภาพประกอบ 4-5 (หน้า 7-8) อาศัยความต่างของแรงดันเป็นตัวผลักดันน้ำให้ส่งต่อขึ้นไปยังลำต้น ใบ ยอดและส่วนอื่น ๆ ของพืชต่อไป ในพืชลำต้นสูง ๆ ต้องอาศัยแรงจำนวนมาก ซึ่งเกิดได้โดยอาศัยแรงดึงและแรงดันภายในพืช เช่น แรงดันราก (Root Pressure) และกัตเทชัน(Guttation) ตลอดจนแรงดึงจากการคายน้ำเป็นต้น



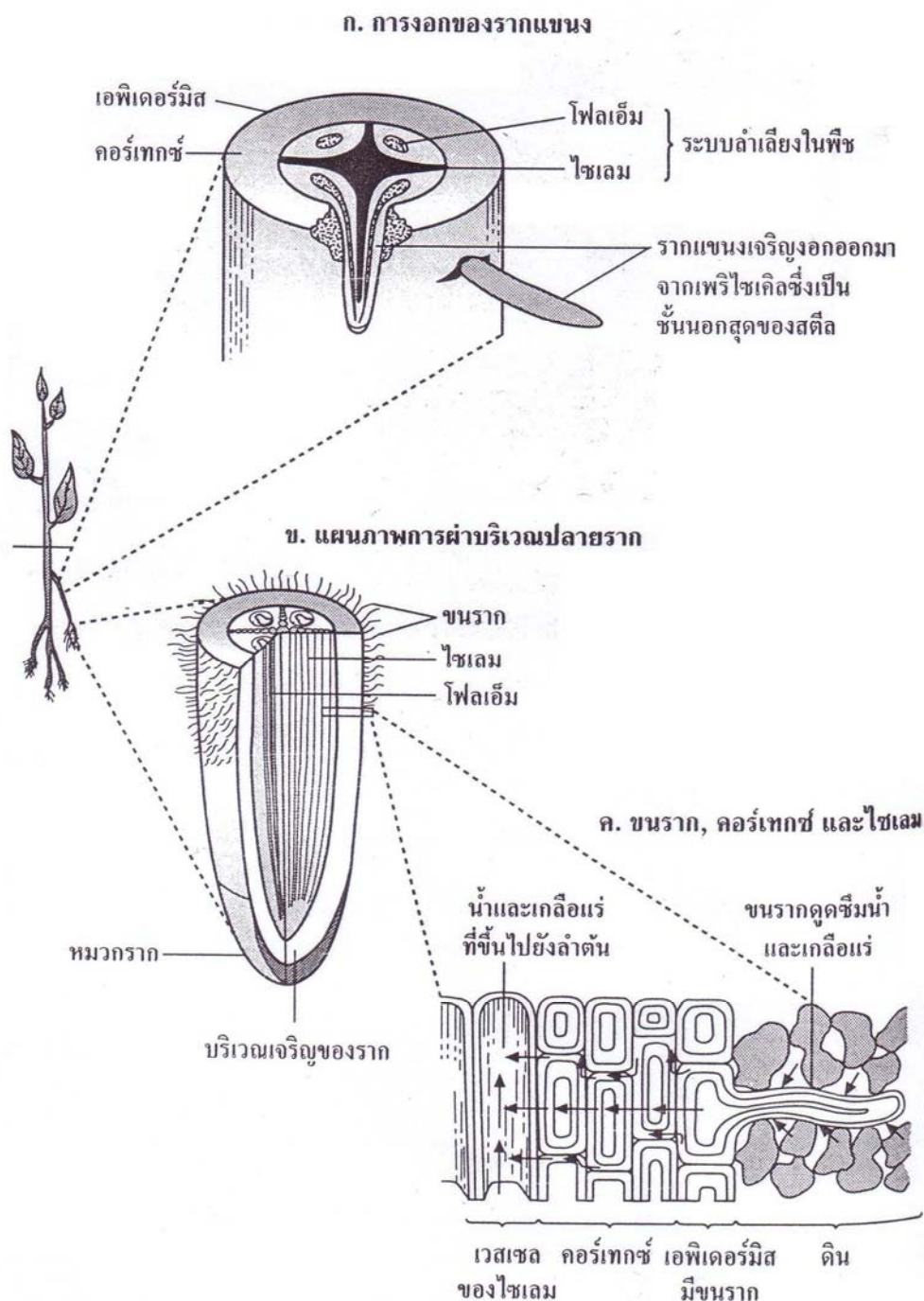
ภาพประกอบ 2 เปรียบเทียบการตัดตามขวางของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่(กล้วย) กับ ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์. (2537:57).



ภาพประกอบ 3 เปรียบเทียบการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่(กล้วย) กับรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2537: 316)



ภาพประกอบ 4 แผนภาพการลำเลียงน้ำของต้นถั่ว (ก) และ (ข) แผนภาพท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) ในส่วนต่างๆ ของพืช พร้อมกับใบคายน้ำทำให้เกิดแรงดูดน้ำจากรากขึ้นไป
ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2537: 309).



ภาพประกอบ 5 แผนภาพเนื้อเยื่อที่ใช้ในการลำเลียงบริเวณรากของพืชใบเลี้ยงคู่

ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2537: 310).

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ระบุบริเวณที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากส่วนตัดตามขวางหรือตัดตามยาวของรากและลำต้นจากสไลด์หรือภาพที่ศึกษาได้

2. ใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การเตรียมพืชสดได้ถูกต้อง
เวลาที่ใช้ 60 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. ดันขึ้นฉ่าย	2	ตัน
2. ใบมีดโกน	1	อัน
3. น้ำหมักสีแดงหรือสีผสมอาหารสีแดง	15	cm ³
4. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1	ใบ
5. กล้องจุลทรรศน์	1	กล้อง
6. หลอดหยด	1	อัน
7. น้ำ	1/2	ลิตร
8. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	1	ชุด
9. สไลด์ถาวรลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	1	อัน
10. สไลด์ถาวรลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่	1	อัน
11. ฟุ้งกันขนาดเล็ก	1	อัน
12. จานเพาะเชื้อ	1	ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

ครูควรแช่ดันขึ้นฉ่ายล่วงหน้า 1 วันสำหรับการสาธิต

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูให้นักเรียน นำดันขึ้นฉ่าย 2 ดันที่มีรากมาล้างรากให้สะอาด แล้วจุ่มลงในน้ำธรรมดาและน้ำผสมสีผสมอาหารสีแดงเข้ม
2. ครูแสดงวิธีตัดลำต้นตามยาวและตามขวางเพื่อให้บางที่สุด
3. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายในรากและลำต้น โดยใช้ใบมีดโกนตัดตามขวางและตามยาว เตือนให้นักเรียนระมัดระวังเวลาใช้ใบมีดโกน เพราะอาจบาดมือได้
4. ครูย้ำเกี่ยวกับการใช้กล้องให้ถูกวิธีอีกครั้งหนึ่ง

วิธีทดลอง

1. นำดันขึ้นฉ่าย ไปล้างรากให้สะอาด 2 ดัน นำดันขึ้นฉ่ายดันที่ 1 แช่น้ำหมักแดง 30 นาที ดันที่ 2 แช่น้ำธรรมดา 30 นาที
2. นำดันขึ้นฉ่ายที่แช่น้ำหมักแดงและแช่น้ำ ไปตัดตามยาวและตัดตามขวาง โดยใช้ใบมีดโกนสังเกตและวาดภาพในตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1

3. นำต้นขึ้นถ่ายที่แช่ในน้ำหมักแดงและแช่น้ำ ไปตัดตามขวาง โดยใช้ใบมีดโกน เพื่อศึกษารากและลำต้น วางลงบนกระจกสไลด์ในหยดน้ำ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 4 และ 10 สังกะสี วาดภาพในตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2

4. ให้นักเรียนศึกษาภาพตัดตามขวางของราก , ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ จากสไลด์ถาวรวาดภาพในตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2

5. สรุปผลการทดลอง

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....ชั้น.....
 ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....
 ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

สมมติฐาน

.....

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

อุปกรณ์และสารเคมี

1.....6.....

2.....7.....

3.....8.....

4.....9.....

5.....10.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตาราง 1 แสดงภาพเปรียบเทียบส่วนต่างๆ ของพืช
ตอนที่ 1 การสังเกตด้วยตาเปล่า

ผลการสังเกต	
ส่วนที่แช่น้ำธรรมดา	ส่วนที่แช่น้ำหมักสีแดง
1. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามยาว	1. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามยาว
- ลำต้น	- ลำต้น
2. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามขวาง	2. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามขวาง
- ลำต้น	- ลำต้น

ตอนที่ 2 แสดงส่วนต่างๆ ของพืชจากการสังเกตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ตาราง 2.1 ภาพเปรียบเทียบส่วนต่างๆ ของพืชจากการเตรียมสไลด์

ผลการสังเกต	
ส่วนที่แช่น้ำ	ส่วนที่แช่น้ำหมึกสีแดง
1. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามขวาง	1. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามขวาง
2. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามยาว	2. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามยาว

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ผลการสังเกต

ส่วนที่แช่น้ำ

ส่วนที่แช่น้ำหมักสีแดง

3.ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามขวาง

3.ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามขวาง

4. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามยาว

4. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามยาว

ตอบคำถาม

1. ลักษณะลำต้นขึ้นง่ายก่อน-หลังแช่น้ำผสมสีแดง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ตอบ

2. เมื่อสังเกตจากลำต้นขึ้นง่ายที่ตัดตามขวางและตัดตามยาว จะพบสีแดงอยู่ที่ส่วนของพืช เพราะเหตุใด

ตอบ

3. จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าพืชมีการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอย่างไร

ตอบ

4. เปรียบเทียบโครงสร้างการลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่จากสไลด์ถาวรว่ามีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ

5. นักเรียนอธิบายได้หรือไม่ว่าการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ต่างกับการลำเลียงอาหารอย่างไร

ตอบ

6. โครงสร้างที่นักเรียนศึกษาจากต้นขึ้นง่าย เหมือนหรือแตกต่างจากสไลด์ถาวร หรือภาพในใบความรู้หรือไม่ อย่างไร

ตอบ

บทปฏิบัติการที่ 5
วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

สารสำคัญ

พืชผักในท้องตลาดอาจมีสารพิษตกค้าง เช่น สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ที่เรียกกันผิด ๆ ว่ายาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืช ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค การบริโภคพืชผักที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์ เป็นพืชปลอดจากสารพิษตกค้าง ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข เป็นการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติลโคลีน สามารถสังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลองตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมากแสดงว่ามีสารอะซิติลโคลีนในปริมาณมาก

สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)

1. ความหมาย

สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 163 (พ.ศ.2538) หมายถึง “สารเคมีที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขจัด หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือใช้ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร หรือเป็นสารเคมีที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (ectoparasites)

นอกจากนี้ยังให้หมายรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อนและสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากการเก็บรักษา และการขนส่งแต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร และยาสำหรับสัตว์

2. ประวัติและวิวัฒนาการการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

เดิมมนุษย์เคยอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมของธรรมชาติที่สมดุล ป่าที่มีความสมดุลทางธรรมชาติจะประกอบด้วยพืชนานาชนิดที่มีปริมาณพอดี และอยู่ในสภาพสมดุลกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในสภาพดังกล่าว การควบคุมทางธรรมชาติจะควบคุมให้จำนวนประชากรอยู่ในช่วงระดับสูงต่ำในช่วงเวลาหนึ่ง ต่อมามนุษย์ได้เลือกวิถีทางเพื่อนำมาซึ่งความมั่นคงในการดำรงชีวิตมากยิ่งขึ้น โดยมนุษย์ทำการเลี้ยงสัตว์และเพาะปลูก เพื่อให้ได้อาหารและเครื่องนุ่งห่ม วิวัฒนาการดังกล่าวนี้ได้มีส่วนช่วยให้จำนวนประชากรของโลกมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ เช่น

การเพาะปลูกพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดใดชนิดหนึ่ง ได้เปลี่ยนสภาพป่าให้เสียความสมดุลทางธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะมีการขยายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากมีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเจริญอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ เมื่อเกิดความไม่สมดุลดังกล่าวนี้ มนุษย์จึงต้องพยายามควบคุมสิ่งมีชีวิตที่คอยแก่งแย่งหรือทำลายพืช ซึ่งทำให้มนุษย์ต้องเสียประโยชน์ ต้องพยายามควบคุมสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรคมานุมนุญ และสัตว์เลี้ยง นอกจากนั้นยังต้องพยายามควบคุมพืชที่แก่งแย่งอาหารของพืชเกษตรกรรมอีกด้วย มนุษย์จึงต้องพยายามแสวงหาวิธีการต่าง ๆ ในระยะแรกมนุษย์รู้จักวิธีการควบคุมโดยวิธีง่าย ๆ เช่น การควบคุม โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น การล้อมรั้ว การถอนวัชพืชด้วยมือ จนกระทั่งในสมัยต่อมามนุษย์เริ่มรู้จักการควบคุมโดยใช้สารเคมี

3. การควบคุมการใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ อาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะต้น ระยะที่สองและระยะที่สาม

1) ระยะต้น สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์และศัตรูสัตว์ในระยะต้น เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ได้แก่

- สารอนินทรีย์ มีหลักฐานว่าชาวจีนรู้จักใช้สารหนูเพื่อฆ่าแมลงมาเป็นเวลานานกว่าสองพันปี เนื่องจากสารอนินทรีย์เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ในปัจจุบันนี้จึงได้มีการนำสารเคมีประเภทนี้กลับมาใช้อีก ได้แก่ สารประเภทสารหนู เช่น ตะกั่วอาร์ซีนีต แคลเซียมอาร์ซีนีต เป็นต้น และสารอนินทรีย์อื่น ๆ เช่น ครีโอลไลต์ โซเดียมฟลูออไรด์ กำมะถันผง และคอปเปอร์ซัลเฟต เป็นต้น

- สารที่สกัดจากพืช แม้ว่าสารเคมีที่สกัดจากพืชจะมีอยู่หลายชนิด และได้มีผู้ใช้นานนับพันปีเพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ แต่สารดังกล่าวหลายชนิดยังขาดข้อมูลทางพิษวิทยาที่ละเอียดเพียงพอ ในปัจจุบันนี้สารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและศึกษาค้นคว้าเพิ่มขึ้นมากเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนนิยมใช้มากขึ้น เพราะได้พบว่าสารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น ไพรีทรินส์ที่สกัดได้จากพืช มีประสิทธิภาพสูง ฆ่าแมลงได้รวดเร็ว และแมลงสร้างความต้านทานต่อสารต่ำ นอกจากนั้นยังพบข้อดี คือ มีพิษต่อคนและสัตว์เลี้ยงน้อยมาก ในขณะที่ไม่สะสมในร่างกายสิ่งมีชีวิต และสลายตัวได้ดีในสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียสำหรับการใช้สารเคมีที่สกัดจากพืชเหล่านี้ ได้แก่ การที่สารเคมีเหล่านี้หมดฤทธิ์เร็ว จึงทำให้สิ้นเปลือง

2) ระยะที่สอง เป็นระยะที่มีการสังเคราะห์สารอินทรีย์เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเริ่มตั้งแต่ระยะสงครามโลกครั้งที่สองจนถึงปัจจุบัน สารเคมีในระยะที่สอง หรือระยะกลางนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ปัจจุบันนี้สารเคมีดังกล่าวมีจำหน่ายตามท้องตลาดของประเทศไทยมากมาย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามานับประการ เนื่องจากสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นนี้มีพิษสูงมากต่อสิ่งมีชีวิต และส่วนใหญ่ตกค้าง สะสม เพราะสลายได้ดีในไขมัน นอกจากนั้น

บางชนิดยังมีความคงทน สลายตัวได้ยากในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย สารเคมีสังเคราะห์กลุ่ม
ออร์กาโนคลอรีน ชนิดแรกที่สังเคราะห์ได้คือ ดีดีที (dichloro diphenyl trichloro ethane)

การใช้สารเคมีสังเคราะห์ทั่วโลกมีแนวโน้มไปสู่การใช้สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มออร์กาโน
ฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมตซึ่งสลายตัวง่ายกว่า

3) ระยะที่สาม หลังจากระยะกลางที่มีการนำสารเคมีสังเคราะห์มาใช้เพื่อป้องกันกำจัด
ศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และสัตว์กันอย่างแพร่หลายแล้ว ประชาชนและรัฐบาลในหลายประเทศทั่วโลก
ได้เริ่มตระหนักถึงปัญหาความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ความเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ และปัญหา
การต้านทานของศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ที่มีต่อวัตถุมีพิษดังกล่าว ในระยะที่สามนี้จึงได้มี
การพยายามนำสารเคมีอื่นๆ มาใช้ ซึ่งเรียกว่ายามาศัตรูพืช สารเคมีในระยะที่สามเป็นสารคล้าย
ฮอร์โมน และเฟอโรโมนส์ มีการนำมาใช้ร่วมกับการควบคุมโดยชีววิธี การควบคุมลักษณะทาง
พันธุกรรม เป็นต้น

จากสถิติการนำเข้าสารเคมีเข้าประเทศไทยเพื่อใช้ฆ่าแมลงศัตรูพืช พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น
อย่างมากในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาปราบวัชพืชมีปริมาณการสั่งเข้าเพิ่ม
สูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพื่อนำมาทดแทนการขาดแคลนแรงงานที่ใช้ในการเกษตร ส่วนการนำเข้าของยา
ฆ่าแมลงนั้นนับว่ายังมีปริมาณการสั่งเข้ามาในประเทศไทยสูงมาก

4. ระดับความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ความเป็นพิษ หมายถึง ความสามารถเฉพาะตัวของสารใดสารหนึ่งในการก่อให้เกิดการ
บาดเจ็บต่อสิ่งมีชีวิต การบาดเจ็บดังกล่าวแสดงให้เห็นในลักษณะต่าง ๆ เช่น พิษเฉียบพลัน และพิษ
เรื้อรัง

พิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง พิษที่เกิดขึ้นจากสารนั้น อาจเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เช่น การ
เกิดพิษเฉียบพลันจากสารเคมีกำจัดแมลง ผู้ป่วยมีอาการน้ำตาน้ำลายไหลเหงื่อออก ม่านตาหรี่ เมื่อ
ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปริมาณมากทันทีทันใด หรือเกิดพิษเรื้อรัง ซึ่งอาจต้องใช้ช่วงเวลานาน
หลังจากได้รับสารนั้นในปริมาณไม่มากเป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน ๆ เช่น การเกิดพิษต่อเม็ดเลือด
การเกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ การเกิดเนื้องอกและมะเร็ง เป็นต้น

การตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชผัก

เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคพืชผักและผลไม้ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์มีโครงการผลิตพืชผักและผลไม้อนามัย ด้วยการควบคุม และตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน
พืชผัก จากการสุ่มตัวอย่างพืชผักในสถานที่ต่าง ๆ แล้วนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษ
ตกค้างด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย เป็นเทคนิควิธีที่ซับซ้อนยุ่งยากกว่าการใช้ชุดทดลองตรวจหาฆ่า
แมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งใช้หลักการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงใน
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติกโคลิ้น สามารถ

สังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลอง ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมากแสดงว่ามีสารอะซิติลโคลีนในปริมาณมาก ซึ่งหมายถึงการมีสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตมากเช่นกัน

บทปฏิบัติการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

หลักการ

ความปลอดภัยในการบริโภคพืชผัก เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน เกษตรกรส่วนใหญ่ ใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช โดยขาดความรู้และขาดจิตสำนึกสาธารณะทำให้มีการตกค้างของสารพิษ การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นการปลูกพืชแบบปลอดสารพิษ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข การตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้าง ในพืชผักที่ทดลองปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์เปรียบเทียบกับพืชผักที่ซื้อจากท้องตลาด ชุดทดลองดังกล่าวใช้หลักการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติลโคลีน สามารถสังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลอง ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมากแสดงว่ามีสารอะซิติลโคลีนในปริมาณมาก ซึ่งหมายถึงการมีสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตมากด้วย

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างในพืชผักที่ซื้อจากท้องตลาด กับพืชที่ปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์

เวลาที่ใช้ 120 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | | |
|--------------------------|---|-----|
| 1. ถาดน้ำควบคุมอุณหภูมิ | 1 | ชุด |
| 2. อุปกรณ์การผสม (Mixer) | | |
| 3. อุปกรณ์ระเหยตัวอย่าง | 1 | ชุด |
| 4. ชุดน้ำยา | 1 | ชุด |
| 4.1. น้ำยาสกัด-1 | | |
| 4.2. น้ำยาสกัด-2 | | |
| 4.3. จีที-2 | | |
| 4.4. จีที-2.1 | | |
| 4.5. จีที-3 | | |

4.6. จีที-3.1

4.7. จีที-5

4.8. จีที-4

4.9. จีที-1

5. ขวดตัวอย่าง

4 ขวด

6. หลอดทดลอง

6 หลอด

7. ตะแกรงวางหลอดทดลอง

1 อัน

8. หลอดหยดพลาสติก

12 หลอด

10. เทอร์มอมิเตอร์

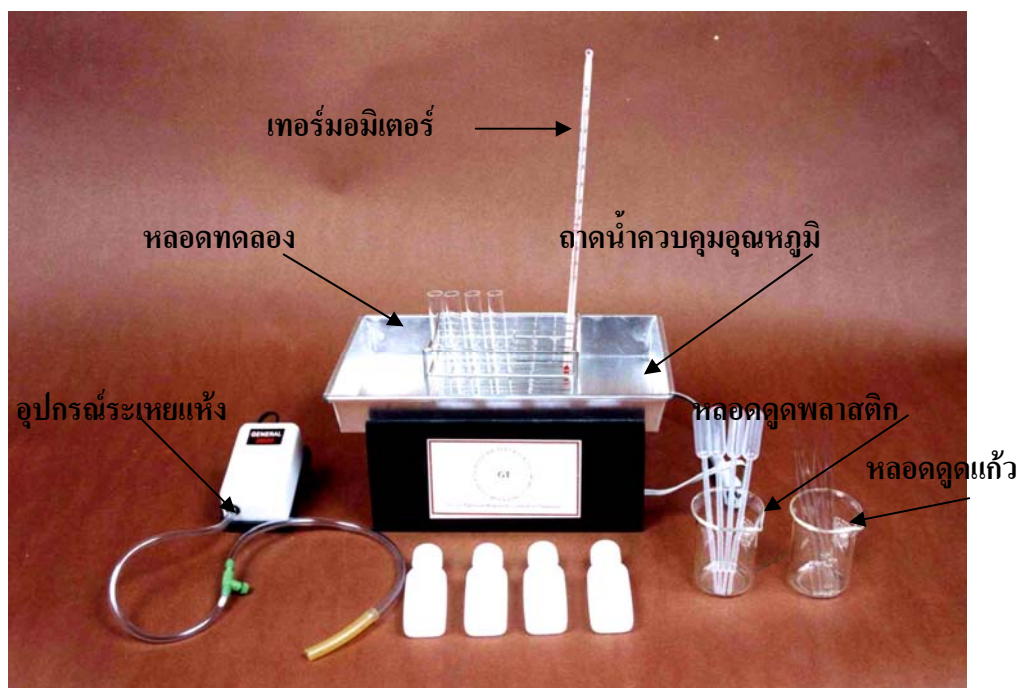
1 อัน

11. หลอดหยดแก้ว

5 หลอด

12. ผักจากตลาดหลายแห่ง

13. แผนวิทัศน์ แสดงการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชตกค้างในพืชผัก ของ
กระทรวงสาธารณสุข



ขวดตัวอย่าง

ภาพประกอบ 14 แสดงอุปกรณ์ชุดตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช

ที่มา : การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผลทางการเกษตร โดยขุน้ำยาจีที. (วิทัศน์). (2540)

กรุงเทพฯ: กอบทอง รูปหอม.

วิธีทดลอง

1. ศึกษา การตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในพืชผักจากตลาดและพืชที่ทดลองปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์โดยใช้ชุดการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างในพืชผักของกระทรวงสาธารณสุข จาก VCD

2. สุ่มตัวอย่างพืชผักจากท้องตลาด หากเป็นผักประเภทใบผักนํ้าน้อย เช่น คะน้า กวางตุ้ง ให้ผ่าเป็น 2 ส่วนตามแนวยาวของลำต้น แล้วเลือกมา 1 ส่วน ถั่วฝักยาวหั่นเป็น 3 ท่อน ผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วสุ่มมา 200 กรัม (2 ซีด) หั่นให้ละเอียดดังภาพประกอบ 15 ถ้าเป็นผักนํ้ามาก เช่น มะเขือเทศหั่นหยาบ



ภาพประกอบ 15 แสดงการหั่นผักเพื่อการตรวจสอบหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก
ที่มา : การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผลทางการเกษตร โดยขุน้ำยาจีที. (วิทัศน์). (2540)

กรุงเทพฯ: กอบทอง รูปหอม.

3. ตัก/ชั่งตัวอย่างผักที่หั่นละเอียด 5 กรัมใส่ขวดตัวอย่าง

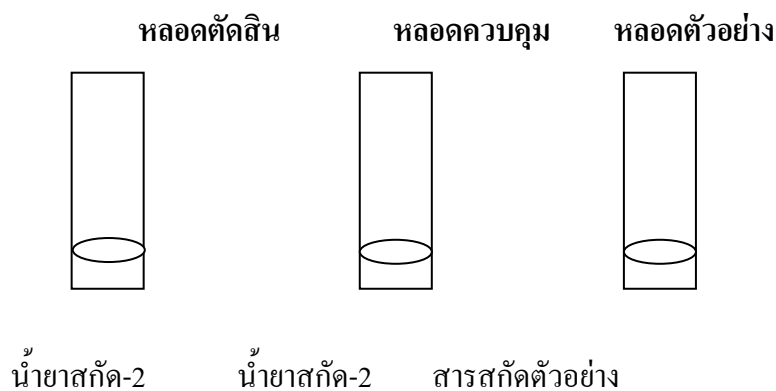
- ผักสมุนไพร ใส่ 2.5 กรัม (1 ซีดของขวด)
- ผักนํ้ามาก ใส่ 5 กรัม (1 ซีดของขวด)
- ผักนํ้าน้อย ใส่ 5 กรัม (2 ซีดของขวด)

4. ใส่นํ้ายาสกัด-1 จำนวน 5 cm^3 (ท่วมตัวอย่าง หรือ 2 ซีดของขวด) เขย่านาน 1 นาที แล้ววางทิ้งไว้ 5-10 นาที

5. ดูดสารละลายสกัด-1 (จากขวดตัวอย่าง) ใส่อหลอดแก้วทดลอง 1 cm^3 แล้ว ใส่นํ้ายา

สกัด-2 จำนวน 1 ซีซี (cm^3) จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไประเหยในถาดน้ำควบคุมอุณหภูมิ ระเหย โดยนำหลอดแก้วปลายแหลม ต่อกับอุปกรณ์ระเหยและจุ่มลงในหลอดตัวอย่าง เป่าลมประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าชั้นล่างจะหมดไป

6. ตัวอย่างที่ผ่านการระเหยเอาน้ำยาสกัด-1 ออกหมดจะเหลือสารละลายสกัด-2 จำนวน 1 cm^3 แล้วจึงนำไปตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงตกค้าง ด้วยการนำหลอดแก้วทดลอง จำนวน 2 หลอด เป็นหลอดเปรียบเทียบเพื่อตัดสิน (Positive control) และหลอดควบคุม (Negative control) เติมน้ำยาSolvent-2 จำนวน 1 ส่วน (0.25cm^3) ลงทุกหลอดดังแผนภาพ แล้วแช่ในถาดน้ำอุ่น

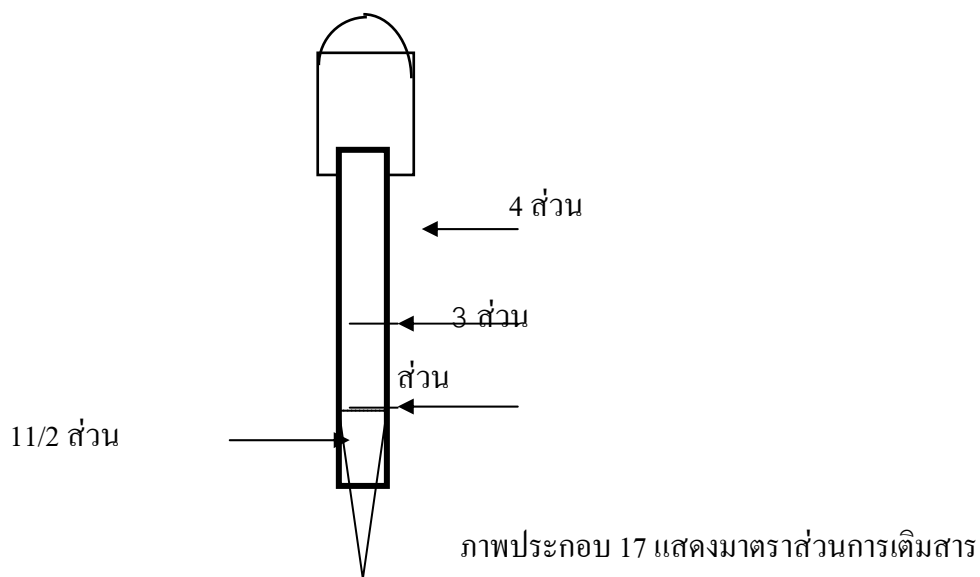


ภาพประกอบ 16 แสดงหลอดทดลองการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงตกค้าง

7. เติมน้ำยาจีที-1 จำนวน 0.5 ซีซี วางทุกหลอดไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นาน 10-15 นาที

8. ระหว่างรอเวลา ผสมจีที-2 และจีที 2.1 และ ผสมจีที-3 และจีที 3.1 เมื่อครบเวลา เติมน้ำยาผสมจีที-2+2.1 จำนวน 0.25 cm^3 (1 ส่วน) ลงทุกหลอด ยกเว้นหลอดตัดสิน เติม 0.37 cm^3 (1 1/2 ส่วน) วางทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 30 นาที ตั้งวางไว้ 60 นาที / 30 นาที หรือ 15 นาที ดูจากฉลากจีที-1

9. เติมน้ำยาผสมจีที 3+3.1 จำนวน 1.0 cm^3 ทุกหลอดเขย่าให้เข้ากัน มาตรฐานการเติมสารเป็นส่วน ๆ มีขนาดดังภาพประกอบ 12

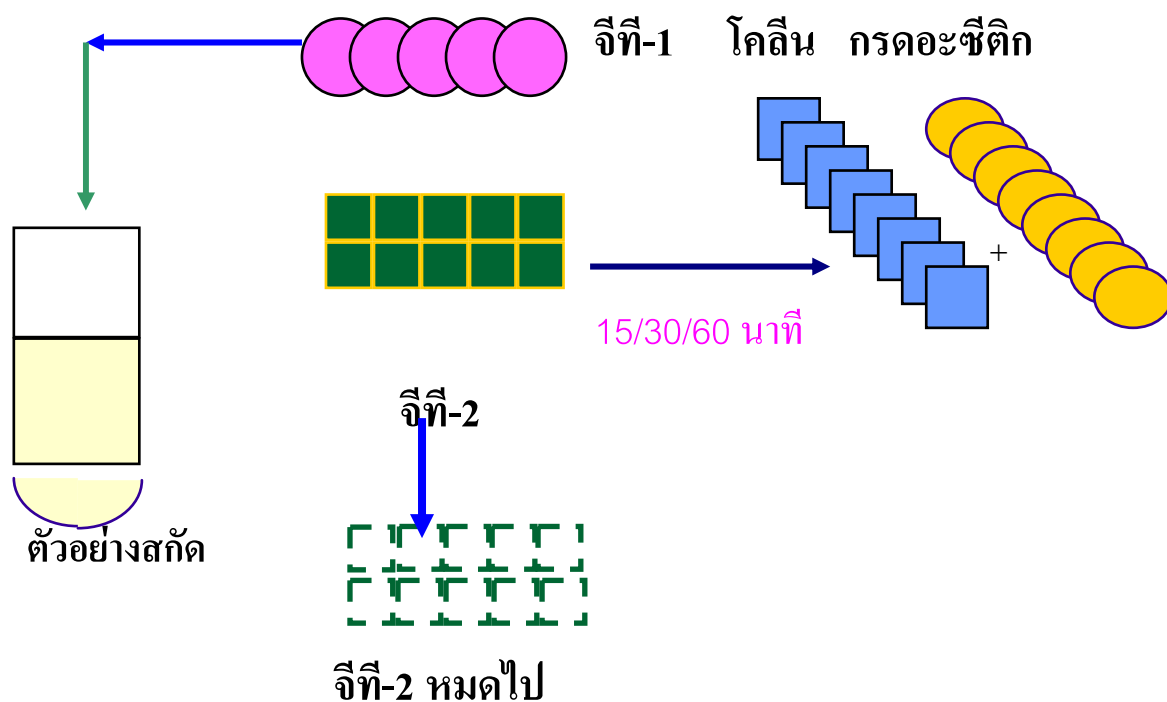


10. เติมน้ำยาจีที-4 จำนวน 0.5 cm^3 ทุกหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมน้ำยาจีที-5 จำนวน 0.5 cm^3 ลงทุกหลอด เขย่าให้เข้ากัน สังเกตและเปรียบเทียบสีที่ปรากฏในหลอดตัวอย่าง หลอดควบคุมและหลอดตัดสิน บันทึกผลการทดลอง

หลักการของชุดทดสอบ

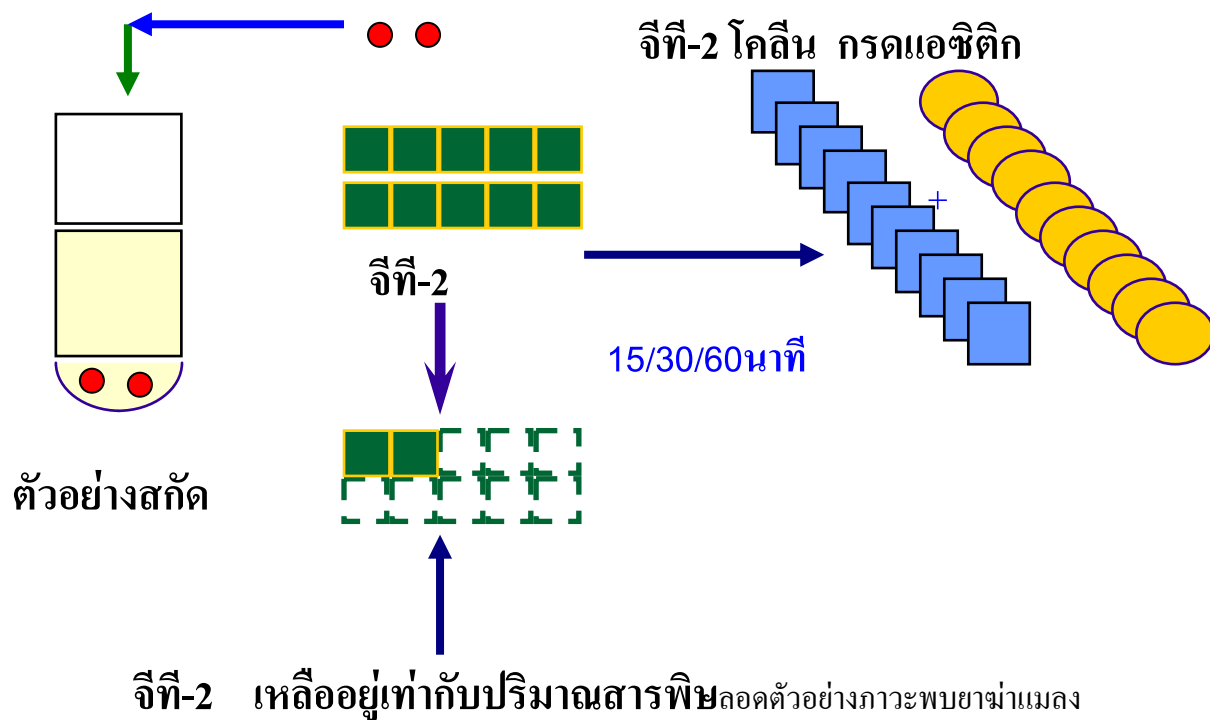
(Choline Esterase Inhibition technique)

1 หลอดควบคุม / ภาวะที่ไม่พบยาฆ่าแมลง

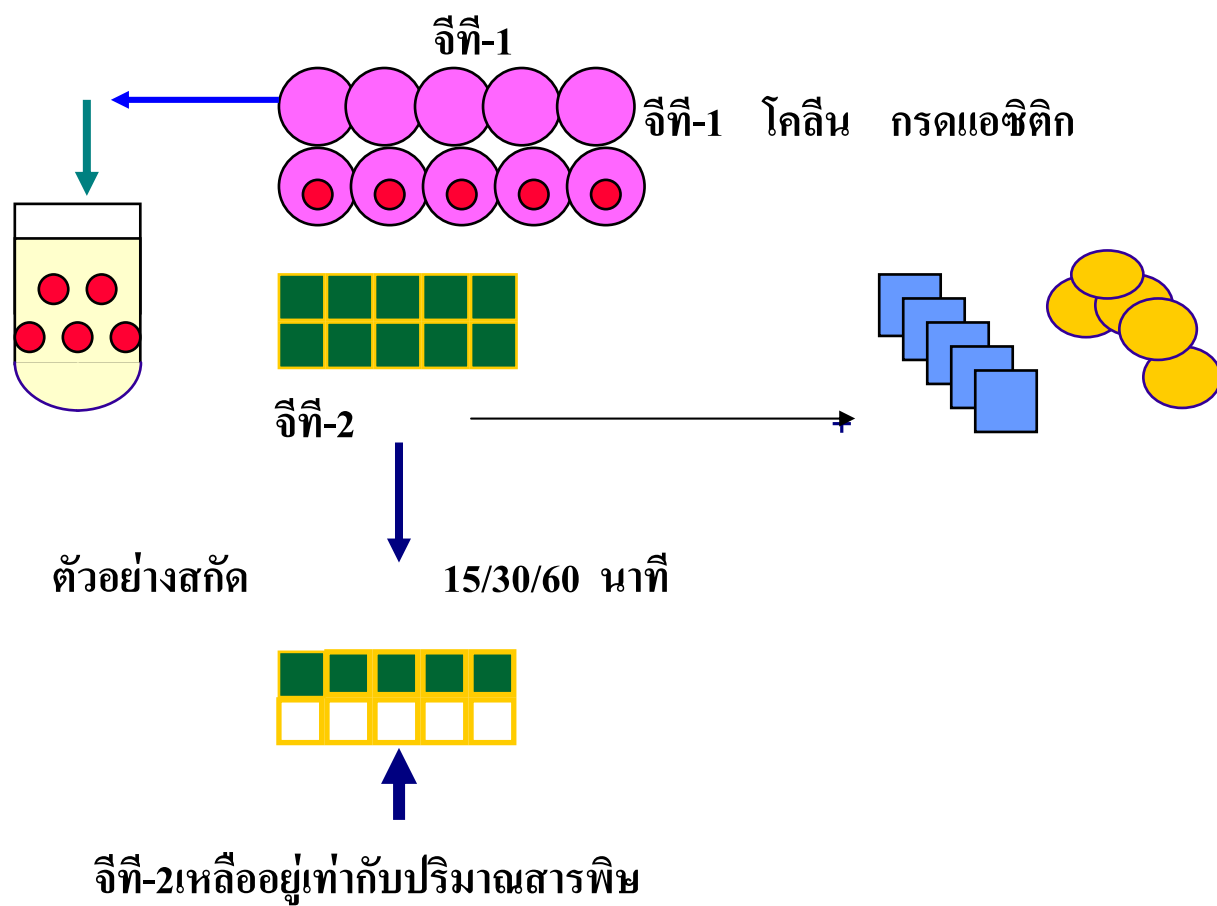


2 หลอดตัวอย่างภาวะพบยาฆ่าแมลง

ในระดับปลอดภัย (พบปริมาณ < 1 50%)



ในระดับไม่ปลอดภัย (พบปริมาณ > 1 50%)



รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

วัน/เดือน/ปี.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ชื่อผู้ทดลอง.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

2.....

สมมติฐาน

.....

.....

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/6 กลุ่ม)

1..... 6.....

2..... 7.....

3..... 8.....

4..... 9.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ชนิดของตัวอย่างและ		ความเข้มของสีที่ปรากฏ	
แหล่งที่มา	หลอดควบคุม	หลอดตัวอย่าง	หลอดตัดสี

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบคำถาม

1. ทำไมต้องหั่นฝักตัวอย่างในการทดลองให้ละเอียด

ตอบ

2. สีที่ได้จากการทดลองหลังเติมน้ำยাজีที-5 ของหลอดควบคุม , หลอดตัวอย่างและหลอดตัดสีต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ.....

.....

3. นักเรียนทราบได้อย่างไร ว่าหลอดตัวอย่างมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง

ตอบ.....

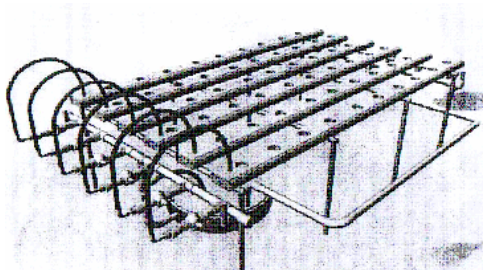
4. อะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง ในพืชผัก

ตอบ.....

.....

.....

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์สำหรับนักเรียน
ช่วงชั้นที่ 3



คำนำ

คู่มือการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์เป็นคู่มือที่นำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ชื่อวิชา นิเวศวิทยาและพฤกษานาฏ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เพื่อการให้ความรู้ความเข้าใจ และฝึกขั้นตอนของทักษะกระบวนการและทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชผักด้วยการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์เพื่อลดการใช้สารเคมีดังกล่าวได้

กระบวนการสร้างคู่มือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรการศึกษา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีปลูกพืช แบบไฮโดรพอนิกส์ ความจำเป็นของธาตุอาหารที่มีต่อพืช ส่วนที่ใช้ในการลำเลียงของพืช วิธีตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชผัก ทำการศึกษาทดลองเพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้นจากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลที่พบกับเอกสารอ้างอิงเพื่อให้ได้เนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชา ขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ตรวจสอบโดยการทดลองปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ภาคสนามในโรงเรียนหลังจากนั้นจึงรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจัดเป็นรูปเล่มในลักษณะคู่มือที่มีรูปภาพประกอบที่ชัดเจนสวยงามและง่ายต่อการใช้งานสำหรับให้นักเรียนใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติภาคสนาม

นางสาววารีย์ บุญลือ

สารบัญ

หน้า

ข้อแนะนำในการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทนำ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหา

ยาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

ข้อแนะนำในการใช้ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

ชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ประกอบด้วย 5 บทปฏิบัติการ ได้แก่

บทปฏิบัติการที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

บทปฏิบัติการที่ 2 การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

บทปฏิบัติการที่ 3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

บทปฏิบัติการที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดครูและนักเรียนควรปฏิบัติ ดังนี้

บทบาทของครู

1. ครูควรศึกษาและทำความเข้าใจบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ก่อนการนำไปใช้
2. ครูควรศึกษา ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
3. ครูควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการเรียนการสอนไว้ล่วงหน้า โดยครูอาจให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดเตรียมอุปกรณ์
4. ครูควรมีการตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการเรียนการสอนทั้งก่อนและหลังสอนทุกครั้ง
5. ครูควรอธิบายขั้นตอนการใช้ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ให้ชัดเจนก่อนที่นักเรียนจะปฏิบัติ
6. ขณะปฏิบัติกิจกรรมควรดูแลอย่างทั่วถึง และให้คำแนะนำในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจกิจกรรม
7. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรม

บทบาทของนักเรียน

1. นักเรียนควรศึกษาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์นี้ล่วงหน้าก่อนปฏิบัติกิจกรรมและปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ
2. เมื่อแบ่งกลุ่มแล้วให้แต่ละกลุ่มเลือกหัวหน้ากลุ่มและจัดแบ่งภาระหน้าที่สมาชิกทุกคน
3. นักเรียนต้องนำชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นี้มาใช้เรียน
4. นักเรียนทุกคนต้องช่วยกันรับผิดชอบ ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีก่อนและหลังการใช้ทุกครั้ง

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนอธิบายความหมายและจำแนกประเภทของข้อมูลจากการสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูลได้
2. นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดและควบคุมตัวแปรได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนมีทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือและสารเคมีได้อย่างถูกต้อง
4. นักเรียนจัดกระทำนำเสนอข้อมูล และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่เข้าใจง่ายได้
5. นักเรียนตีความหมายข้อมูลและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้
6. นักเรียนมีความตระหนัก เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของ สารเคมีกำจัด ศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

บทนำ

คู่มือฉบับนี้เป็นแนวทางที่ใช้ประกอบการสอน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้นักเรียนศึกษาส่วนที่ใช้ในการลำเลียง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การเตรียมสไลด์พืชสด

หากศึกษาสไลด์ถาวรและสไลด์พืชสดของลำต้นพืชตัดตามขวาง แล้วใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายมากส่องดูมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยส่องดูจากศูนย์กลางของลำต้นเป็นหลักแล้ว จะพบท่อลำเลียงอาหาร อยู่ด้านนอก และท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านใน เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุมีขนาดใหญ่มีผนังเซลล์หนา รูปร่างหลายเหลี่ยมหรือรูปกลม สำหรับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารมีขนาดเล็กกว่าผนังหนากว่าเซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ รูปร่างหลายเหลี่ยม เซลล์จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช ความสำคัญของธาตุอาหารพืช ด้วยการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ คือการปลูกพืชในสารละลายที่มีธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆ (Nutrient Film Technique) หรือแบบ NFT โดยปลูกในโรงเรือนที่คลุมด้วยมุ้งขนาด 10 เมตร x 12 เมตร ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของ สารเคมีกำจัด ศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สามารถช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้ผู้บริโภคได้บริโภคพืชผักที่ปลอดสารพิษ

การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ประกอบการเรียนการสอน มีวิธีการดังนี้

1. ศึกษาส่วนที่ใช้ในการลำเลียงของพืช โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การเตรียมสไลด์พืชสด วาดรูปแสดงส่วนของพืชที่ใช้ในการลำเลียงจากสไลด์พืชสด และจากสไลด์ถาวร ศึกษาเพิ่มเติมได้จากภาพประกอบที่ 1-10 ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1
2. ศึกษารายละเอียดการใช้อุปกรณ์ต่างๆ การวัดค่าการนำไฟฟ้า , การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ของสารละลายธาตุอาหารพืช และการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ โดยศึกษาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
3. ศึกษาการ เจริญเติบโตของพืช ความสำคัญของธาตุอาหารพืช ด้วยการวัดอัตราการงอกความสูง ความยาวรากและ น้ำหนัก สังเกตและบันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน
4. กรณีศึกษาเรื่อง ค่า pH และ EC ที่แตกต่างกันมีผลต่อพืชอย่างไร โดยใช้ชุดปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ชนิดถ่วงโฟม สังเกตและบันทึกผลการทดลองตามแบบตารางในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

5. ศึกษา อภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก และวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก โดยชุดตรวจหายาฆ่าแมลงจีที ของกองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จากแผ่นซีดี ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการศึกษาดพบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ ว่า เป็นอีกทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ระบุบริเวณที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากส่วนตัดตามขวางหรือตัดตามยาวของรากและลำต้นจากสไลด์หรือภาพที่ศึกษาได้
2. ใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การเตรียมพืชสดได้ถูกต้อง

เวลาที่ใช้ 60 นาที

อภิปรายก่อนการทดลอง 10 นาที

ทดลอง 40 นาที

อภิปรายหลังการทดลอง 10 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. ต้นขึ้นฉ่าย	2	ต้น
2. ใบมีดโกน	1	อัน
3. น้ำหมึกสีแดงหรือสีผสมอาหารสีแดง	15	cm ³
4. ปีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1	ใบ
5. กล้องจุลทรรศน์	1	กล้อง
6. หลอดหยด	1	อัน
7. น้ำ	1/2	ลิตร
8. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	1	ชุด
9. สไลด์ถาวรลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	1	อัน
10. สไลด์ถาวรลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่	1	อัน
11. ฟุ้งกันขนาดเล็ก	1	อัน
12. จานเพาะเชื้อ	1	ใบ
13. กระดาษชำระ	1	ม้วน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูควรแช่ต้นขึ้นฉ่ายล่วงหน้า 1 วันสำหรับการสาธิต

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูให้นักเรียน นำต้นขึ้นฉ่าย 2 ต้นที่มีรากมาล้างรากให้สะอาด แล้วจุ่มลงในน้ำธรรมดาและน้ำผสมสีผสมอาหารสีแดงเข้ม
2. ครูแสดงวิธีตัดลำต้นตามยาวและตามขวางเพื่อให้บางที่สุด
3. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายในรากและลำต้น โดยใช้ใบมีดโกนตัดตามขวางและตามยาว เตือนให้นักเรียนระมัดระวังเวลาใช้ใบมีดโกน เพราะอาจบาดมือได้
4. ครูย้ำเกี่ยวกับการใช้กล้องให้ดูวิธีอีกครั้งหนึ่ง

แนวการตั้งปัญหา

1. ส่วนประกอบใดของพืชที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ
2. พืชลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้ทุกส่วนของพืชหรือไม่
3. พืชลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้อย่างไร

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. แขนต้นขึ้นฉ่ายในสารละลายสีผสมอาหารสีแดง ส่วนที่ติดสีแดงน่าจะเป็นส่วนที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช
2. พืชน่าจะลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้ทุกส่วนของลำต้น

แนวการกำหนดตัวแปรที่ศึกษา

- ตัวแปรต้น...ของเหลวที่ใช้แช่ต้นขึ้นฉ่าย (น้ำผสมสีแดง , น้ำธรรมดา)
- ตัวแปรตาม สีที่ปรากฏในส่วนของต้นขึ้นฉ่าย
- ตัวแปรควบคุม ชนิดของสีที่ใช้แช่ , ระยะเวลาในการแช่ , ชนิดของพืช

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตาราง แสดงภาพเปรียบเทียบส่วนต่างๆ ของพืช

ตอนที่ 1 การสังเกตด้วยตาเปล่า

ผลการสังเกต

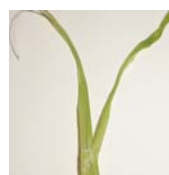
ส่วนที่แช่น้ำธรรมดา

1. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามยาว
- ลำต้น

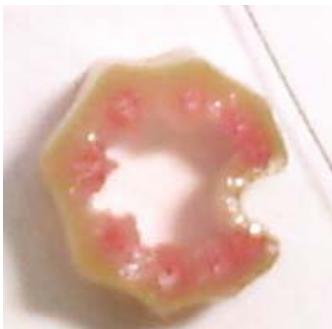


ส่วนที่แช่น้ำหมึกสีแดง

1. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามยาว
- ลำต้น



ตอนที่ 1 (ต่อ)

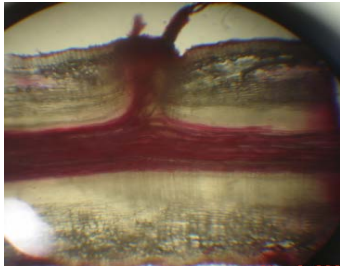
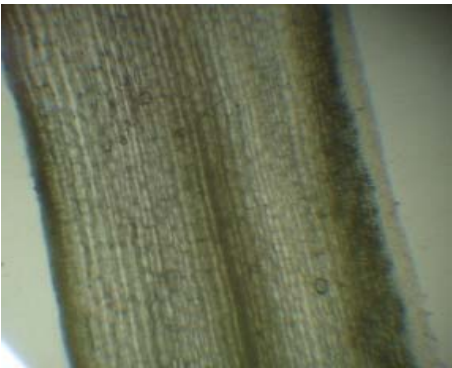
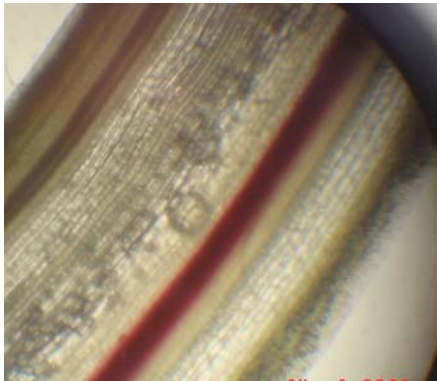
ผลการสังเกต	
ส่วนที่แช่น้ำธรรมดา	ส่วนที่แช่น้ำหมักสีแดง
2. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามขวาง - ลำต้น	2. ภาพส่วนของพืชที่ตัดตามขวาง - ลำต้น
	

ตอนที่ 2 แสดงส่วนต่างๆ ของพืชจากการสังเกตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

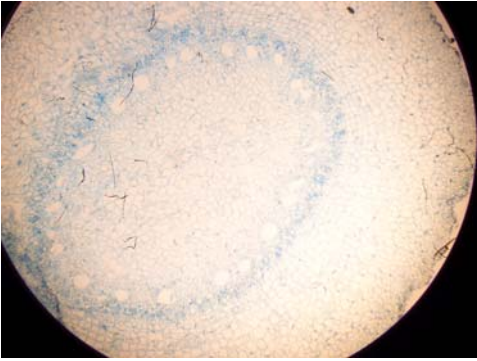
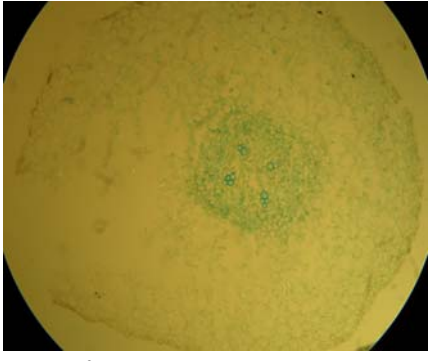
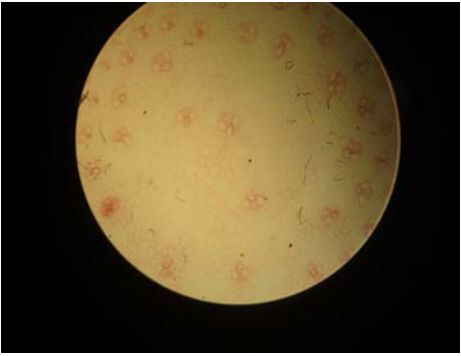
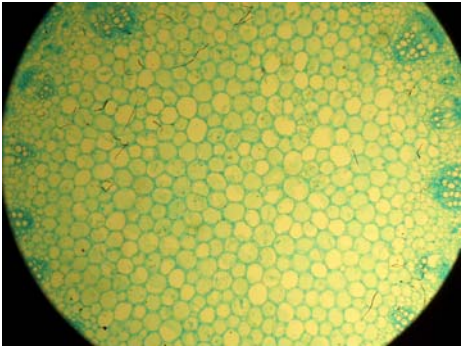
ตาราง 2.1 ภาพเปรียบเทียบส่วนต่างๆ ของพืชจากการเตรียมสไลด์

ผลการสังเกต	
ส่วนที่แช่น้ำ	ส่วนที่แช่น้ำหมักสีแดง
1. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามขวาง	1. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามขวาง
	
กำลังขยายภาพ 4x10 X	กำลังขยายภาพ 4x10 X

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ผลการสังเกต	
ส่วนที่แช่น้ำ	ส่วนที่แช่น้ำหมึกสีแดง
2. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามยาว	2. ภาพแสดงรากของพืชที่ตัดตามยาว
	
กำลังขยายภาพ 4x10	กำลังขยายภาพ 4x10
3. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามขวาง	3. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามขวาง
	
กำลังขยายภาพ 4x10 X	กำลังขยายภาพ 5x10 X
4. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามยาว	4. ภาพแสดงลำต้นของพืชที่ตัดตามยาว
	
กำลังขยายภาพ 4x10 X	กำลังขยายภาพ 4x10 X

ตาราง 2.2 ภาพเปรียบเทียบส่วนต่างๆ ของพืชจากการสไลด์ถาวร

ผลการสังเกต	
พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	พืชใบเลี้ยงคู่
- ราก	- ราก
	
กำลังขยายภาพ 4x10 X	กำลังขยายภาพ 4x10 X
- ลำต้น	- ลำต้น
	
กำลังขยายภาพ 4x10 X	กำลังขยายภาพ 4x10 X

อภิปรายหลังการทดลอง

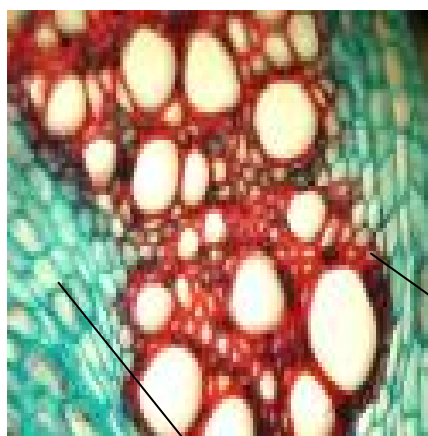
นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้
จากการทดลองพบว่า เมื่อแช่ต้นขึ้นฉ่ายลงในน้ำผสมสีแดง ภายในลำต้นและรากของต้นขึ้นฉ่าย จะปรากฏสีแดงเป็นบางส่วน โดยต้นขึ้นฉ่ายตัดตามขวาง มีจุดสีแดงอยู่โดยรอบลำต้นในแนวรัศมี ส่วนที่ตัดตามยาวจะมีเส้นสีแดงยาวตลอดลำต้น เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบกลุ่มเซลล์ เพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่ปรากฏสีแดง แสดงว่าส่วนที่ติดสีแดงเป็นส่วนที่พืชใช้ในการลำเลียง หรือ

พืชมีอวัยวะเฉพาะ ที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ซึ่งเรียกว่า ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) จากการศึกษาลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่พบว่า

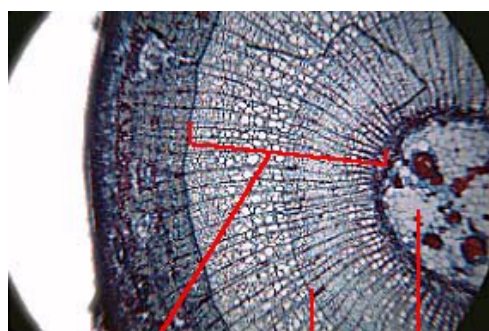
- พืชใบเลี้ยงคู่ มีการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุและท่อลำเลียงอาหารเป็นระเบียบในแนวรัศมี โดยมีท่อลำเลียงอาหารอยู่ในวงด้านนอก ส่วนท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านในของแคมเบียม

- พืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุและท่อลำเลียงอาหารกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบอยู่ภายในลำต้น

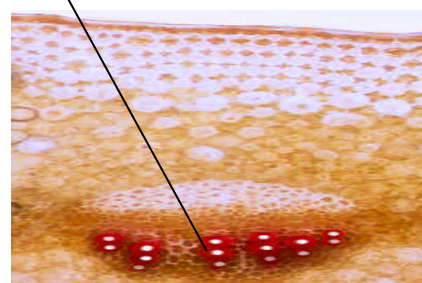
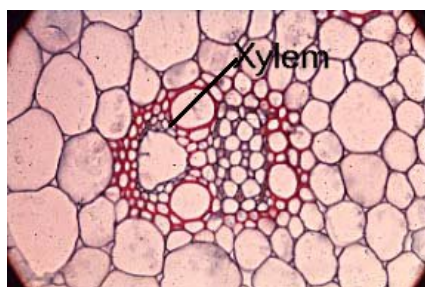
หากศึกษาลำต้นพืชตัดตามขวาง แล้วใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายมากส่องดูมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยส่องดูจากศูนย์กลางของลำต้นเป็นหลักแล้ว จะพบท่อลำเลียงอาหาร อยู่ด้านนอก และท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านใน เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุมีขนาดใหญ่มีผนังเซลล์หนา รูปร่างหลายเหลี่ยมหรือรูปกลมดั่งภาพประกอบ 1 สำหรับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารมีขนาดเล็กกว่าผนังหนากว่าเซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ รูปร่างหลายเหลี่ยม เซลล์จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช



ท่อลำเลียงอาหาร
(Phloem)



ท่อลำเลียงน้ำและ
แร่ธาตุ
(Xylem)
วงปี(Annual Ring)
ฟิท(phloem)



ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะเซลล์โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช (Library

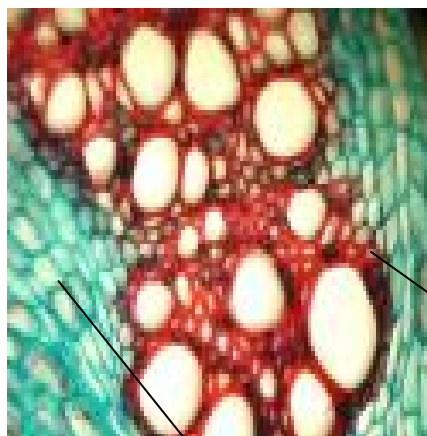
Research Tutorial. 2005: online)

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

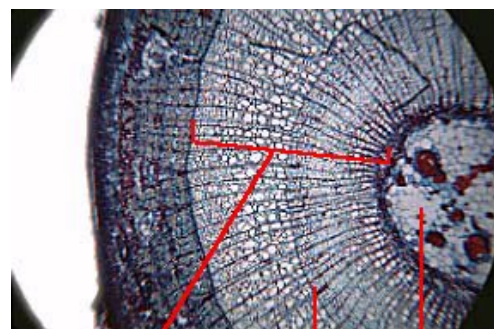
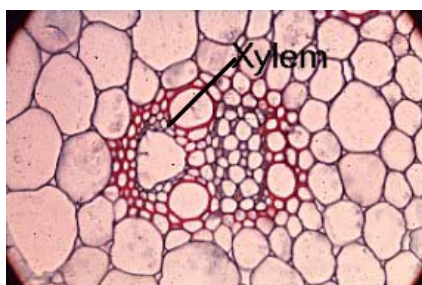
หลักการ

โครงสร้างในการลำเลียงของพืช ประกอบด้วย

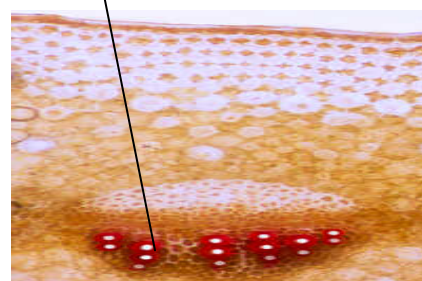
1. ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากรากขึ้นสู่ลำต้นและใบและส่วนต่างๆ ของพืชเซลล์มีลักษณะเป็นท่อยาว
2. ท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช หากศึกษาสไลด์ถาวรของลำต้นพืชตัดตามขวาง แล้วใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายมากส่องดูมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยส่องดูจากศูนย์กลางของลำต้นเป็นหลักแล้ว จะพบท่อลำเลียงอาหาร อยู่ด้านนอก และท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านใน เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุมีขนาดใหญ่มีผนังเซลล์หนา รูปร่างหลายเหลี่ยมหรือรูปกลมดั่งภาพประกอบ 1 สำหรับเซลล์ท่อลำเลียงอาหารมีขนาดเล็กกว่าผนังหนากว่าเซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ รูปร่างหลายเหลี่ยม เซลล์จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช



ท่อลำเลียงอาหาร
(Phloem)



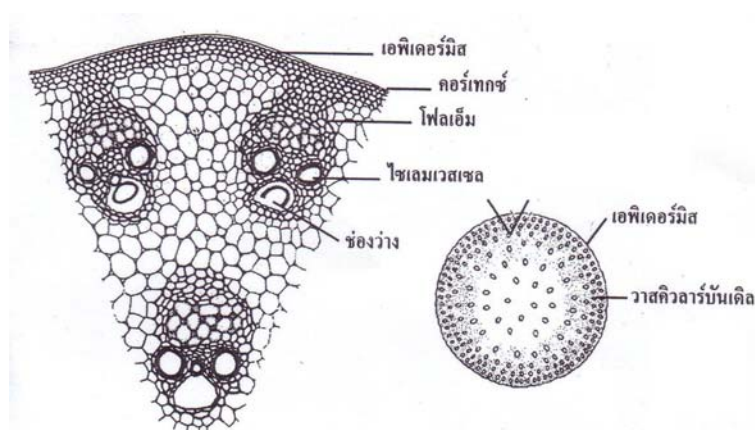
ท่อลำเลียงน้ำและ
แร่ธาตุ (Xylem)
พืท(oiht)
วงปี(AnnualRing)



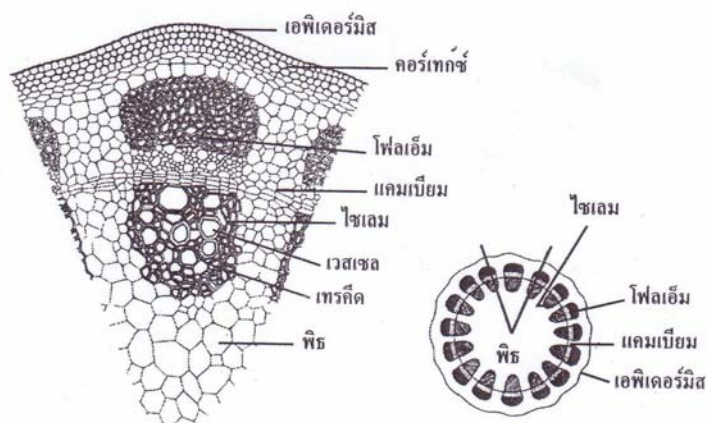
ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะเซลล์โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช (Library
Research Tutorial. 2005: online)

พืชใบเลี้ยงคู่มีโครงสร้างการลำเลียงแตกต่างจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เนื้อเยื่อของท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุกับท่อลำเลียงอาหารเรียงตัวเป็นแถว อยู่กันอย่างเป็นระเบียบในแนวรัศมี มีชั้นแคมเบียมเป็นเซลล์ผนังบาง รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทรกอยู่ แคมเบียมเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เซลล์สามารถแบ่งเซลล์ได้เรื่อย ๆ สำหรับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุกับท่อลำเลียงอาหารอยู่กันเป็นกลุ่มอย่างกระจายอยู่ทั่วไปตามภาพประกอบ 2 และ 3 (หน้า 6)

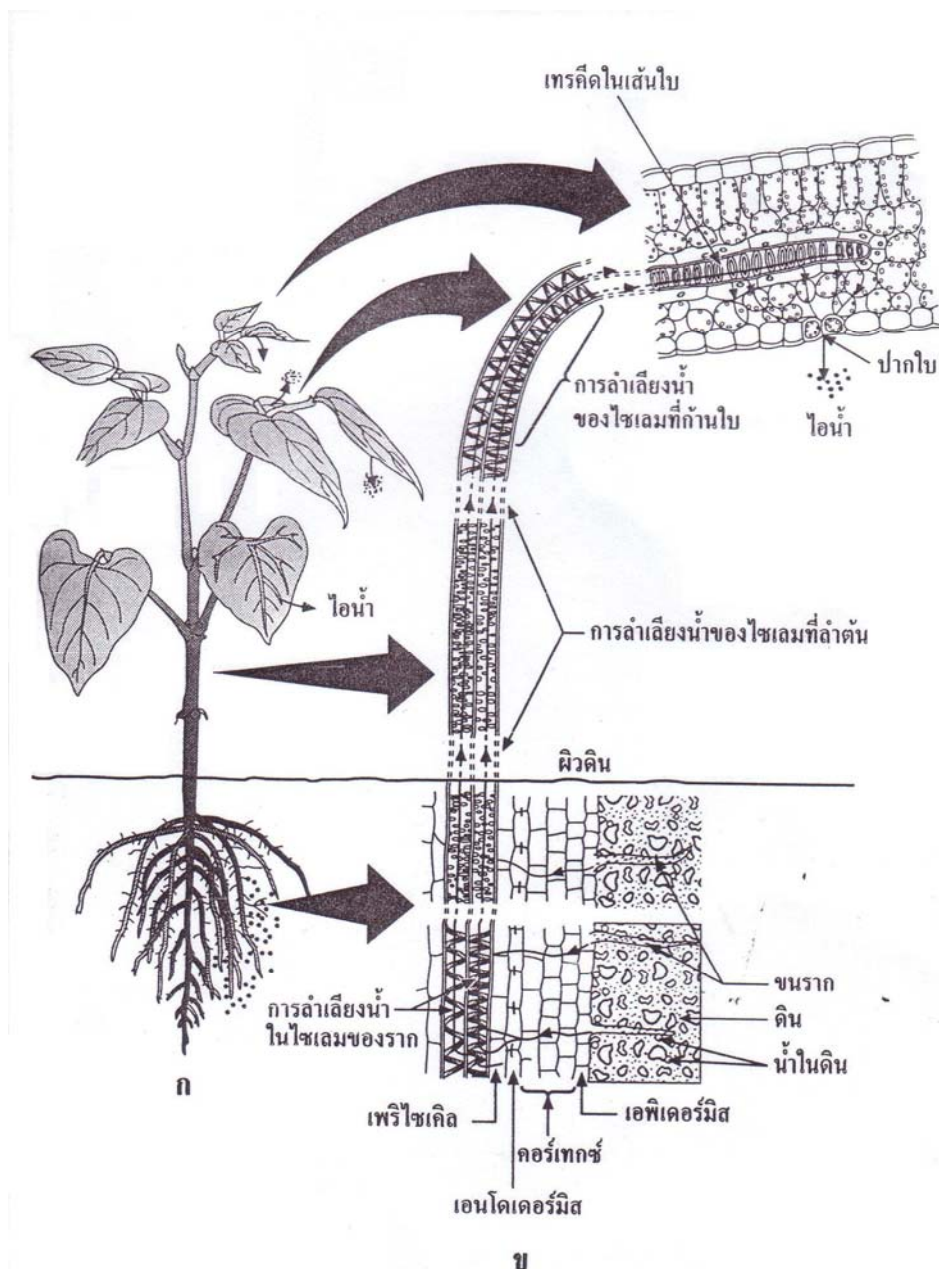
เมื่อรากพืชนำน้ำเข้าทางขนรากน้ำจะเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีของรากเข้าสู่เซลล์ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ หรือท่อไซเลมในราก จากภาพประกอบ 4-5 (หน้า 7-8) อาศัยความต่างของแรงดันเป็นตัวผลักดันน้ำให้ส่งต่อขึ้นไปยังลำต้น ใบ ยอดและส่วนอื่น ๆ ของพืชต่อไป ในพืชลำต้นสูง ๆ ต้องอาศัยแรงจำนวนมาก ซึ่งเกิดได้โดยอาศัยแรงดึงและแรงดันภายในพืช เช่น แรงดันราก (Root Pressure) และกัตเทชัน(Guttation) ตลอดจนแรงดึงจากการคายน้ำเป็นต้น



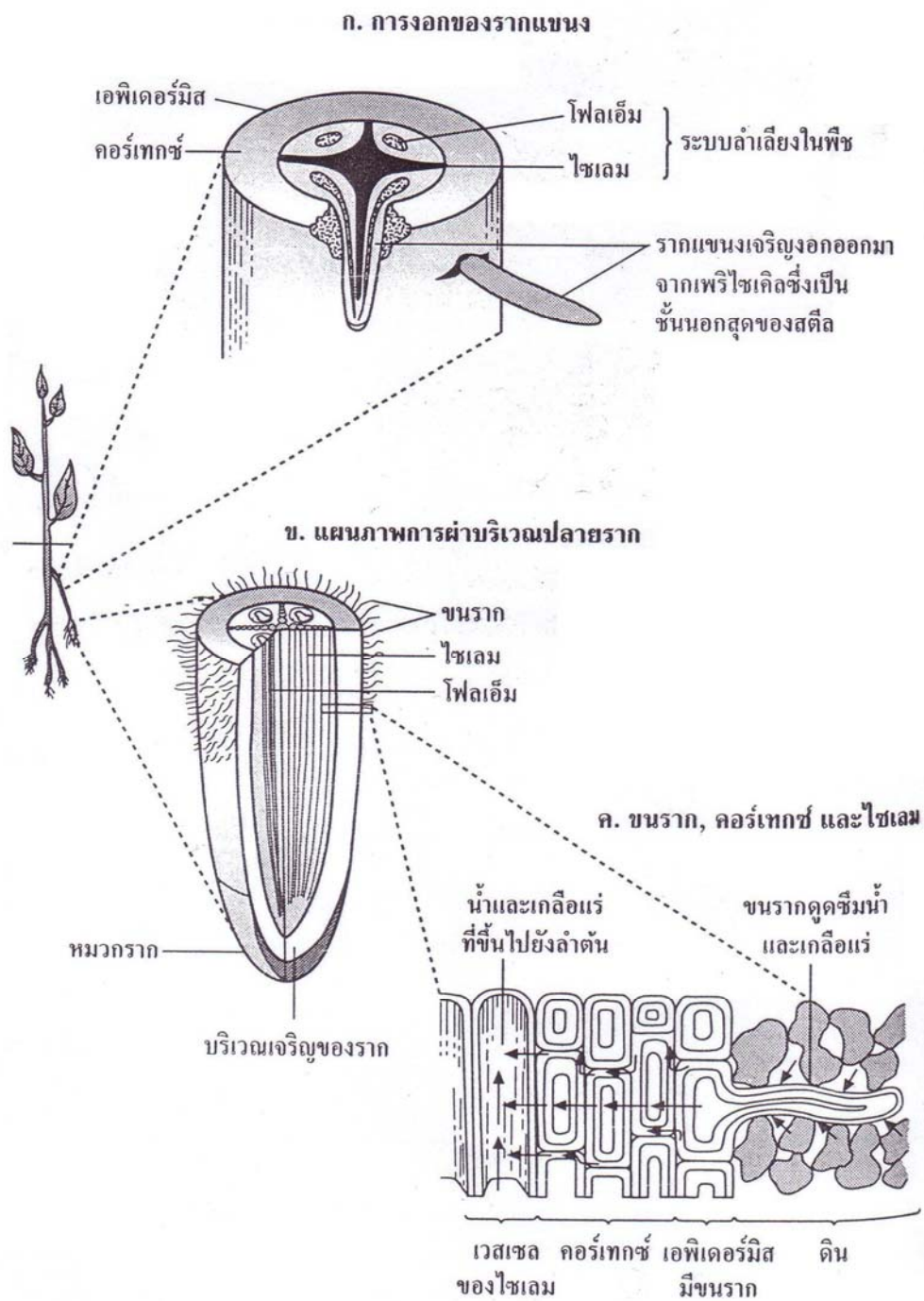
ภาพประกอบ 2 เปรียบเทียบการตัดตามขวางของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่(กล้วย) กับ ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนางลักษณ์. (2537:57).



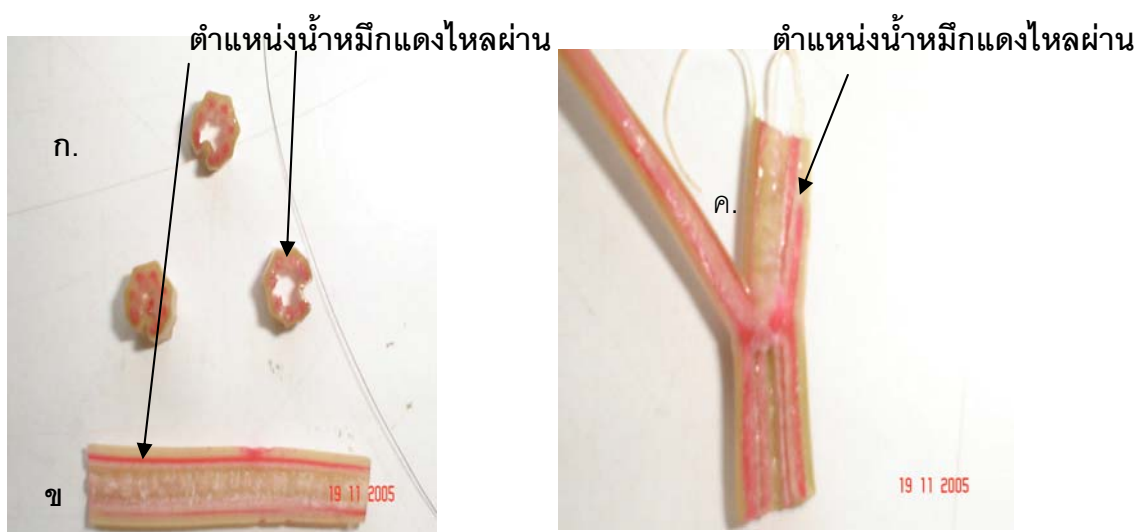
ภาพประกอบ 3 เปรียบเทียบการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่ (กล้วย) กับรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนางลักษณ์. (2537:316).



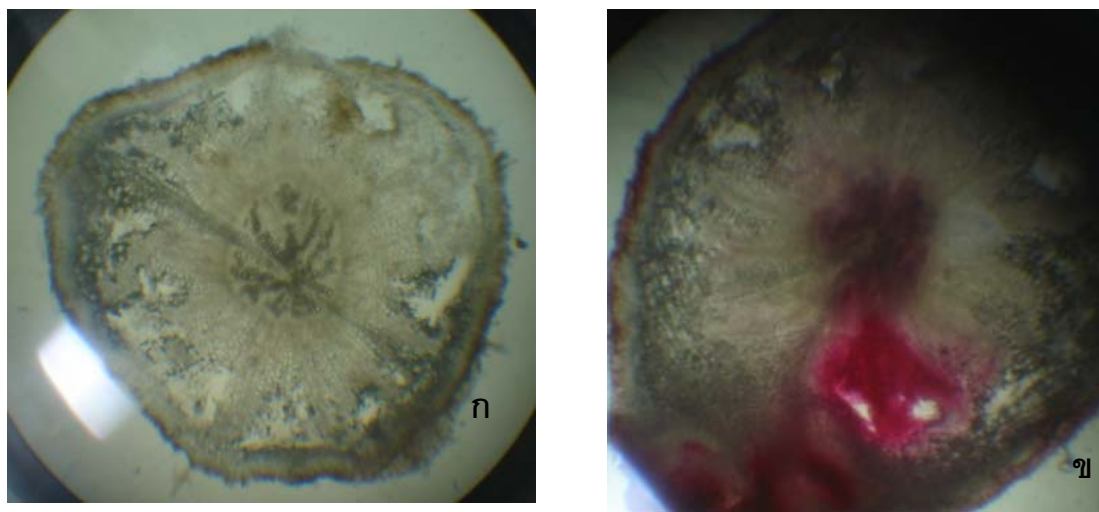
ภาพประกอบ 4 แผนภาพการลำเลียงน้ำของต้นถั่ว (ก) และ (ข) แผนภาพท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem) ในส่วนต่างๆ ของพืช พร้อมกับใบคายน้ำทำให้เกิดแรงดูดน้ำจากรากขึ้นไป
ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์. (2537:309).



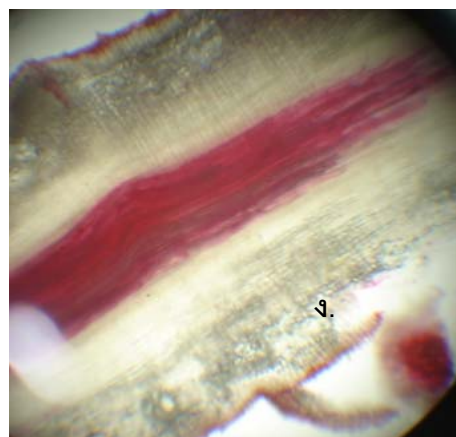
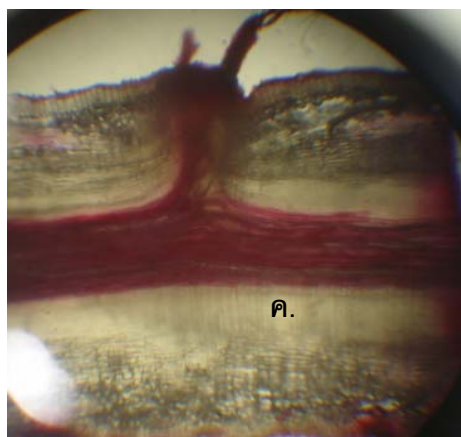
ภาพประกอบ 5 แผนภาพเนื้อเยื่อที่ใช้ในการลำเลียงบริเวณรากของพืชใบเลี้ยงคู่
 ปรีชา สุวรรณพินิจ; และนงลักษณ์. (2537:310).



ภาพประกอบ 6 ภาพลำต้นขึ้นฉ่ายตัดตามขวาง (ก) และตัดตามยาว (ข) และ (ค) แสดงส่วนที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช (ส่วนที่ติดสีแดง) วารีย์ บุญลือ (2548). ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูป



ภาพประกอบ 7 ก- ข รากต้นขึ้นฉ่ายตัดตามขวาง เปรียบเทียบที่เซลล์ละลายสีแดงและที่แช่น้ำกำลังขยายภาพ $4 \times 10 \times$ วารีย์ บุญลือ (2548). ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์



ภาพประกอบ 8 ค-ง ราก ขึ้นฉ่ายตัดตามยาว แสดงส่วนที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ส่วน ที่ติดสีแดง กำลังขยายภาพ 4 x 10 X
วารีย์ บุญลือ (2548). ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

แนวการตอบคำถาม

1. ลักษณะลำต้นขึ้นฉ่ายก่อน-หลังแช่น้ำผสมสีแดง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ตอบ ต่างกัน โดยต้นขึ้นฉ่ายที่แช่น้ำผสมสีแดง จะปรากฏสีแดงเป็นเส้นยาวตลอดลำต้น แต่ที่แช่น้ำธรรมดาจะไม่พบเส้นสีแดง

2. เมื่อสังเกตจากลำต้นขึ้นฉ่ายที่ตัดตามขวางและตัดตามยาว จะพบสีแดงอยู่ที่ส่วนใดของพืช เพราะเหตุใด

ตอบ ภายในลำต้นตัดตามขวางจะปรากฏจุดสีแดง ตามแนวรัศมี ส่วนที่ตัดตามแนวยาวจะปรากฏเส้นสีแดงยาวตลอดลำต้น

3. จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าพืชมีการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอย่างไร

ตอบ กลุ่มเซลล์ของพืชที่ปรากฏสีแดงเท่านั้น ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ

4. เปรียบเทียบโครงสร้างการลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่จากสไลด์ถาวรว่ามีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ กลุ่มเซลล์ส่วนที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืชใบเลี้ยงคู่ เรียงเป็นวงรอบๆ ลำต้น ส่วนใบเลี้ยงเดี่ยวจะกระจายทั่วลำต้น

5. นักเรียนอธิบายได้หรือไม่ว่าการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ต่างกับการลำเลียงอาหารอย่างไร

ตอบ การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุลำเลียงจากด้านล่างขึ้นด้านบน ส่วนการลำเลียงอาหารมีทิศทางลำเลียงทั้งขึ้นและลง

6. โครงสร้างที่นักเรียนศึกษาจากต้นขึ้นง่าย เหมือนหรือแตกต่างจากสไลด์ถาวร หรือภาพในใบความรู้หรือไม่

ตอบ โครงสร้างจากต้นขึ้นง่ายเหมือนกับ โครงสร้างของพืชใบเลี้ยงคู่ในสไลด์ถาวร คือ มีการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุและท่อลำเลียงอาหารเป็นระเบียบในแนวรัศมี โดยมีท่อลำเลียงอาหารอยู่ในวงด้านนอก ส่วนท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอยู่ด้านในของแคมเปียม

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2
การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (Hydroponics)

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (Hydroponics)

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเมื่อใช้วิธีปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
2. สามารถใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและมีทักษะกระบวนการและทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เครื่องชั่ง การตวงสาร การหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย การใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

เวลาที่ใช้ 180 นาที

อภิปรายก่อนการทดลอง 30 นาที

ทดลอง 120 นาที

อภิปรายหลังการทดลอง 30 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/6 กลุ่ม)

1. เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง	750	เมล็ด
2. ถ้วยปลูก	750	ใบ
3. เพอไลต์	5	กิโลกรัม
4. เวอร์มิคิวไลต์	5	กิโลกรัม
5. น้ำเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช	10	ลิตร
6. แคลเซียมไนเตรด	1,000	กรัม
7. เหล็ก EDTA	50	กรัม
8. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	100	กรัม
9. โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	50	กรัม
10. โพแทสเซียมไนเตรด	800	กรัม
11. แมกนีเซียมซัลเฟต	500	กรัม
12. แมงกานีส EDTA	10	กรัม
13. นิคสเปอรี	15	กรัม
14. ปีกเกอร์ขนาด 100 ml.	1	ใบ

15. บีกเกอร์ขนาด 1,000 ml.	1	ใบ
16. เครื่องชั่งแบบละเอียด	1	เครื่อง
17. เครื่องชั่งสปริง	1	เครื่อง
18. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	1	อัน
19. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า	1	เครื่อง
20. ไม้ตะปูปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์	3	ไม้ตะ
21. ถังพลาสติกมีฝาขนาด 5 ลิตร	3	ใบ
22. กรดไนตริกความเข้มข้น 20%	1	ถัง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูให้นักเรียนเตรียมถังขนาด 5 ลิตรมาล่วงหน้า เพื่อใช้ผสมสารละลายธาตุอาหารพืช
2. ครูแนะนำวิธีใช้อุปกรณ์ในการทดลองอย่างถูกต้องและปลอดภัยก่อนทำการทดลอง
3. วิธีวัดการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งและการหาค่าเฉลี่ยจากจำนวน 10 ต้น และวัดจากโคนสู่ปลายใบเป็นค่าความยาวของใบ ส่วนความกว้างของใบวัดจากขอบใบด้านหนึ่งมายังอีกด้านหนึ่ง
4. ครูแนะนำว่าเมื่อพืชแตกใบ 3 ใบอายุประมาณ 3-5 วันให้เติมสารละลาย A และ B ในถังน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงต้นกล้า 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) สารละลายกรดไนตริก 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรอนุบาลเป็นเวลา 7-14 วัน ก่อนนำขึ้นปลูกบนไม้ตะปูแบบไฮโดรพอนิกส์

แนวการตั้งปัญหา

1. พืชเจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชได้หรือไม่
2. พืชจะเจริญเติบโตหรือไม่ถ้าไม่มีดิน

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ถ้ามีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในน้ำ พืชจะเจริญเติบโตได้ดี
2. พืชจะเจริญเติบโตได้ถ้ามีสารอาหารที่พืชต้องการ

แนวการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

- ตัวแปรต้น สถานที่ปลูก (ปลูกในดิน, ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช)
- ตัวแปรตาม การเจริญเติบโตของพืช
- ตัวแปรควบคุม ชนิดของพืช , ชนิดของแร่ธาตุในสารอาหารพืช

ชื่อพืช กวางตุ้ง

พันธุ์ บางหลวง 006 จำนวนต้น 10 ต้น อายุต้นกล้า 11 วัน

ตอนที่ 1 แสดงการให้สารละลายธาตุอาหารพืช

วันที่	ปริมาณสารละลาย		ค่าการนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นกรด-ด่าง	
	(cm ³)		(mS/cm)			
	A	B	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร
12	400	400	1.4	2.7	7.6	6.2
13	0	0	2.4	2.4	6.7	6.0
14	200	200	2.0	2.5	7.2	6.1
15	125	125	2.3	2.4	7.1	5.8
16	175	175	2.0	2.5	6.8	5.6
17	250	250	1.9	2.6	7.3	6.0
18	200	200	2.1	2.5	6.7	6.2
19	300	300	1.8	2.7	7.4	5.9
20	275	275	2.2	2.6	6.7	5.6
21	350	350	1.9	2.7	7.3	6.1
22	325	325	1.8	2.6	7.2	5.8
23	350	350	2.0	2.4	7.4	6.0
24	400	400	1.9	2.5	7.3	6.1
25	375	375	2.1	2.6	7.1	5.7
26	375	375	2.0	2.4	7.0	5.9
27	400	400	1.8	2.4	6.7	6.1
28	250	250	1.9	2.2	6.8	6.2
29	250	250	1.8	2.0	7.4	6.2
30	150	150	1.7	2.1	7.3	6.0
31	100	100	1.7	2.0	7.2	5.9

ตอนที่ 1 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณสารละลาย		ค่าการนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นกรด-ด่าง	
	(cm ³)		(mS/cm)			
	A	B	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร
21	350	350	1.9	2.7	7.3	6.1
22	325	325	1.8	2.6	7.2	5.8
23	350	350	2.0	2.4	7.4	6.0
24	400	400	400	2.5	7.3	6.1
25	375	375	375	2.6	7.1	5.7
26	375	375	375	2.4	7.0	5.9
27	400	400	400	2.4	6.7	6.1
28	250	250	1.9	2.2	6.8	6.2
29	200	200	1.8	2.2	7.4	6.2
30	150	150	1.7	2.1	7.3	6.0
31	100	100	1.7	2.0	7.2	5.8

ตอนที่ 2 แสดงการสังเกตการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

วันที่	การสังเกต			
	อัตราการงอก	ค่าเฉลี่ยความสูง	จำนวนใบเฉลี่ย	ลักษณะใบและลำต้น
	ของเมล็ด (%)	ของลำต้น (เซนติเมตร)		
1	87	0.2	2	ต้นตรง แตกใบ 2 ใบกว้าง 0.2 เซนติเมตร ยาว 0.3 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายรูปหัวใจ
2	89	0.3	2	ต้นตรงมีใบ 2 ใบ กว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายรูปหัวใจ
3	91	0.5	2	ต้นตรงมีใบ 2 ใบกว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายรูปหัวใจ

ตอนที่ 2 (ต่อ)

วันที่	การสังเกต			ลักษณะใบและลำต้น
	อัตราการงอก ของเมล็ด (%)	ค่าเฉลี่ยความสูง ของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบเฉลี่ย	
5	-	0.8	3	ต้นตรง ใบกว้าง 0.4 เซนติเมตร ยาว 0.6 เซนติเมตร
7	-	1.5	4	ต้นตรง ใบกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 0.9 เซนติเมตร
9	-	2.3	4	ต้นตรง ใบกว้าง 0.8 เซนติเมตร ยาว 1.2 เซนติเมตร
11	-	4.6	4	ก้านใบแผ่ออกด้านข้างลำต้นยาว 3.0 เซนติเมตร ใบกว้าง 1.2 เซนติเมตร ยาว 1.6 เซนติเมตร
13	-	5.2	6	ก้านใบแผ่ออกด้านข้างลำต้นยาว 3.1 เซนติเมตร ใบกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 2.1 เซนติเมตร
15	-	7.5	6	ก้านใบแผ่ออกด้านข้างลำต้นยาว 3.8 ใบกว้าง 2.6 เซนติเมตร ยาว 3.7 เซนติเมตร
17	-	11.5	6	ก้านใบยาว 5.2 เซนติเมตร ใบ กว้าง 4.8 เซนติเมตร ยาว 6.3 เซนติเมตร
19	-	13.7	6	ก้านใบยาว 5.3 เซนติเมตร ใบ กว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาว 8.4 เซนติเมตร
21	-	17.2	6	ก้านใบยาว 6.0 เซนติเมตร ใบ กว้าง 6.9 เซนติเมตร ยาว 11.2 เซนติเมตร
23	-	21.7	6	ก้านใบยาว 8.4 เซนติเมตร ใบ กว้าง 7.3 เซนติเมตร ยาว 13.3 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 (ต่อ)

วันที่	การสังเกต			
	อัตราการงอก ของเมล็ด (%)	ค่าเฉลี่ยความสูง ของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบเฉลี่ย	ลักษณะใบและลำต้น
25	-	26.1	8	ก้านใบยาว 11.6 เซนติเมตร ใบ กว้าง 8.3 เซนติเมตร ยาว 14.5 เซนติเมตร
27	-	32.3	8	ก้านใบยาว 12.8 เซนติเมตร ใบ กว้าง 13.3 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร
31	-	46.1	8	ก้านใบใหญ่ยาว 18.1 เซนติเมตร ใบกว้าง 17.2 เซนติเมตร ใบยาว 28.0 เซนติเมตร

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองว่า เมล็ดกวาดำมีรากงอกในช่วง 1-3 วันแรก คิดเป็นร้อยละ 91-20 วัน มีใบเฉลี่ย 2-6 ใบ เมื่อโตเต็มที่มีใบเฉลี่ย 8 ใบ ต้นกวาดำเจริญเติบโตได้ดี เมื่อเติมสารอาหาร A และ B ลงในน้ำที่ใช้ปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์ให้มีความนำไฟฟ้า ระหว่าง 2.4-2.8 mS/cm และปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6.2 ประมาณ 30 วัน พืชมีขนาดใหญ่กว่าปลูกในดินทั่วไป คือ ก้านใบขนาดใหญ่ยาว ต้นสูงประมาณ 40-46 เซนติเมตร มีแมลงรบกวนเล็กน้อย เมื่อพืชเจริญเติบโต ค่าความเป็นกรด-ด่างจะเปลี่ยนไป คือจะมีค่ามากขึ้นทุกวันแสดงว่า สารละลายธาตุอาหารพืชมีความเป็นด่างมากขึ้น แต่ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจะน้อยลง แสดงว่าพืชมีการนำธาตุอาหารไปใช้มีการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า จึงทำให้เหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าได้น้อยลง

แนวการตอบคำถาม

1. อัตราการงอกของเมล็ดพืชคิดเป็นร้อยละเป็นเท่าใด

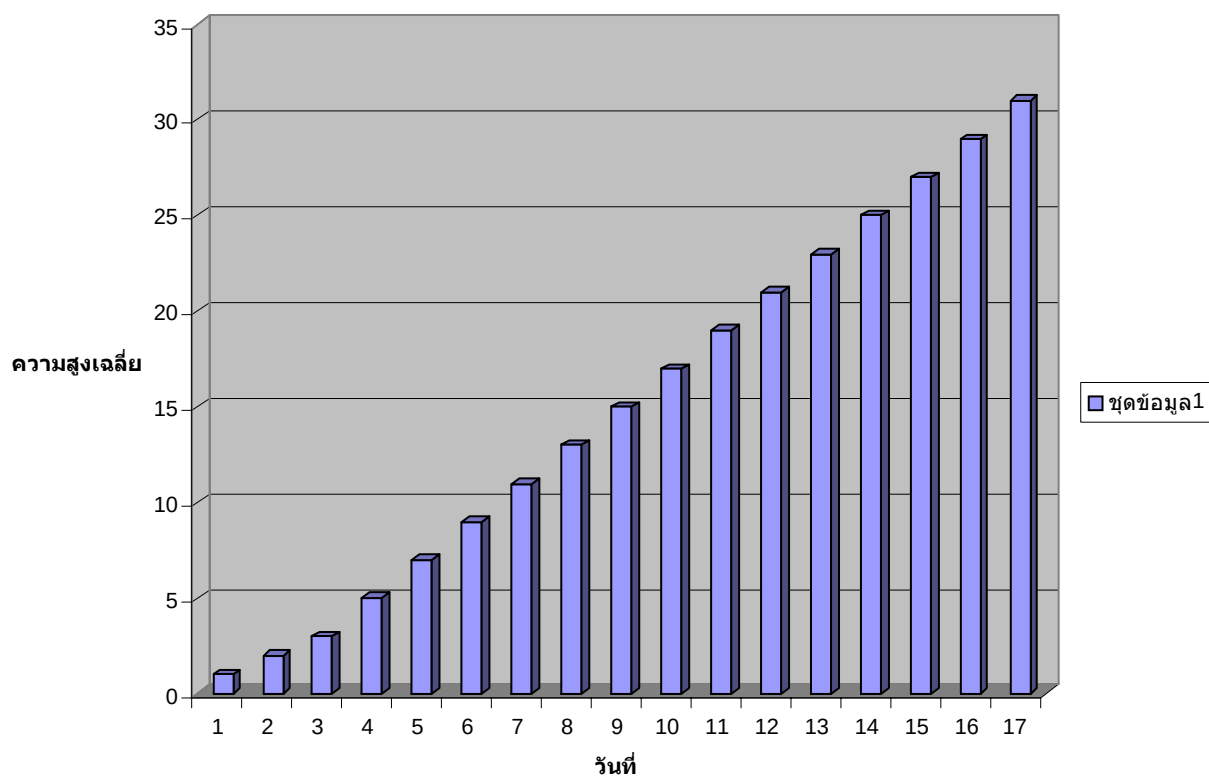
ตอบ 91%-98%

2. ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดมีอะไรบ้าง

ตอบ น้ำ ความชื้น ก๊าซออกซิเจน

3.ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับความสูงของพืช

แสดงการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้ง



4. นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชหรือไม่

ตอบ การเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืช ทำให้แคระแกร็น หรือเกิดรากเน่าได้

5. นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชหรือไม่

ตอบ การเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืช ทำให้แคระแกร็น หรือเกิดรากเน่าได้

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

เรื่องธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

สาระสำคัญ

ธาตุอาหารพืช เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การที่พืชขาดธาตุอาหารที่จำเป็น จะทำให้เกิดภาวะขาดธาตุอาหาร ซึ่งพืชจะแสดงอาการแตกต่างกันไปตามชนิดของธาตุที่ขาด ลักษณะอาการที่พบเห็นโดยมาก เช่น ต้นเตี้ยแคระ ใบแก่หรือใบอ่อนซีดเหลือง (chlorosis) หรือ เหี่ยวตาย (necrosis) เป็นต้น ถ้าอาการที่แสดงภาวะขาดธาตุอาหารไม่อยู่ในระยะที่รุนแรง สามารถทำให้พืชมีลักษณะกลับคืนสู่สภาพปกติได้ โดยการเติมธาตุที่พืชขาดหายไป พืชขั้นสูงต้องการธาตุอาหารที่จำเป็น แบ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก และธาตุอาหารที่พืชที่ต้องการปริมาณน้อย

ความสำคัญของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแบ่งตามความต้องการของพืชได้ 2 ชนิด คือ

1. มหาธาตุ (macronutrient) คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโตเป็นปริมาณมากมีทั้งหมด 9 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) , ไฮโดรเจน (H) , ออกซิเจน (O) , ไนโตรเจน (N) , ฟอสฟอรัส (P) , โพแทสเซียม (K) , แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ธาตุอาหารมหาธาตุ นี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) , ฟอสฟอรัส (P) , โพแทสเซียม (K)

1.2 ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) , แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S) พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่า

2. จุลธาตุ (micronutrient) คือ เป็นธาตุอาหารเสริม พืชต้องการในปริมาณเล็กน้อย ก็เพียงพอต่อการดำรงชีวิตมี 7 ธาตุ ได้แก่ โบรอน (B) , เหล็ก (Fe) , แมงกานีส (Mn) , สังกะสี (Zn) , ทองแดง (Cu) , โมลิบดีนัม (Mo) และเป็นคลอรีน (Cl)

ตาราง 4 แสดงความสำคัญของธาตุอาหารที่มีต่อพืช

ชนิดของธาตุ	ความสำคัญ	อาการของพืชเมื่อขาดธาตุ
ไนโตรเจน (N)	พืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประมาณ 0.5-5 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้พืชมีความ	ใบสีเหลืองเริ่มจากใบล่าง ๆ ขึ้นไปสู่ยอด เพราะปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ต้นแคระแกร็นเติบโตช้า ให้

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดของธาตุ	ความสำคัญ	อาการของพืชเมื่อขาดธาตุ
ฟอสฟอรัส (P)	แข็งแรง ถ้าพืชได้รับมากเกินไปจะมีสีเขียวเข้มขึ้น พบในพืชประมาณ 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์น้อยกว่าในโตรเจน 10 เท่า มีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาส่วนที่เจริญเติบโตของพืชเป็นไปด้วยดี ช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว แข็งแรงและต้านทานต่อโรค	ผลผลิตต่ำ เนื่องจากกระบวนการสร้างโปรตีนของพืชผิดปกติ ใบแก่มีสีเขียวเข้มหรือสีม่วง เนื่องจากมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป ขนาดของต้นลดลง ลำต้นและใบแคระแกร็นและการเติบโตของระบบรากไม่ดี
โพแทสเซียม (K)	พบในพืชให้ผล ประมาณ 1.25 – 3 เปอร์เซ็นต์ เช่น มะเขือเทศ จะต้องการโพแทสเซียมสูงในช่วงพัฒนาการของผล จำเป็นต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแบ่งและน้ำตาลภายในพืช ควบคุมการเปิด-ปิดปากใบ และการทำงานของเอนไซม์	ขั้นแรก คือ ชะงักการเจริญเติบโต ใบต่อมาแก่จะมีสีเหลืองซีด เริ่มจากขอบและปลายใบ หากอาการรุนแรงใบจะแห้งและร่วงก่อนกำหนดเวลา
แมกนีเซียม (Mg)	พบในพืชประมาณ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช	มักพบในใบแก่ โดย ขอบใบและระหว่างเส้นใบมีสีเหลือง แต่เส้นใบยังมีสีเขียวอยู่ อาจมีสีแดงเกิดตามแถบสีเหลืองบนใบด้วย หากขาดอย่างรุนแรงใบแก่ ซึ่งอยู่ตอนล่างของพืชจะตายไป
กำมะถัน (S)	พบในพืชประมาณ 0.15-0.5 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนบางชนิดและโปรตีน	เติบโตช้า แคระแกร็น ลำต้นผอมสูง เกิดอาการเหลืองทั้งต้น ใบอ่อนจะมีสีเหลืองระหว่างเส้นกลางใบ
แคลเซียม (Ca)	พบในพืชอยู่ประมาณ 0.5-2 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของพืช มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์	มักจะเกิดกับใบอ่อน โดยใบจะบิดเบี้ยว ม้วนงอ หรือเมื่อใบขยายขึ้นจะเกิดการขาดตามขอบใบ ยอดจะเน่าได้ ในมะเขือเทศจะพบอาการเน่าที่ก้นของผล

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดของธาตุ	ความสำคัญ	อาการของพืชเมื่อขาดธาตุ
เหล็ก (Fe)	เหล็กเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีด โดยที่เส้นใบยังเขียวอยู่ ใบจะหนาเล็ก และหยาบ กระด้าง
ทองแดง (Cu)	เป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และช่วยสร้างวิตามินเอในพืช	ลดการเจริญเติบโต ปล้องสั้น เมล็ดลีบ ปลายใบอ่อนมีสีซีดหรือขาว ใบผักอาจพบใบสีเขียวเข้ม ใบม้วนไม่เต่งน้ำ ในไม้ผลการผสมเกสรและติดผลจะลดลง
โบรอน (B)	โบรอนจะช่วยการดูดและใช้แคลเซียมได้ดีขึ้น	เติบโตช้า ใบหนาเปราะและม้วนง่าย ไม่ออกดอกหรือผล ถ้าให้ผลผลจะเล็กกว่าปกติ ใบขึ้นฉ่ายก้านใบจะแตก
โมลิบดีนัม (Mo)	เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ที่มีหน้าที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ หากขาดจะทำให้ไนโตรเจนสะสมในพืชทำให้พืชขาดไนโตรเจนได้	มีอาการเช่นเดียวกับการขาดไนโตรเจน มักพบในพืชกะหล่ำ โดยใบและยอดอ่อนจะเหี่ยว พืชอายุอ่อนใบจะย่นตรงกลางใบ พื้นที่ระหว่างเส้นใบจะมีสีเหลืองเป็นแห่ง ๆ ขอบใบจะไหม้
แมงกานีส (Mn)	พบในพืชประมาณ 20-100 ppm. มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนและเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์	ใบอ่อนพืชจะมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ หากอาการรุนแรง จะเกิดบริเวณแห้งตายเป็นจุดๆ หรือเป็นแถบ
คลอรีน (Cl)	หน้าที่ไม่เด่นชัด	พืชจะเหี่ยวง่าย บางชนิดทำให้มีความต้านทานต่อเชื้อราลดลง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ภาควิชาพืชวิทยา คณะ

เทคโนโลยีการเกษตร และวารสารเคหะการเกษตร. (2542: 54-62)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เห็นได้ว่า ธาตุจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของเซลล์พืช และกระบวนการสร้างเซลล์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ซึ่งพืชจำเป็นต้องใช้ธาตุเป็น

องค์ประกอบของสารเหล่านี้ในปริมาณที่มาก ส่วนจุลธาตุส่วนใหญ่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ในพืช จึงนิยมผสมธาตุต่างๆ เพื่อใช้ในการปลูกพืช เพราะผู้ปลูกพืชต้องการให้พืชเจริญเติบโต การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีการผสมสารละลายที่ประกอบด้วยธาตุต่างๆ ในปริมาณต่างกัน ดังตัวอย่างตาราง 5 แสดงความเข้มข้นของสารอาหารสูตรมาตรฐานที่นิยมใช้ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดย ใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm.(หนึ่งในล้านส่วน)

ตาราง 5 แสดงความเข้มข้นของสารอาหารสูตรมาตรฐานที่นิยมใช้ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm).

ธาตุอาหาร	Hoagland &Arnon	Cooper	Modified Steiner	Wilcox 1	Wilcox 2	Wilcox 3
1. ไนโตรเจน (N)	210	200	171	132	162	175
2. ฟอสฟอรัส (P)	31	60	48	58	58	65
3. โพแทสเซียม (K)	231	300	304	200	284	400
4. แคลเซียม(Ca)	200	170	180	136	136	197
5. แมกนีเซียม (Mg)	48	50	48	47	47	44
ข. จุลธาตุ	5	12	3	4	4	2
6. เหล็ก (Fe)	0.5	2	1	0.5	0.5	0.5
7. แมงกานีส (Mn)	0.5	1.5	0.3	1.5	1.5	0.5
8. โบรอน (B)	0.5	0.1	0.4	0.3	0.3	0.05
9. สังกะสี (Zn)	0.02	0.1	0.2	0.1	0.1	0.05
10. ทองแดง (Cu)	0.01	0.2	0.1	0.1	0.1	0.02
11. โมลิบดีนัม (Mo)						

เฟรชการ์ดั้น. (2546:155).

ตาราง 6 แสดงช่วงความเข้มข้นของสารอาหารพืชที่นิยมใช้ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

ธาตุอาหารพืช	ช่วงของธาตุอาหารพืชที่ใช้ (มิลลิกรัม/ลิตรหรือ ppm)
1. ไนโตรเจน (N)	
ในรูปของไนเตรด	70-200
ในรูปของแอมโมเนียม	0-30
2. ฟอสฟอรัส (P)	30-90
3. โพแทสเซียม (K)	200-400
4. แคลเซียม (Ca)	150-400
5. แมกนีเซียม (Mg)	25-75
7. เหล็ก (Fe)	0.5-5
8. แมงกานีส (Mn)	0.1-1
9. โบรอน (B)	0.1-1
11. ทองแดง (Cu)	0.02-2
12. โมลิบดีนัม (Mo)	0.1-1

ที่มา : แสงเกอร์ (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 : 165 ; อ้างอิงจาก Hanger,B. (1992). “*The Nutrient Solution and its preparation.*” *Hydroponics for school and the home grower.*

Victoria : Natural Resource Conservation League. P. 22.

ความเข้มข้นของสารอาหารของพืชที่ใช้ในบทปฏิบัติการนี้พัฒนามาจากสูตรของ Cooper Hoagland&Arnon พัฒนาโดย วีรพล นิยมไทย ดังตาราง 7

ตาราง 7 สูตรอาหารพืชที่ใช้ในการทดลอง

ถัง	แร่ธาตุ	กรัม	ความเข้มข้น(ppm)
A	แคลเซียมไนเตรด , Ca=18% N=15%	1,000	180 (Ca) , 150 (N)
	เหล็ก EDTA , Fe=13.2%	50	3.96 (Fe)
B	12-60-0 โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	50	18 (N)
	N=12 , P=26.18		39.27(P)
	0-62-34 โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต	100	11.35 (P)
	P=22.69 K=28.23		14.12 (K)
	13-0-46 , โพแตสเซียมไนเตรด	800	104 (N)
	N=13 , K=38.20		305.6 (K)
	แมกนีเซียมซัลเฟต Mg=9.36 ,S=13.0	500	46.75 (Mg), 65 (S)
B	นิคอสเพอร์ B=2 , Zn=2 ,Mn=2	15	0.675 (Mg) , 0.270 (Fe)
	Cu=1.9 , M ₀ =0.023 , Fe=1.8 ,		0.3 (B) , 0.3 (Mn) ,0.3 (Zn)
	Mg=4.5		0.285 (Cu) ,0.0035 (M ₀)
	แมงกานีส EDTA =13%	10	1.04 (Mn)

ดิเรก ทองอร่าม. (2547: 165).

เมื่อธาตุอาหารเข้าสู่ลำต้นพืชจะถูกนำไปใช้ เพื่อการเจริญเติบโตและทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

1. เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์และโปรตีนพลาสซึม เช่น คาร์บอน (C) ,ไฮโดรเจน (H) ,ออกซิเจน (O) , ไนโตรเจน (N) เป็นต้น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เป็นอินทรีย์สาร คือ โปรตีน กรดนิวคลีอิกและไขมัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างนิวเคลียส กำมะถันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีนหลายชนิด เป็นองค์ประกอบของรงควัตถุต่าง ๆ เช่น คลอโรฟิลล์มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ

2. ควบคุมแรงดันออสโมซิสของเซลล์ มีธาตุหลายธาตุที่ทำหน้าที่ควบคุม แรงดันออสโมติกของเซลล์ เช่น โบรอน คลอไรด์ โพแทสเซียม โซเดียมและไฮโดรเจน เป็นต้น

3. ทำหน้าที่ควบคุมการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยเซลล์ส่วนที่ทำหน้าที่ มีสารที่เป็นองค์ประกอบ คือ ฟอสเฟต ไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต ไฮโดรเจนไอออน โพแทสเซียมไอออน โซเดียมไอออน แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน

4. ทำหน้าที่ควบคุมเยื่อหุ้มเซลล์ โดยควบคุมการเข้าออกของสาร ให้ผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ได้เร็วหรือช้า

5. รักษาโรคพิษ เช่น พิษที่มีปริมาณทองแดงสูง จะเกิดโรคทองแดงเป็นพิษ ทำให้รากเจริญเติบโตช้า เมื่อเติมแคลเซียมลงไปจะทำให้ความเป็นพิษของทองแดงลดลงทำให้รากเจริญเติบโตเร็วขึ้น

6. เป็นสารเร่งปฏิกิริยา เช่น เหล็ก ทองแดงและสังกะสี เพราะ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายอย่าง

7. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึม เช่น ฟอสฟอรัส แมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ โคบอลต์และแมกนีเซียมช่วยให้เอนไซม์ทำหน้าที่ได้เต็มที่ และ โพแทสเซียมที่เซลล์ปากใบช่วยรักษาความเต่งของเซลล์

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3

เรื่อง ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

หลักการ

ธาตุอาหารพืช เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชในปัจจุบัน ใช้วิธีปลูกพืชในน้ำและเติมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชลงไปเรียกเทคนิคการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สูตรอาหารที่นิยมใช้คือสูตรของฮอกแลนด์ (Hoagland) ซึ่งค้นพบโดยนักสรีรวิทยาของพืชชาวอเมริกันชื่อ ฮอกแลนด์ (Hoagland) และอาร์นอน (Arnon) ในปี ค.ศ. 1950 จากการศึกษาการเจริญเติบโตของพืชโดยเทคนิคนี้พบว่า ธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้ในบางชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยตรง บางชนิดให้ผลโดยทางอ้อม พืชชั้นสูงต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นทั้งหมด 16 ธาตุ เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก (macronutrient elements) 9 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) , ไฮโดรเจน (H) , ออกซิเจน (O) , ไนโตรเจน (N) , ฟอสฟอรัส (P) , โพแทสเซียม (K) , แคลเซียม (Ca) , แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ธาตุอาหารที่พืชที่ต้องการปริมาณน้อย (micronutrient elements) 7 ธาตุ คือ โบรอน (B) , เหล็ก (Fe) , แมงกานีส (Mn) , สังกะสี (Zn) , ทองแดง (Cu) , โมลิบดีนัม (Mo) และ เป็นคลอรีน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเมื่อขาดธาตุอาหาร (nutrient deficiency) บางชนิด
2. ศึกษาอาการของภาวะขาดธาตุอาหาร

เวลาที่ใช้	120 นาที
อภิปรายก่อนการทดลอง	15 นาที
การทดลอง	90 นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. ต้นอ่อนของผักกวางตุ้งที่เพาะในถ้วยปลูกที่บรรจุเพอไลต์และเวอร์มิคิวไรต์ ที่แช่น้ำและฉีดพ่นน้ำ ในช่วงเวลาเช้า กลางวันและเย็น ให้มีอายุ 7-14 วัน
2. ธาตุอาหารพืช (ปุ๋ย) ที่ใช้ในบทปฏิบัติการที่ 2 ดังตาราง 8 (พัฒนามาจากตาราง 7) โดยอัตราส่วนตารางที่ 8 นี้ผสมน้ำทำเป็นสารละลาย 5 ลิตร (เมื่อจะปลูกพืชต้องผสมในอัตราส่วนน้ำ 1,000 ลิตร)

ตาราง 8 แสดงชนิดของปุ๋ยสูตรต่างๆ

ถึง/ชนิดของสาร/ความ		ชนิดของปุ๋ย	
เข้มข้น	ธาตุอาหารสูตร	ขาดธาตุเหล็ก	ขาดธาตุแมกนีเซียม
(ppm)	สมบูรณ์	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	สูตรที่1	(กรัม)	(กรัม)
	(กรัม)		
- สารละลายถึง A			
1. แคลเซียมไนเตรด	1,000	1,000	1,000
2. เหล็กEDTA FE = 6.6	50	-	50
- สารละลายถึง B			
1. โพแทสเซียมไนเตรด			
N = 104 , K = 305.6			
2. โมโนโพแทสเซียม	800	800	800
ฟอสเฟต			
P = 22.69 K = 28.23	100	100	100
3. โมโนแอมโมเนียม			
ฟอสเฟต	50	50	50
N=12 P=26.18			
4. แมกนีเซียมซัลเฟต	500	500	-
Mg = 46.77 , S = 64.63			
5. แมงกานีส EDTA	10	10	10
Mn = 1.4			
6. นิคสเปรย์	30	30	30
B = 0.6 , Zn = 0.6 ,			
Mn = 0.6 , Cu = 0.57,			
Fe = 0.54 , Mg = 1.35			
M ₀ = 0.007			

3. น้ำ	90	ลิตร
4. ถ้วยปลูก	700	ถ้วย
5. เครื่องชั่งแบบสามแขน	1	เครื่อง
6. เครื่องชั่งสปริง	1	เครื่อง
7. เพอไลต์	5	กิโลกรัม
8. เวอร์มิคิวไลต์	5	กิโลกรัม
9. กรดไนตริกเข้มข้น 20%	5	ลิตร
10. กรดซัลฟิวริก 20%	5	ลิตร
11. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	1	เครื่อง
12. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช	1	เครื่อง
13. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	2	ใบ
14. ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร	4	ใบ
15. ไม้ปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (ขนาด 186 หลุมปลูก/โต๊ะ)	3	โต๊ะ

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเมื่อขาดธาตุอาหาร (nutrient deficiency) บางชนิด
2. ศึกษาอาการของภาวะขาดธาตุอาหาร

การอภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำวิธีทดลอง การวัดและสังเกตผลการเจริญเติบโตของพืชที่ได้รับสารอาหารต่างกัน

แนวการตั้งปัญหา

1. ธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร
2. พืชจะเจริญโตได้ไม่ดี ถ้าขาดสารอาหาร

แนวการตั้งสมมติฐาน

ถ้าขาดธาตุหลักและแมกนีเซียม พืชจะเจริญเติบโตได้ไม่ดี

แนวทางการกำหนดตัวแปรที่ใช้ศึกษา

ตัวแปรต้น ชนิดของสูตรปุ๋ย

ตัวแปรตาม การเจริญเติบโตของพืช

ตัวแปรควบคุม ชนิดและขนาดของพืช, ชนิดของโต๊ะปลูก, ระดับค่าการนำไฟฟ้า ตั้งแต่ 2.4-2.8 mS/cm, ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.5- 6.2

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/6 กลุ่ม)

1. เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง	750	เมล็ด
2. ถ้วยปลูก	750	ใบ
3. เพอไลต์	5	กิโลกรัม
4. เวอร์มิคิวไลต์	5	กิโลกรัม
5. น้ำ สำหรับผสมปุ๋ย 4 ถัง	20	ลิตร
6. น้ำในถังของโต๊ะปลูก 3 ถัง	525	ลิตร
7. แคลเซียมไนเตรด	2,000	กรัม
8. เกล็ด EDTA	50	กรัม
9. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	200	กรัม
10. โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	100	กรัม
11. โพแทสเซียมไนเตรด	800	กรัม
12. แมกนีเซียมซัลเฟต	500	กรัม
13. แมงกานีส EDTA	20	กรัม
14. นิคอสเปรย์	60	กรัม
15. ปีกเกอร์ขนาด 100 ml.	1	ใบ
16. ปีกเกอร์ขนาด 1,000 ml.	1	ใบ
17. เครื่องชั่งแบบละเอียด	1	เครื่อง
18. เครื่องชั่งสปริง	1	เครื่อง
19. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	1	อัน
20. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า	1	เครื่อง
21. โต๊ะปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ (ถึงน้ำขนาด 175 ลิตร)	3	โต๊ะ
22. ถังพลาสติกมีฝาขนาด 5 ลิตร	2	ใบ
23. กรดไนตริกความเข้มข้น 20%	1	ถัง
ชนิดของปุ๋ย	3	สูตร

ตาราง แสดงชนิดและปริมาณของปุ๋ย

ถึง/ชนิดของสาร/ความเข้มข้น (ppm)	ธาตุอาหารสูตร สมบูรณ์ สูตรที่ 1 (กรัม)	ขาดธาตุหลัก สูตรที่ 2 (กรัม)	ขาดธาตุแมกนีเซียม สูตรที่ 3 (กรัม)
- สารละลายถึง A			
1. แคลเซียมไนเตรด	1,000	1,000	1,000
2. เหล็กEDTA	50	-	50
FE = 6.6			
- สารละลายถึง B			
1. โพแทสเซียมไนเตรด	800	800	800
2. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	100	100	100
P = 22.69 K = 28.23			
3. แมกนีเซียมซัลเฟต	500	500	-
Mg = 46.77 , S = 64.63			
4. แมงกานีส EDTA	10	10	10
Mn = 1.4			
5. โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	50	50	50
6. นิคอสเปรย์	30	30	30
B = 0.6 , Zn = 0.6 ,			
Mn = 0.6 , Cu = 0.57,			
Fe = 0.54 , Mg = 1.35			
M ₀ = 0.007			

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม (2547).

ตัวอย่างผลการทดลอง

1. ลักษณะการเจริญเติบโตและภาวะขาดธาตุอาหารแต่ละชนิด เปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกในสูตรสารอาหารที่สมบูรณ์ (complete)

- สูตร 1 สารอาหารที่สมบูรณ์ (complete)

ต้นกวางตุ้ง ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่สมบูรณ์อายุก่อน 20 วัน ใบเริ่มยาวและกว้างมากขึ้น ใบสีเขียวเข้ม การเจริญเติบโตของลำต้นเป็นไปอย่างช้าๆ ส่วนรากงอกยาวอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งต้นกวางตุ้งอายุประมาณ 20 วันขึ้นไป ขนาดลำต้นและความยาวจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อายุ 31 วัน มีความกว้างของใบประมาณ 15-17 เซนติเมตรสูงประมาณ 40-46 เซนติเมตร

- สูตร 2 ขาดธาตุแมกนีเซียม (Mg)

ต้นกวางตุ้งที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม อายุก่อน 20 วันจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ลักษณะเช่นเดียวกับสูตรสมบูรณ์ แต่หลังอายุ 20 วัน เจริญเติบโตได้ดีกว่าช่วงแรก แต่ความสูงน้อยกว่าสูตรสมบูรณ์ มีการใบเหลืองเล็กน้อย ขนาดของใบเล็กกว่าปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรสมบูรณ์และที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุเหล็ก

- สูตร 3 เมื่อขาดธาตุ เหล็ก (Fe)

ต้นกวางตุ้งที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุเหล็ก เจริญเติบโตเช่นเดียวกับสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชสมบูรณ์ แต่สีของใบมีจุดสีเหลือง จากขอบใบเข้าสู่กลางใบ เส้นใบสีเหลืองอ่อน

2.การเติมสารอาหาร การวัดค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง สังเกตและบันทึกผลทุกวัน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 แสดงการค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารในสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร

วันที่	สูตร	ปริมาณ สารละลาย (cm ³)		ค่า การนำไฟฟ้า (mS/cm)		ค่าความเป็นกรด-ด่าง	
		A	B	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร
1 - 14	1,2,3	250	250	2.1	2.5	7.6	6.0
15	1	-	-	2.4	-	6.8	6.1
	2	50	50	2.3	2.4	6.7	6.0
	3	-	-	2.4	-	7.1	6.2
16	1	100	100	2.2	2.4	7.2	5.7
	2	125	125	2.3	2.5	7.3	6.0
	3	125	125	2.3	2.5	6.9	6.1
17	1	300	300	1.8	2.6	7.4	6.0
	2	350	350	1.9	2.5	6.9	5.8
	3	325	325	1.8	2.4	7.3	5.6
18	1	400	400	1.8	2.6	7.8	6.1
	2	425	425	1.7	2.5	7.4	5.9
	3	375	375	1.8	2.4	7.7	5.5
19	1	400	400	1.7	2.8	8.0	5.7
	2	375	375	1.6	2.4	7.1	5.5
	3	375	375	2.0	2.4	7.8	6.2
20	1	375	375	1.8	2.6	7.5	5.6
	2	375	375	1.7	2.4	7.3	5.7
	3	350	350	2.2	2.5	7.2	5.5
21	1	375	375	2.1	2.4	7.4	5.8
	2	350	350	1.7	2.5	6.6	5.9
	3	300	300	1.9	2.4	6.9	5.5

ตอนที่ 1 (ต่อ)

ว./ด./ป.	สูตร	ปริมาณ		ค่า การนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นกรด-ด่าง	
		สารละลาย		(mS/cm)			
		(cm ³)					
		A	B	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร	ก่อนให้สาร	หลังให้สาร
30	1	300	300	2.1	2.5	7.9	6.2
	2	300	300	2.2	2.4	7.3	5.8
	3	275	275	2.3	2.4	6.5	5.6
31	1	300	300	2.0	2.6	7.3	6.2
	2	275	275	2.1	2.4	6.9	5.5
	3	300	300	2.0	2.5	7.2	6.0

3. วัดความสูงของต้นกวาวดั่ง ทุก 2 วัน และชั่งน้ำหนักสด (ต้น+ราก) ของพืชที่ปลูกในสารอาหาร สูตรสมบูรณ์และขาดธาตุต่าง ๆ เมื่อมีอายุครบ 31 วัน ดังตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2 และ 3

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตอนที่ 2 แสดงความสูงของต้นผักกวางดั่งในสูตรอาหาร 3 สูตร

วันที่	ความสูงเฉลี่ยของต้นผักกวางดั่งในสูตรอาหารต่างกัน (เซนติเมตร)		
	สูตรสมบูรณ์	สูตรขาดธาตุหลัก	สูตรขาดธาตุ แมกนีเซียม
14	7.5	7.5	7.5
16	10	10.3	8.9
18	13.8	14.1	11.2
20	16.5	17.2	14.3

ตอนที่ 3 แสดงการปลูกต้นกวาดำในสารอาหารต่างกัน

วันที่	ความสูงเฉลี่ยของต้นผักกวางตุ้งในสูตรอาหารต่างกัน (เซนติเมตร)		
	สูตรสมบูรณ์	สูตรขาดธาตุหลัก	สูตรขาดธาตุแมกนีเซียม
22	22.1	22.7	21.2
24	26.2	26.8	23.4
26	32.1	32.6	23.4
28	40.9	41.2	25.6
30	45.4	45.3	27.7
31	46.5	45.8	29.1

ตอนที่ 3 แสดงความยาวราก/น้ำหนักเฉลี่ยของพืชในสูตรอาหารต่างกัน

การทดลอง	ผลการทดลอง	
	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักต้น (กรัม)
ค่าเฉลี่ยจากสูตรสมบูรณ์	30	200
ค่าเฉลี่ยจากสูตรขาดธาตุหลัก	31	220
ค่าเฉลี่ยจากสูตรขาดธาตุแมกนีเซียม	18	180

การอภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปว่า กวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรสมบูรณ์จะเจริญเติบโตได้ดีทั้งราก ลำต้นและ ใบมีสีเขียวเข้ม ส่วนกวางตุ้งที่ขาดธาตุหลัก จะมีการเจริญเติบโตที่ทั้งรากและลำต้น แต่สีของใบจะปรากฏสีเหลืองเป็นจุดๆ เริ่มจากขอบปลายใบกระจายเข้าสู่ตัวใบ และกวางตุ้งที่ขาดธาตุแมกนีเซียม จะเจริญเติบโตช้ากว่า ใบมีสีเหลืองเล็กน้อย มีลักษณะกลมป้อมมากกว่าทั้ง 2 สูตร แสดงว่า ต้นกวางตุ้ง ที่ปลูกในสูตรปุ๋ยสมบูรณ์จะ

เจริญเติบโตได้ดีกว่า กวางตุ้งสูตรขาดแมกนีเซียมและกวางตุ้งสูตรที่ขาดธาตุเหล็ก มีผลต่อการสร้างสีของใบ จึงทำให้ใบมีสีเหลือง แต่มีผลต่อความสูงและความยาวของรากน้อย

แนวการตอบคำถาม

1. พืชที่ปลูกในสารละลายสูตรที่สมบูรณ์กับที่ขาดธาตุอาหารมีการเจริญเติบโตต่างกันอย่างไร
ตอบ ปลูกในสารละลายสูตรที่สมบูรณ์จะเจริญเติบโตดีกว่าขาดธาตุอาหาร ใบเป็นสีเขียวที่ขาดธาตุอาหารใบจะเป็นสีเหลือง นอกจากนั้นยังเจริญเติบโตได้ช้าในพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม

2. บทปฏิบัติการนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชในสารละลายธาตุอาหาร ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชครบทุกชนิดหรือไม่

ตอบ ครบทุกชนิด

3. พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ขาดธาตุแสดงภาวะขาดธาตุให้เห็นทุกการทดลองหรือไม่
ตอบ พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ขาดธาตุแสดงภาวะขาดธาตุทั้ง 2 ชนิด

4. ธาตุอาหารที่จำเป็น มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร

ตอบ พืชมีการเจริญเติบโตดี ใบมีสีเขียวสมบูรณ์

5. การปรับค่า pH และการทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารละลาย ขณะปลูกพืชมีความสำคัญอย่างไร

ตอบ ทำให้พืชสามารถนำแร่ธาตุไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี และรากพืชได้รับออกซิเจนสม่ำเสมอ

6. อายุของพืชมีผลต่ออัตราดูดแร่ธาตุอย่างไร

ตอบ พืชมีอายุตั้งแต่ 20 วันขึ้นไปจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าระยะต้นๆ น่าจะดูดแร่ธาตุได้ดีกว่า

7. ในธรรมชาติพืชได้ธาตุอาหารจากแหล่งใดบ้าง

ตอบ ดิน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

กรณีศึกษาเรื่อง ค่า EC และ pH ที่ต่างกันจะมีผลต่อพืช
อย่างไร

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่า EC และ pH ที่ต่างกันจะมีผลต่อพืชอย่างไร

สาระสำคัญ

การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ผู้ปลูกต้องคำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ เช่น การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า หรือค่าการนำไฟฟ้า และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือค่าให้เหมาะสมกับชนิดของพืช และสภาวะแวดล้อม เช่น ภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล ของแต่ละประเทศ เป็นต้น

การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ของสารละลายธาตุอาหารพืช

การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า หรือ ค่าการนำไฟฟ้า เป็นการควบคุมระดับของเกลือแร่หรือน้ำในสารอาหาร เพื่อให้พืชได้รับสารอาหารตามที่พืชต้องการ โดยการวัดค่าการนำไฟฟ้า หรือวัดความสามารถของสารละลายที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยใช้เครื่องมือวัดการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity meter) มีหน่วยวัดเป็นซิเมน (Siemens) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของปุ๋ย (เกลือแร่) หรือความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในสารอาหาร (มาตรฐานที่ 25 องศาเซลเซียส) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า มีหลายอย่างเช่น ชนิดของพืช ระยะการเติบโต ความเข้มของแสงและขนาดของถังที่บรรจุสารอาหารพืชค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมแก่การปลูกผักกางต้ง คือ 2.4-2.8 mS/cm

การรักษาหรือการควบคุมความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหาร

1. หลักการทั่วไป

เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง มักเรียกว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14

ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 7 (น้ำบริสุทธิ์) ถือว่าสารละลายเป็นกลาง

ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ ต่ำกว่า 7 ถือว่าสารละลายเป็นกรด

ค่า ความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถือว่าสารละลายเป็นเบส

สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารพืช

เนื่องมาจากธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุ(ปุ๋ย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารนั้น รากพืชจะดูดนำไปใช้ได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง ในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง จึงมีความสำคัญต่อการปลูกพืชมาก เช่น ถ้าพืชเจริญเติบโตได้ที่ความเป็นกรด-ด่าง 5 จะมีความเข้มข้น (กรด) สูงกว่าค่า

6 ถึง 10 เท่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง แต่ละช่วง เช่น จาก 6 ขึ้นเป็น 7 หรือจาก 6 ลดลงมาเป็น 5 นั้นจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายบวกลบหรือลบลบ

การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้พืชนำสารอาหารไปใช้ได้ยากง่ายแตกต่างกันไป ด้วยเหตุผลดังกล่าวการรักษาความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถนำสารอาหารไปใช้ได้ดี (เช่น ความเป็นกรด-ด่างที่ 6) จะทำให้พืชสามารถนำธาตุจากสารละลายไปใช้ในการเจริญเติบโต และหากพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอก็จะทำให้เกิดโรคได้

2. สาเหตุที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในสารละลายธาตุอาหารพืช สามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เนื่องจากรากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายอาหารแล้วปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ออกสู่สารละลายธาตุอาหารทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น

- พืชดูดธาตุอาหารที่มีไอออนลบหรือแอนไอออน (Anions) แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH^-) สู่สารละลายธาตุอาหารทำให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น

- พืชดูดธาตุอาหารที่มีไอออนบวกหรือแคตไอออน (Cations) แล้วปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) สู่สารละลายธาตุอาหารจะทำให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างลดลง

3. การรักษาหรือควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง

พืชแต่ละชนิดต้องการค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน ค่า pH 4.0 เป็นค่า pH ที่ต่ำสุดและค่า pH สูงสุดที่ 10.0 ถ้าสารละลายมีค่า pH สูงกว่านี้เพียง 2-3 วันจะทำให้ธาตุดูดธาตุแมงกานีส เหล็ก และฟอสเฟตไปใช้ได้ยาก ค่า pH ในช่วง 5.8-10.0 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารพืชสามารถคงรูปอยู่ในสารละลาย ทำให้พืชส่วนมากนำไปใช้ได้ดี แต่ที่นิยมคือค่า pH 6 การปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าของ pH สามารถทำได้โดยการเติมสารลงไป สารละลายธาตุอาหารพืช เช่น

- การปรับเพื่อเพิ่มค่าของ pH ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชเป็นกรดมากเกินไป เราสามารถปรับให้ค่า pH สูงขึ้นได้โดยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate หรือ bicarbonate of soda $NaHCO_3$) หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide NH_4OH) สารใดสารหนึ่งลงไป สารละลายธาตุอาหารพืช การใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ธาตุอาหารมีโพแทสเซียมมากขึ้น

- การปรับค่าเพื่อลดค่าของ pH ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชเป็นด่างมากเกินไป ควรเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ คือ กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) หรือกรดไนตริก (Nitric acid HNO_3) หรือกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) หรือกรดแอซิติก (Acetic acid,

CH_3COOH) หรือกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, H_3PO_4) ซึ่งการใช้กรดฟอสฟอริกแม้จะมีอันตรายน้อยกว่า แต่ก็จะเป็นการทำให้พืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น กรด-เบสที่นิยมใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเพิ่มค่า pH และใช้กรดซัลฟิวริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเพื่อ ปรับลด pH

4. ข้อควรระวังในการใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

ก่อนใช้ควรปรับเครื่องให้มีความเที่ยงตรงเสียก่อน โดยการใช้ น้ำยามาตรฐานหรือที่เรียกว่า สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Buffer solution) เช่น บัฟเฟอร์ 4 บัฟเฟอร์ 7 หรือบัฟเฟอร์ 10 เป็นต้น เครื่องวัดบางเครื่องสามารถปรับโดยการใช้ น้ำยามาตรฐานได้เพียงค่าเดียว ในขณะที่บางเครื่องสามารถวัดได้สองค่าซึ่งจะให้ความแม่นยำสูงกว่าแบบแรก ในการเลือกใช้เครื่องวัดสามารถปรับเครื่องโดยการใช้ น้ำยามาตรฐานได้ 2 ค่านั้นผู้ปรับจะต้องเลือกว่าจะวัดที่ค่าใด เช่น ที่บัฟเฟอร์ 4 หรือบัฟเฟอร์ 7 คู่กับบัฟเฟอร์ 10 เป็นต้น ซึ่งการจะเลือกปรับคูใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าเราจะนำไปใช้ตรวจวัดช่วงใดเป็นหลัก เช่น ถ้าต้องการควบคุม $\text{pH} = 6$ ก็ควรเลือกคูการใช้ยามาตรฐานที่บัฟเฟอร์ 4 และบัฟเฟอร์ 7

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 กรณีศึกษาเรื่อง ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันจะมีผลต่อ พืชอย่างไร

หลักการ

การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ เช่น ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดเป็นเบส ซึ่งต้องใช้เครื่องมือดังนี้

1. การควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช เป็นการวัดค่าการนำไฟฟ้า หรือวัดความสามารถของสารละลายที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยใช้เครื่องมือวัดการนำไฟฟ้า

2. การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารพืช รากพืชจะดูดสารได้มากน้อยเพียงใดขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งค่าของสารละลายธาตุอาหารพืชสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อรากพืชดูดธาตุอาหารแล้วปลดปล่อย ไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ค่าความเป็นกรด-ด่าง สามารถปรับได้ 2 วิธี คือ

1.) การปรับเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชมีความเป็นกรดมากเกินไป สามารถปรับให้สูงขึ้นได้โดยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ฯ สารใดสารหนึ่งลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช

2.) การปรับเพื่อลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชเป็นเบสมากเกินไปควรเติม กรดซัลฟิวริกหรือกรดไนตริกลงในสารละลายธาตุอาหารพืชเพื่อลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ลง

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อพืช
2. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าที่มีต่อพืช

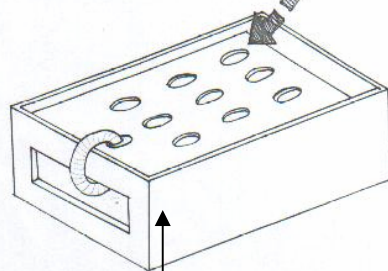
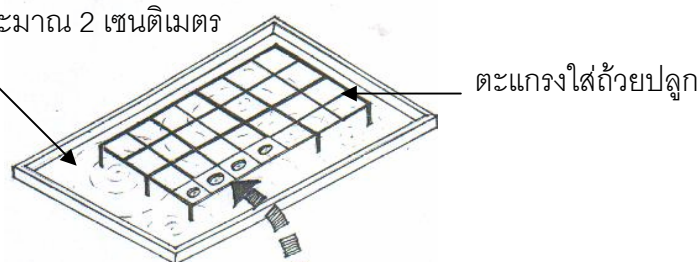
เวลาที่ใช้ 120 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง	150	เมล็ด
2. ถ้วยปลูก	75	ใบ
3. เพอไลต์	700	กรัม
4. เวอร์มิคิวไลต์	700	กรัม
5. น้ำ	80	ลิตร

6. น้ำผสมปุ๋ย	10	ลิตร
7. แคลเซียมไนเตรด	1,000	กรัม
8. เหล็ก EDTA	50	กรัม
9. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	100	กรัม
10. โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	50	กรัม
11. โพแทสเซียมไนเตรด	800	กรัม
12. แมกนีเซียมซัลเฟต	500	กรัม
13. แมงกานีส EDTA	10	กรัม
14. นิโคสเปอรี	15	กรัม
15. ปีกเกอร์ขนาด 100 ml	2	ใบ
16. เครื่องชั่งแบบละเอียด	1	เครื่อง
17. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	1	เครื่อง
18. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า	1	เครื่อง
19. ถังพลาสติกขนาด 3-5 ลิตร	2	ใบ
20. ชุดปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์	5	กล่อง

ถาดใส่น้ำมีระดับน้ำสูงประมาณ 2 เซนติเมตร



ภาพประกอบ 13 ชุดปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์

แนวการตั้งปัญหา

ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ถ้าค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชจะโตช้าเมื่อมีค่าการนำไฟฟ้าน้อย
2. ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชจะโตช้าเมื่อมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง

แนวการกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ ค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง

ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้ง

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูชี้แจงถึงการใช้ชุดทดลองปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ และแนวการปรับค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่างตามวิธีการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง

น้ำหนักเฉลี่ย (ราก/ลำต้น)

- | | | |
|---------------------------------------|----------|-------------------------------|
| - ชุดควบคุม | 178 กรัม | |
| - ชุดค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่าเกณฑ์ | 120 กรัม | และ ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ 155 กรัม |
| - ชุดค่าความเป็นกรด-ด่าง สูง | 110 กรัม | และ ค่าการนำไฟฟ้าสูง 165 กรัม |

ตารางตัวอย่างผลการทดลอง

ตอนที่ 1 แสดงลักษณะของพืชที่มีค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกัน

วันที่	ผลการสังเกตลักษณะของพืชแต่ละชุดการปลูกที่มีค่า pH 5.5-6.2		
	ชุดควบคุม	ชุดค่าความเป็นกรดด่าง	ชุดค่าการนำไฟฟ้าสูง
	EC 2.4-2.8 mS/cm	ไฟฟ้าต่ำ EC 1.0 -2.0 mS/cm	EC 3.5-4.5 mS/cm
14	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร
16	ต้นสูง 8.2 เซนติเมตร	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร	ต้นสูง 9.7 เซนติเมตร
18	ต้นสูง 11.3 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ต้นสูง 8.3 เซนติเมตร ต้นและใบเล็ก	ต้นสูง 11.6 เซนติเมตร ต้นและใบเล็ก
20	ต้นสูง 14.6 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ต้นสูง 9.5 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ต้นสูง 12.4 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย
22	ต้นสูง 19.5 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ต้นสูง 14.1 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ต้นสูง 14.2 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย
24	ต้นสูง 21.4 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ต้นสูง 14.3 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ต้นสูง 16.2 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย
26	ต้นสูง 23.6 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ต้นสูง 14.5 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ต้นสูง 16.6 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย
28	ต้นสูง 25.2 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ต้นสูง 15.7 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบเท่าเดิม	ต้นสูง 16.7 เซนติเมตร ต้นเล็กและใบเท่าๆ เดิม

ตอน ที่ 1 (ต่อ)

วันที่	ผลการสังเกตลักษณะของพืชแต่ละชุดการปลูกที่ EC 2.4-2.8 mS/cm		
	ชุดควบคุม pH 5.5 – 6.2	ชุดค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ pH 4.0 - 4.7	ชุดค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ pH สูง pH 7.5 - 8.2
14	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร	ต้นสูง 7.7 เซนติเมตร
16	ต้นสูง 8.2 เซนติเมตร	สูงเท่าเดิมแต่ต้นเหี่ยว รากเน่า	ต้นสูง 7.8 เซนติเมตร
18	ต้นสูง 11.3 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น เล็กน้อย	ตาย	ต้นสูง 8.2 เซนติเมตร
20	ต้นสูง 14.6 เซนติเมตร ต้นและใบใหญ่ขึ้น	ตาย	เหี่ยวเฉาและตาย
22	ต้นสูง 19.5 เซนติเมตร	ตาย	ตาย
	ต้นและใบใหญ่ขึ้น		
24	ต้นสูง 21.4 เซนติเมตร	ตาย	ตาย
	ต้นและใบใหญ่ขึ้น		
26	ต้นสูง 23.6 เซนติเมตร	ตาย	ตาย
	ต้นและใบใหญ่ขึ้น		
28	ต้นสูง 25.2 เซนติเมตร	ตาย	ตาย
	ต้นและใบใหญ่ขึ้น		
28		ตาย	ตาย

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า การปลูกต้นกล้วยตั้งในสารละลายธาตุอาหารพืช ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-ด่างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หากมีค่าการนำไฟฟ้าสูง พืชจะเจริญเติบโตได้ดีในระยะหนึ่งแล้วจะมีการเจริญเติบโตช้าลง แต่หากค่าการนำไฟฟ้าต่ำพืชจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ต้นเล็กกว่าปกติถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำเกินไปจะทำให้กล้วยตั้งเหี่ยว

เฉาตายได้ในเวลารวดเร็ว แต่การค่าความเป็นกรด-ด่างสูงค่าคงที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างมากนัก พืชไม่เจริญเติบโตและตายในที่สุด

แนวการตอบคำถาม

1. ค่า การนำไฟฟ้า สูงหรือต่ำกว่าชุดควบคุมมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไร

ตอบ หากมีค่าการนำไฟฟ้าสูง พืชจะเจริญเติบโตได้ดีในระยะหนึ่งแล้วจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง แต่หากค่าการนำไฟฟ้าต่ำพืชจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ค่อนข้างต้นเล็กกว่าปกติ

2. ค่าการนำไฟฟ้า หรือต่ำกว่าชุดควบคุมมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไร

ตอบ หาก pH สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้รากพืชเหี่ยวเฉาตายได้ในเวลารวดเร็ว

3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้า อย่างไร

ตอบ ช่วงอากาศร้อนอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้า จะต่ำ pH จะสูง

4. ปัจจัยใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าน่าจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ที่ใช้วิธีปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์

ตอบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง , อุณหภูมิของน้ำ, ปริมาณแสง , ชนิดของพืช, การหมุนเวียนของน้ำ (ปริมาณออกซิเจน)

บทปฏิบัติการที่ 5
วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 5

วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

สาระสำคัญ

พืชผักในท้องตลาดอาจมีสารพิษตกค้าง เช่น สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และสัตว์ ที่เรียกกันผิด ๆ ว่ายาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืช ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค การบริโภคพืชผักที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์ เป็นพืชปลอดจากสารพิษตกค้าง ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข เป็นการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติลโคลีน สามารถสังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลองตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมากแสดงว่ามีสารอะซิติลโคลีนในปริมาณมาก

สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)

1. ความหมาย

สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 163 (พ.ศ.2538) หมายถึง “สารเคมีที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขัดไล่ หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือใช้ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร หรือเป็นสารเคมีที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (ectoparasites)

นอกจากนี้ยังให้หมายรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อนและสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากการเก็บรักษา และการขนส่งแต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร และยาสำหรับสัตว์

2. ประวัติและวิวัฒนาการการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

เดิมมนุษย์เคยอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมของธรรมชาติที่สมดุล ป่าที่มีความสมดุลทางธรรมชาติจะประกอบด้วยพืชนานาชนิดที่มีปริมาณพอดี และอยู่ในสภาพสมดุลกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในสภาพดังกล่าว การควบคุมทางธรรมชาติจะควบคุมให้จำนวนประชากรอยู่ในช่วงระดับสูงต่ำในช่วงเวลาหนึ่ง ต่อมามนุษย์ได้เลือกวิถีทางเพื่อนำมาซึ่งความมั่นคงในการดำรงชีวิตมากยิ่งขึ้น โดยมนุษย์ทำการเลี้ยงสัตว์และเพาะปลูก เพื่อให้ได้อาหารและเครื่องนุ่งห่ม วิวัฒนาการดังกล่าวนี้ได้มี

ส่วนช่วยให้จำนวนประชากรของโลกมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ เช่น การเพาะปลูกพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดใดชนิดหนึ่ง ได้เปลี่ยนสภาพป่าให้เสียความสมดุลทางธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะมีการขยายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากมีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเจริญอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ เมื่อเกิดความไม่สมดุลดังกล่าวนี้ มนุษย์จึงต้องพยายามควบคุมสิ่งมีชีวิตที่คอยแก่งแย่งหรือทำลายพืช ซึ่งทำให้มนุษย์ต้องเสียประโยชน์ ต้องพยายามควบคุมสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรคมาสู่มนุษย์ และสัตว์เลี้ยง นอกจากนั้นยังต้องพยายามควบคุมพืชที่แก่งแย่งอาหารของพืชเกษตรกรรมอีกด้วย มนุษย์จึงต้องพยายามหาวิธีการต่าง ๆ ในระยะแรกมนุษย์รู้จักวิธีการควบคุมโดยวิธีง่าย ๆ เช่น การควบคุม โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น การล้อมรั้ว การถอนวัชพืชด้วยมือ จนกระทั่งในสมัยต่อมามนุษย์เริ่มรู้จักการควบคุมโดยใช้สารเคมี

3. การควบคุมการใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ อาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะต้น ระยะที่สองและระยะที่สาม

1) ระยะต้น สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์และศัตรูสัตว์ในระยะต้น เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ได้แก่

- สารอนินทรีย์ มีหลักฐานว่าชาวจีนรู้จักใช้สารหนูเพื่อฆ่าแมลงมาเป็นเวลานานกว่าสองพันปี เนื่องจากสารอนินทรีย์เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ในปัจจุบันนี้จึงได้มีการนำสารเคมีประเภทนี้กลับมาใช้อีก ได้แก่ สารประเภทสารหนู เช่น ตะกั่วอาร์ซีเนต แคลเซียมอาร์ซีเนต เป็นต้น และสารอนินทรีย์อื่น ๆ เช่น คีรือไลต์ โซเดียมฟลูออไรด์ กำมะถันผง และคอปเปอร์ซัลเฟต เป็นต้น

- สารที่สกัดจากพืช แม้ว่าสารเคมีที่สกัดจากพืชจะมีอยู่หลายชนิด และได้มีผู้ใช้นานนับพันปีเพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ แต่สารดังกล่าวหลายชนิดยังขาดข้อมูลทางพิษวิทยาที่ละเอียดเพียงพอ ในปัจจุบันนี้สารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและศึกษาค้นคว้าเพิ่มขึ้นมากเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนนิยมใช้มากขึ้น เพราะได้พบว่าสารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น ไพรีทรินส์ที่สกัดได้จากพืช มีประสิทธิภาพสูง ฆ่าแมลงได้รวดเร็ว และแมลงสร้างความต้านทานต่อสารต่ำ นอกจากนั้นยังพบข้อดี คือ มีพิษต่อคนและสัตว์เลี้ยวเล็กน้อย ในขณะที่ไม่สะสมในร่างกายสิ่งมีชีวิต และสลายตัวได้ดีในสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียสำหรับการใช้สารเคมีที่สกัดจากพืชเหล่านี้ ได้แก่ การที่สารเคมีเหล่านี้หมดฤทธิ์เร็ว จึงทำให้สิ้นเปลือง

2.) ระยะที่สอง เป็นระยะที่มีการสังเคราะห์สารอินทรีย์เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเริ่มตั้งแต่ระยะสงครามโลกครั้งที่สองจนถึงปัจจุบัน สารเคมีในระยะที่สอง หรือระยะ

กลางนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ปัจจุบันนี้สารเคมีดังกล่าวมีจำหน่ายตามท้องตลาดของประเทศไทยมากมาย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหานานัปการ เนื่องจากสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นนี้มีพิษสูงมากต่อสิ่งมีชีวิต และส่วนใหญ่ตกค้าง สะสม เพราะละลายได้ดีในไขมัน นอกจากนั้นบางชนิดยังมีความคงทน สลายตัวได้ยากในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ชนิดแรกที่สังเคราะห์ได้คือ ดีดีที (dichloro diphenyl trichloro ethane)

การใช้สารเคมีสังเคราะห์ทั่วโลกมีแนวโน้มไปสู่การใช้สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมตซึ่งสลายตัวง่ายกว่า

3) ระยะที่สาม หลังจากระยะกลางที่มีการนำสารเคมีสังเคราะห์มาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และสัตว์กันอย่างแพร่หลายแล้ว ประชาชนและรัฐบาลในหลายประเทศทั่วโลกได้เริ่มตระหนักถึงปัญหาความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ความเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ และปัญหาการต้านทานของศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ที่มีต่อวัตถุเคมีพิษดังกล่าว ในระยะที่สามนี้จึงได้มีการพยายามนำสารเคมีอื่นๆ มาใช้ ซึ่งเรียกว่ายาฆ่าศัตรูพืช สารเคมีในระยะที่สามเป็นสาร คล้ายฮอร์โมน และเฟอโรโมนส์ มีการนำมาใช้ร่วมกับการควบคุมโดยชีววิธี การควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เป็นต้น

จากสถิติการนำสารเคมีเข้าประเทศไทยเพื่อใช้ฆ่าแมลงศัตรูพืช พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาปราบวัชพืชมีปริมาณการสั่งเข้าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพื่อนำมาทดแทนการขาดแคลนแรงงานที่ใช้ในการเกษตร ส่วนการนำเข้าของยาฆ่าแมลงนั้นนับว่ายังมีปริมาณการสั่งเข้ามาในประเทศไทยสูงมาก

4. ระดับความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ความเป็นพิษ หมายถึง ความสามารถเฉพาะตัวของสารใดสารหนึ่งในการก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อสิ่งมีชีวิต การบาดเจ็บดังกล่าวแสดงให้เห็นในลักษณะต่าง ๆ เช่น พิษเฉียบพลัน และพิษเรื้อรัง

พิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง พิษที่เกิดขึ้นจากสารนั้น อาจเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เช่น การเกิดพิษเฉียบพลันจากสารเคมีกำจัดแมลง ผู้ป่วยมีอาการน้ำตาน้ำลายไหลเหงื่อออก ม่านตาหรี่ เมื่อได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปริมาณมากทันทีทันใด หรือเกิดพิษเรื้อรัง ซึ่งอาจต้องใช้เวลาหนึ่งหลังจากได้รับสารนั้นในปริมาณไม่มากเป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน ๆ เช่น การเกิดพิษต่อเม็ดเลือด การเกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ การเกิดเนื้องอกและมะเร็ง เป็นต้น

การตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชผัก

เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคพืชผักและผลไม้ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีโครงการผลิตพืชผักและผลไม้อนามัย ด้วยการควบคุม และตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน

การสุ่มตัวอย่างพืชผักในสถานที่ต่าง ๆ แล้วนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย เป็นเทคนิควิธีที่ซับซ้อนยุ่งยากกว่าการใช้ชุดทดลองตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งใช้หลักการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติลโคลีน สามารถสังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลอง ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมากแสดงว่ามีสารอะซิติลโคลีนในปริมาณมาก ซึ่งหมายถึงการมีสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตมากเช่นกัน

บทปฏิบัติการที่ 5 วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก

หลักการ

ความปลอดภัยในการบริโภคพืชผัก เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน เกษตรกรส่วนใหญ่ ใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช โดยขาดความรู้และขาดจิตสำนึก สาธารณะทำให้มีการตกค้างของสารพิษ การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นการปลูกพืชแบบ ปลอดภัยสารพิษ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจสอบสารเคมีตกค้างในพืชผัก ของกระทรวง สาธารณสุข การตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้าง ในพืชผักที่ทดลองปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์ เปรียบเทียบกับพืชผักที่ซื้อจากท้องตลาด ชุดทดลองดังกล่าวใช้หลักการตรวจสอบหาสารเคมี กำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต สารในกลุ่มนี้ ทำให้เกิดการสะสมสารอะซิติก โคลีน สามารถสังเกตได้จากสีที่ทดสอบได้จากชุดทดลอง ว่าสีเข้มมากหรือน้อย โดยถ้าสีเข้มมาก แสดงว่ามีสารอะซิติกโคลีนในปริมาณมาก ซึ่งหมายถึงการมีสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโน ฟอสเฟตและคาร์บาเมตมากด้วย

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างในพืชผักที่ซื้อ จากท้องตลาด กับพืชที่ปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์

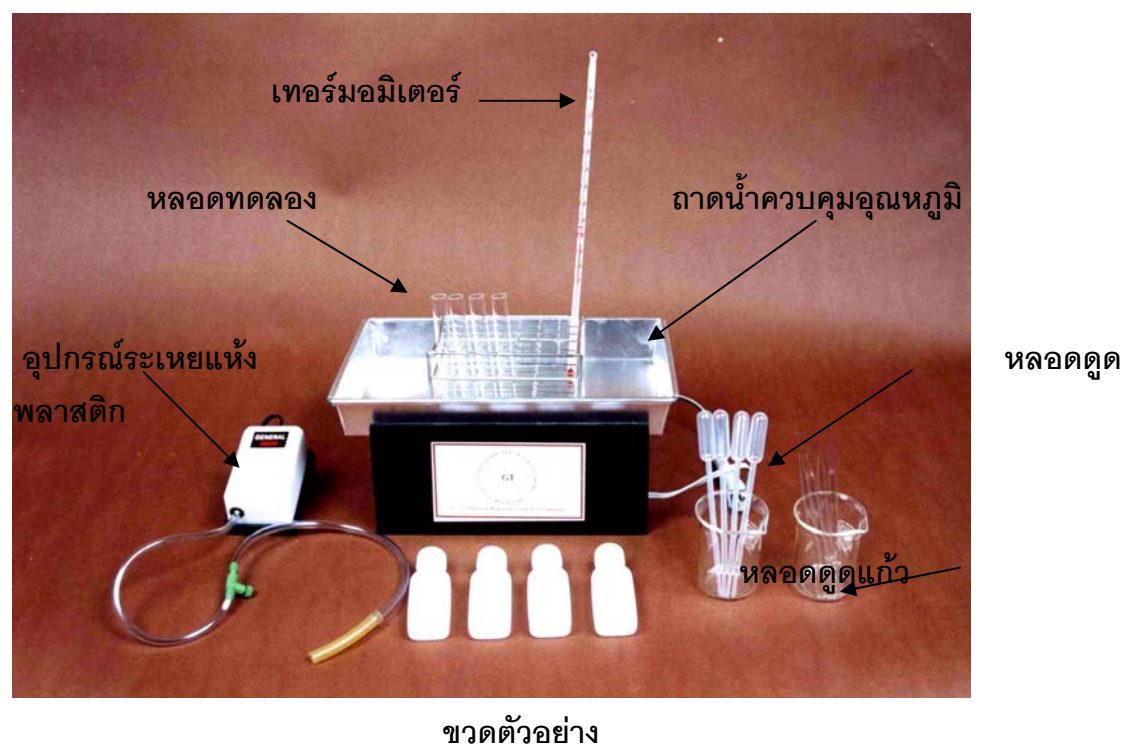
เวลาที่ใช้

อธิบายก่อนการทดลอง 20 นาที
ทดลอง 80 นาที
อธิบายหลังการทดลอง 20 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | | |
|--------------------------|---|-----|
| 1. ถาดน้ำควบคุมอุณหภูมิ | 1 | ชุด |
| 2. อุปกรณ์การผสม (Mixer) | | |
| 3. อุปกรณ์ระเหยตัวอย่าง | 1 | ชุด |
| 4. ชุดน้ำยา | 1 | ชุด |
| 4.1. น้ำยาสกัด-1 | | |
| 4.2. น้ำยาสกัด-2 | | |
| 4.3. จีที-2 | | |

- 4.4. จีที-2.1
 4.5. จีที-3
 4.6. จีที-3.1
 4.7. จีที-5
 4.8. จีที-4
 4.9. จีที-1
- | | | |
|------------------------|----|------|
| 5. ขวดตัวอย่าง | 4 | ขวด |
| 6. หลอดทดลอง | 6 | หลอด |
| 7. ตะแกรงวางหลอดทดลอง | 1 | อัน |
| 8. หลอดหยดพลาสติก | 12 | หลอด |
| 10. เทอร์มอมิเตอร์ | 1 | อัน |
| 11. หลอดหยดแก้ว | 5 | หลอด |
| 12. ผักจากตลาดหลายแห่ง | | |
13. แผนวิทัศน์แสดงการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชตกค้างในพืชผัก ของ
 กระทรวงสาธารณสุข



ภาพประกอบ 16 แสดงอุปกรณ์ชุดตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช
 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผลทางการเกษตร โดยชุดน้ำยาจีที. (วิทัศน์). (2540)

กรุงเทพฯ: กอบทอง ฐปหอม.

แนวการตั้งปัญหา

จะตรวจสอบได้อย่างไรว่ามีสารพิษกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในพืชผัก

แนวการตั้งสมมติฐาน

ถ้ามีการเปลี่ยนสีกับน้ำยาทดสอบสารพิษกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชผัก น่าจะมีสารพิษ

ตัวแปรที่ทดลอง

ตัวแปรต้น การเปลี่ยนสีเมื่อทดสอบกับสารละลายของผักตัวอย่าง น่าจะมีพิษตกค้าง

ตัวแปรตาม ปริมาณสารตกค้างแปรผันตามความเข้มของสีสารละลายผักตัวอย่าง

ตัวแปรที่ต้องควบคุม ปริมาณตัวอย่าง , ปริมาณสารที่ทดสอบ ระยะเวลาในการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

ให้นักเรียนระมัดระวังในการใช้สารเคมีงดการสูดดมสารเคมี โดยเฉพาะจีที.2 เพราะอาจเกิดอันตรายกับเยื่อในโพรงจมูกได้

วิธีทดลอง

1. ศึกษา การตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในพืชผักจากตลาดและพืชที่ทดลองปลูก แบบไฮโดรพอนิกส์โดยใช้ชุดการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างในพืชผัก ของกระทรวงสาธารณสุข จากแผ่นวิธีทัศน์

2. สุ่มตัวอย่างพืชผักจากท้องตลาด หากเป็นผักประเภทใบผักน้ำน้อย เช่น คะน้า กวางตุ้ง ให้ผ่าเป็น 2 ส่วนตามแนวยาวของลำต้น แล้วเลือกมา 1 ส่วน ถั่วฝักยาวหั่นเป็น 3 ท่อน ผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วสุ่มมา 200 กรัม (2 ซีด) หั่นให้ละเอียดดังภาพประกอบ 14 ถ้าเป็นผักน้ำมาก เช่น มะเขือเทศหั่นหยาบ



ภาพประกอบ 14 แสดงการหั่นผักเพื่อการตรวจสอบหาสารเคมีตกค้างในพืชผัก

3. ตัก/ชั่งตัวอย่างผักที่หั่นละเอียด 5 กรัมใส่ขวดตัวอย่าง

- ผักสมุนไพรรู ใส่ 2.5 กรัม (1 ซีดของขวด)
- ผักน้ำมาก ใส่ 5 กรัม (1 ซีดของขวด)
- ผักน้ำน้อย ใส่ 5 กรัม (2 ซีดของขวด)

4. ใส่น้ำยาสกัด-1 จำนวน 5 cm^3 (ท่วมตัวอย่าง หรือ 2 ซีดของขวด) เขย่านาน 1 นาที แล้ววางทิ้งไว้ 5-10 นาที

5. ดูดสารละลายสกัด-1 (จากขวดตัวอย่าง) ใส่หลอดแก้วทดลอง 1 cm^3 แล้วใส่น้ำยาสกัด-2 จำนวน 1 ซีด (cm^3) จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไประเหยในภาคน้ำควบคุมอุณหภูมิ ระเหยโดยนำหลอดแก้วปลายแหลม ต่อกับอุปกรณ์ระเหยและจุ่มลงในหลอดตัวอย่าง เป่าลม ประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าชั้นล่างจะหมดไป

6. ตัวอย่างที่ผ่านการระเหยเอาน้ำยาสกัด-1 ออกหมดจะเหลือสารละลายสกัด-2 จำนวน 1 cm^3 แล้วจึงนำไปตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงตกค้าง ด้วยการนำหลอดแก้วทดลองจำนวน 2 หลอด เป็นหลอดเปรียบเทียบเพื่อตัดสิน (Positive control) และหลอดควบคุม (Negative control) เติมน้ำยาSolvent-2 จำนวน 1 ส่วน (0.25 cm^3) ลงทุกหลอดตั้งแผนภาพ แล้วแช่ในภาคน้ำอุ่น



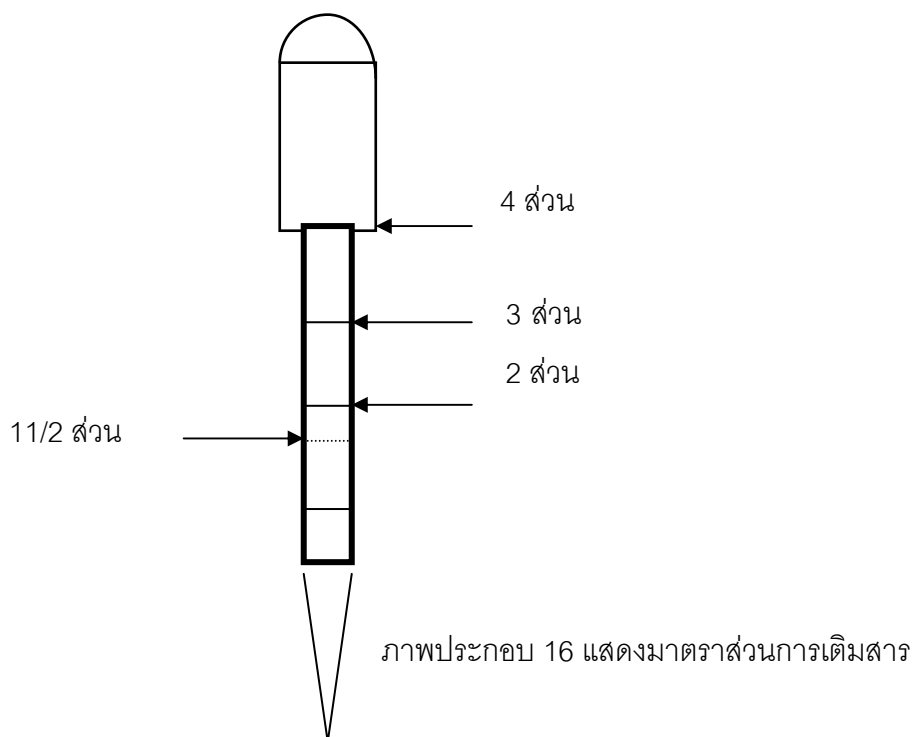
ภาพประกอบ 15 แสดงหลอดทดลองการตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงตกค้าง

7. เติมน้ำยาจีที-1 จำนวน 0.5 ซีด วางทุกหลอดไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นาน 10-15 นาที

8. ระหว่างรอเวลา ผสมจีที-2 และจีที 2.1 และ ผสมจีที-3 และจีที 3.1 เมื่อครบเวลา เติม

น้ำยาผสมจีที-2+2.1 จำนวน 0.25 cm^3 (1 ส่วน) ลงทุกหลอด ยกเว้นหลอดตัดสิน เติม 0.37 cm^3 ($11/2$ ส่วน) วางทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 30 นาที ตั้งวางไว้ 60 นาที / 30 นาที หรือ 15 นาที ดูจากฉลากจีที-1

9. เติมน้ำยาผสมจีที 3+3.1 จำนวน 1.0 cm^3 ทุกหลอดเขย่าให้เข้ากัน มาตรฐานการเติมสารเป็นส่วน ๆ มีขนาดดังภาพประกอบ 12

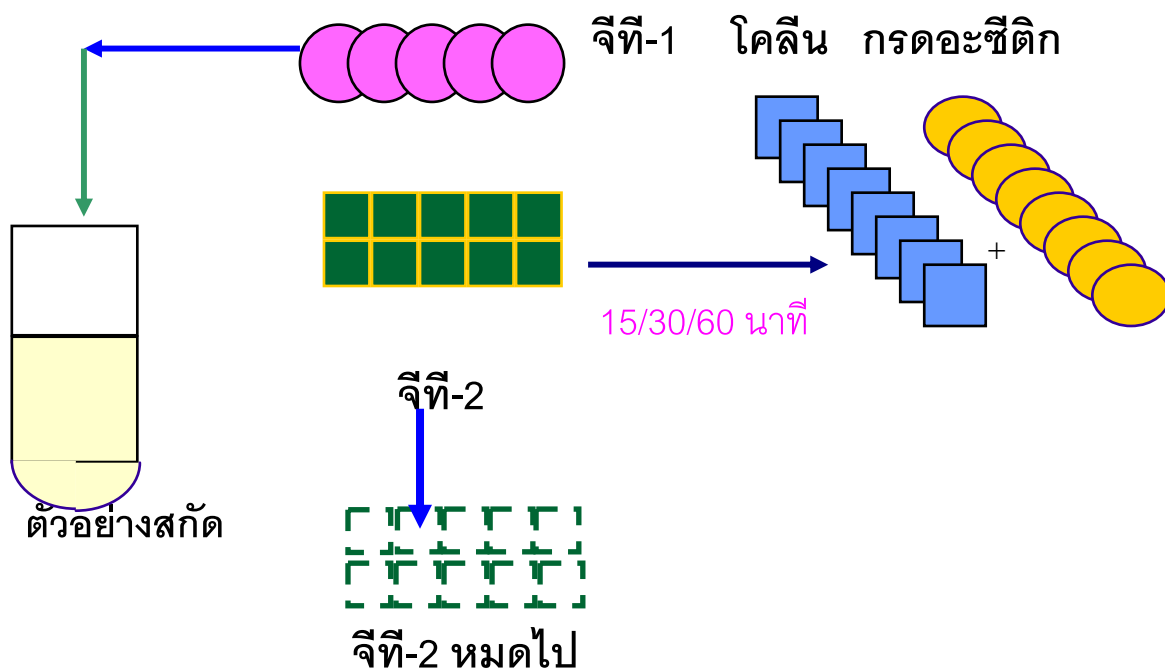


10. เติมน้ำยาจีที-4 จำนวน 0.5 cm^3 ทุกหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมน้ำยาจีที-5 จำนวน 0.5 cm^3 ลงทุกหลอด เขย่าให้เข้ากัน สังเกตและเปรียบเทียบสีที่ปรากฏในหลอดตัวอย่าง หลอดควบคุมและหลอดตัดสิน บันทึกผลการทดลอง

หลักการของชุดทดสอบ

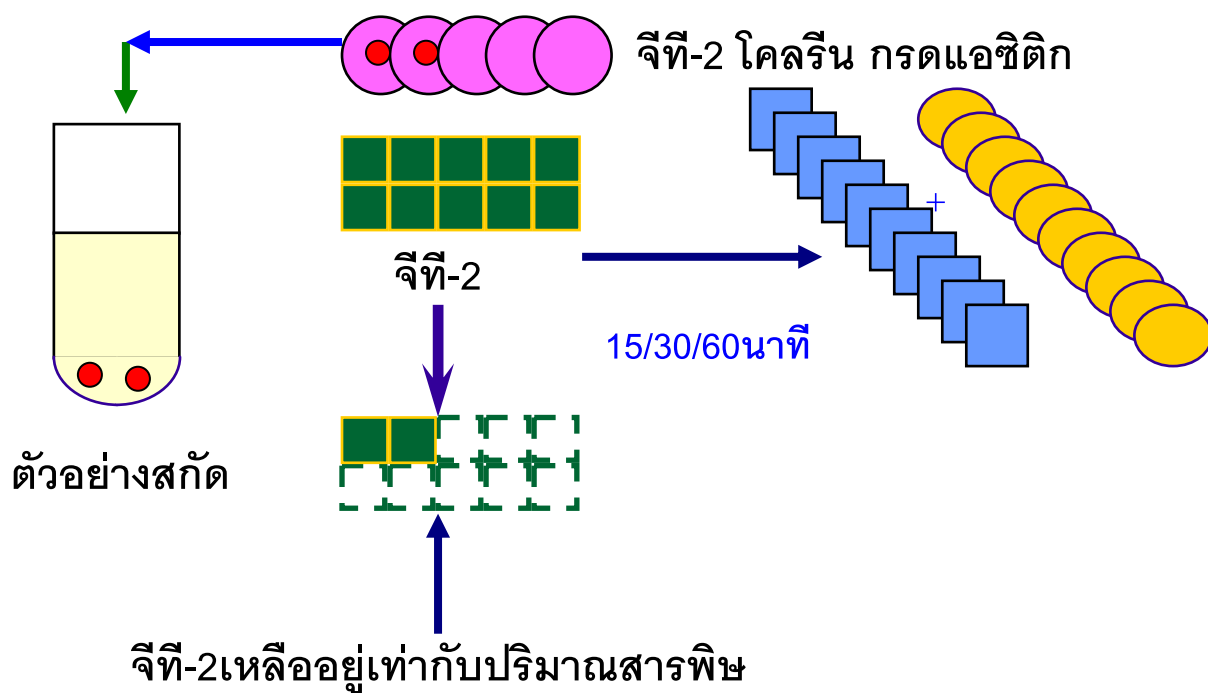
(Choline Esterase Inhibition technique)

1 หลอดควบคุม / ภาวะที่ไม่พบยาฆ่าแมลง



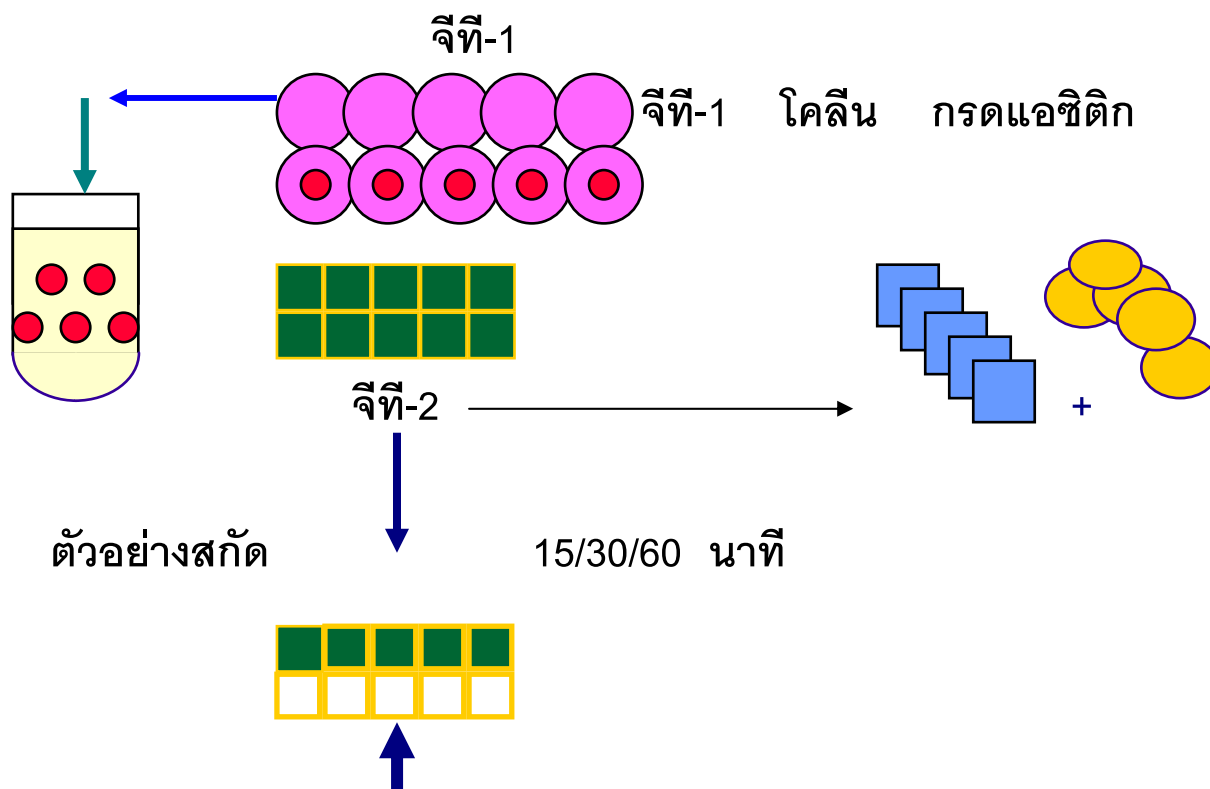
2 หลอดตัวอย่างภาวะพบยาฆ่าแมลง

ในระดับปลอดภัย (พบปริมาณ < 1 50%)



3. หลอดตัวอย่างภาวะพบยาฆ่าแมลงในระดับ

ไม่ปลอดภัย (พบปริมาณ > 150%)



จีที-2 เหลืออยู่เท่ากับปริมาณสารพิษ

ภาพประกอบ 16 แสดงแผนภาพหลักการทำงานของชุดทดสอบ

ตารางผลการทดลอง

ชนิดของตัวอย่างและ แหล่งที่มา	ความเข้มของสีที่ปรากฏ		
	หลอดควบคุม	หลอดตัวอย่าง	หลอดตัดสี
กวาดตักจากตลาด	สีน้ำตาลอ่อน	น้ำตาลค่อนข้างเข้ม	สีน้ำตาลอ่อนกว่า หลอดควบคุมเล็กน้อย
ค่น้ำจากตลาด	สีน้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้มมาก	สีน้ำตาลอ่อนกว่า หลอดควบคุมเล็กน้อย
กวาดตักจากไฮโดรพอนิกส์	สีน้ำตาลอ่อน	สีเหลือง	สีน้ำตาลอ่อน

อภิปรายหลังการทดลอง

จากการทดลองครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่า ตัวอย่างผักที่ซื้อจากตลาด ซึ่งเป็นหลอด ตัวอย่างจะมีสีของสารละลายเข้มกว่าหลอดตัดสีและหลอดควบคุม แสดงว่ามีสารเคมีเป็นพิษ ส่วนจะอยู่ในระดับมากหรือน้อยขึ้นกับความเข้มของสีที่เทียบกับหลอดตัดสี ถ้าเข้มมากแสดงว่ามีสารเคมีเป็นพิษตกค้างในระดับไม่ปลอดภัย หากสีอ่อนกว่าหลอดตัดสีแสดงว่าไม่พบสารเป็นพิษตกค้างอยู่ในพืชผักดังกล่าว หากสีใกล้เคียงหลอดควบคุมแต่เข้มกว่าหลอดตัดสีแสดงว่ามีสารตกค้างอยู่เล็กน้อย ต้นกวาดั่งที่ได้จากการปลูกด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นสีน้ำตาลอ่อน น้อยกว่าหลอดควบคุมแต่ใกล้เคียงหลอดตัดสีแสดงว่าไม่พบสารพิษตกค้างในต้นกวาดั่งที่ปลูกแบบไฮโดรพอนิกส์

แนวการตอบคำถาม

1. ทำไมต้องหั่นผักตัวอย่างในการทดลองให้ละเอียด

ตอบ เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการทำปฏิกิริยาเคมีของสารที่ใช้ทดสอบ

2. สีที่ได้จากการทดลองหลังเติมน้ำยาจีที-5 ของหลอดควบคุม , หลอดตัวอย่างและหลอดตัดสี ต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ หลอดตัวอย่างผักที่ซื้อจากตลาด จะมีสีของสารละลายเข้มกว่าหลอดตัดสีและหลอดควบคุม แสดงว่ามีสารเคมีเป็นพิษ

3. นักเรียนทราบได้อย่างไร ว่าหลอดตัวอย่างมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง

ตอบ สีเข้มกว่า

4. อะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง ในพืชผัก

ตอบ ผู้ปลูกพืชขาดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงในปริมาณมาก และเก็บผลผลิตเร็ว ทำให้มีสารพิษตกค้างมาก

ภาคผนวก ง

- ตารางสรุปการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยววทปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามวัดความตระหนัก เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

ตาราง 9 สรุปการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การ
ปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปล ผล
บทที่ 1	1	2	3	4	5	รวม		
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการ	-	-	-	-	-	-	-	-
วิทยาศาสตร์								
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
ครบถ้วน								
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	1	5	5	20	4.00	ดี
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี
จุดประสงค์								
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับ	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
เวลาที่กำหนด								
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหา	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
เหมาะสม								
1.6 การใช้ภาษา	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของ	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
นักเรียน								
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	4	3	5	5	21	4.20	ดีมาก
1.6.3 ชวนอ่าน	4	4	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
รวมเฉลี่ย							4.07	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1 หลักการ	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.1 สอดคล้องกับบท	5	3	3	4	5	20	4.00	ดี
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	4	3	3	4	5	20	4.00	ดี
2.2 จุดประสงค์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ						เฉลี่ย	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
บทที่ 1	1	2	3	4	5	รวม		
2.2.2 ประเมินผล	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	3	3	5	21	4.20	ดีมาก
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่	5	5	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
ทดลอง								
2.4. วิธีการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	3	4	5	22	4.40	ดีมาก
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรม	5	5	3	5	5	23	4.44	ดีมาก
เหมาะสม								
2.4.3 มีความยากง่าย	5	4	3	5	5	22	4.40	ดีมาก
พอเหมาะ								
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	3	5	5	22	4.40	ดีมาก
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบ	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
ยอด								
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิด	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
เป็น								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมี	5	5	3	5	5	23	4.44	ดีมาก
ส่วนร่วมในกิจกรรม								
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมี	4	5	2	4	5	20	4.00	ดี
ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง								
รวมเฉลี่ย							4.17	ดี
3. เอกสารรายงานผลการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ						ผู้เชี่ยวชาญคนที่	
	บทที่ 1	1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย
3.1 เอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม		4	4	3	3	5	19	3.80
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์		-	-	-	-	-	-	-
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับ การทดลอง		4	4	3	4	5	20	4.00
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับ จุดประสงค์		4	4	3	4	5	20	4.00
3.2.3 จำนวนข้อคำถาม เหมาะสม		5	5	3	4	5	22	4.40
3.2.4 ความสั้นยาวของ คำถามเหมาะสม		5	4	3	5	5	22	4.40
3.2.5 ส่งเสริมการคิด แก้ปัญหา		4	4	2	4	5	19	3.80
3.2.6 ส่งเสริมทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ การนำไปใช้		4	4	2	4	5	19	3.80
รวมเฉลี่ย								4.02

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปลผล
บทที่ 2	1	2	3	4	5	รวม		
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการ	-	-	-	-	-	-	-	-
วิทยาศาสตร์								
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	5	5	2	3	5	20	4.00	ดี
ครบถ้วน								
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	5	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้อง	4	5	3	4	4	20	4.00	ดี
กับจุดประสงค์								
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับ	5	5	2	4	2	18	3.60	ดี
เวลาที่กำหนด								
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหา	4	4	3	4	2	17	3.40	ดี
เหมาะสม								
1.6 การใช้ภาษา	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6.1 เหมาะสมกับระดับ	5	5	3	4	2	19	3.80	ดี
ของนักเรียน								
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	5	5	3	4	2	19	3.80	ดี
1.6.3 ชวนอ่าน	4	5	2	3	2	16	3.20	ปานกลาง
รวมเฉลี่ย							3.75	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1 หลักการ	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.1 สอดคล้องกับบท	5	5	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	3	4	5	22	4.40	ดีมาก
2.2 จุดประสงค์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.1 มีความชัดเจน	4	5	2	4	5	20	4.00	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปลผล
บทที่ 2	1	2	3	4	5	รวม		
2.2.2 ประเมินผล	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	3	5	5	23	4.60	ดีมาก
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่	5	5	3	4	5	22	4.40	ดีมาก
ทดลอง								
2.4. วิธีการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	3	5	3	4	5	20	4.00	ดี
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรม	5	5	3	4	5	22	4.40	ดีมาก
เหมาะสม								
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน								
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบ	5	5	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
ยอด	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิด								
เป็น	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม								
ร่วมในกิจกรรม	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมี								
ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
รวมเฉลี่ย							4.17	ดี
3. เอกสารรายงานผลการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								
3.1 เอกสารรายงานผลการ	5	5	1	2	2	15	3.00	ปาน
ทดลองเหมาะสม								กลาง

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปลผล
บทที่ 3	1	2	3	4	5	รวม		
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการ	-	-	-	-	-	-	-	-
วิทยาศาสตร์								
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี
ครบถ้วน								
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้อง	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
กับจุดประสงค์								
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับ	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
เวลาที่กำหนด								
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหา	4	3	2	4	5	18	3.60	ดี
เหมาะสม								
1.6 การใช้ภาษา	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6.1 เหมาะสมกับระดับ	4	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
ของนักเรียน								
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
1.6.3 ชวนอ่านรวมเฉลี่ย	4	4	3	3	5	19	3.80	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์							4.54	ดีมาก
2.1 หลักการ	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.1 สอดคล้องกับบท	-	-	-	-	-	-	-	-
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น								
2.2 จุดประสงค์	4	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.2.1 มีความชัดเจน	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปลผล
บทที่ 3	1	2	3	4	5	รวม		
2.2.2 ประเมินผล	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่	4	5	2	4	5	20	4.00	ดี
ทดลอง								
2.4. วิธีการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรม	5	5	2	2	5	19	3.80	ดี
เหมาะสม								
2.4.3 มีความยากง่าย	5	5	3	3	5	21	4.20	ดีมาก
พอเหมาะ								
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	5	2	2	5	19	3.80	ดี
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบ	4	4	2	3	5	18	3.60	ดี
ยอด								
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิด	5	4	1	3	5	18	3.60	ดี
เป็น								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมี	5	5	3	4	5	22	4.40	ดีมาก
ส่วนร่วมในกิจกรรม								
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมี	5	5	2	5	5	22	4.40	ดีมาก
ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง								
รวมเฉลี่ย							4.36	ดีมาก
3. เอกสารรายงานผลการทดลอง							4.02	ดี
และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่						เฉลี่ย	แปลผล
บทที่ 4	1	2	3	4	5	รวม		
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการ	-	-	-	-	-	-	-	-
วิทยาศาสตร์								
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4	4	3	3	5	19	3.80	ดี
ครบถ้วน								
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	4	4	3	3	5	19	3.80	ดี
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ	5	4	2	3	5	19	3.80	ดี
จุดประสงค์								
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับ	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
เวลาที่กำหนด								
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหา	5	4	2	2	5	18	3.60	ดี
เหมาะสม								
1.6 การใช้ภาษา	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6.1 เหมาะสมกับระดับ	5	5	3	3	5	21	4.20	ดีมาก
ของนักเรียน								
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	5	3	2	5	19	3.80	ดี
1.6.3 ชวนอ่าน	4	5	2	3	5	19	3.80	ดี
รวมเฉลี่ย							3.85	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1 หลักการ	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.1 สอดคล้องกับบท	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.2 จุดประสงค์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.1 มีความชัดเจน	4	4	2	4	5	20	4.00	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
บทที่ 4	1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	แปลผล
2.2.2 ประเมินผล	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	5	3	4	5	22	4.40	ดี
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่	5	5	2	4	5	21	4.20	ดี
ทดลอง								
2.4. วิธีการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	5	2	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรม	5	5	2	2	5	19	3.80	ดี
เหมาะสม								
2.4.3 มีความยากง่าย	4	5	2	3	5	19	3.80	ดี
พอเหมาะ								
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	4	5	3	2	5	19	3.80	ดี
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบ	4	4	3	3	5	19	3.80	ดี
ยอด								
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิด	4	4	2	3	5	18	3.60	ดี
เป็น								
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมี	5	4	3	5	5	22	4.40	ดีมาก
มีส่วนร่วมในกิจกรรม								
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมี	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง								
รวมเฉลี่ย							4.00	ดี
3. เอกสารรายงานผลการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-
และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
บทที่ 5	1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	แปลผล
1. ใบความรู้บทปฏิบัติการ	-	-	-	-	-	-	-	-
วิทยาศาสตร์								
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน	5	4	2	3	3	17	3.40	ดี
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	4	4	3	4	2	17	3.40	ดี
1.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ	4	4	3	2	3	16	3.20	ดี
จุดประสงค์								
1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับ	5	4	3	3	5	20	4.00	ดี
เวลาที่กำหนด								
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหา	5	4	2	3	4	18	3.60	ดี
เหมาะสม								
1.6 การใช้ภาษา	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6.1 เหมาะสมกับระดับของ	4	5	3	4	4	20	4.00	ดี
นักเรียน								
1.6.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย	4	5	3	4	3	19	3.80	ดี
1.6.3 ชวนอ่าน	4	5	2	3	3	17	3.40	ดี
รวมเฉลี่ย							3.60	ดี
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1 หลักการ	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.1 สอดคล้องกับบท	5	4	2	4	5	20	4.00	ดี
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1.2 เหมาะสมกับระดับชั้น	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก
2.2 จุดประสงค์	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.1 มีความชัดเจน	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมินผล	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ								
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่								
บทที่ 5	1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	แปลผล	
2.2.2 ประเมินผล	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี	
2.3. อุปกรณ์และสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.3.1 เหมาะสมกับระดับชั้น	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่	4	5	3	4	5	21	4.20	ดีมาก	
ทดลอง									
2.4. วิธีการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรม	5	4	3	5	5	22	4.40	ดีมาก	
เหมาะสม									
2.4.3 มีความยากง่าย	4	4	2	4	5	19	3.80	ดี	
พอเหมาะ									
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	4	4	3	4	5	20	4.00	ดี	
2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบ	4	3	3	4	5	19	3.80	ดี	
ยอด									
2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิด	4	3	2	4	5	18	3.60	ดี	
เป็น									
2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมี	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก	
ส่วนร่วมในกิจกรรม									
2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมี	5	4	3	4	5	21	4.20	ดีมาก	
ทักษะในการปฏิบัติการทดลอง									
รวมเฉลี่ย							4.04	ดี	
3. เอกสารรายงานผลการทดลอง	-	-	-	-	-	-	-	-	
และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ									
วิทยาศาสตร์									

ตาราง 10 สรุปค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างจุดประสงค์การทดลองกับ
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	จุดประสงค์การทดลอง	ผลการพิจารณา ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
โครงสร้างที่ใช้ในการ ลำเลียงของพืช	1. ระบุบริเวณที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำและ แร่ธาตุจากส่วนตัดตามขวางหรือตัดตามยาว ของรากและลำต้นจากสไลด์หรือภาพที่ศึกษา ได้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2. ใช้กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์การ เตรียมพืชสดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
การปลูกพืชแบบไฮโดร พอนิกส์	1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเมื่อใช้วิธี ปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2. สามารถใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ได้ ถูกต้องและมีทักษะกระบวนการและทักษะ ปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เครื่องชั่ง การตวงสาร การหาค่าความเข้มข้นของ สารละลาย การใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เป็นต้น	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อ การเจริญเติบโตของพืช	1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชเมื่อขาด ธาตุอาหาร (nutrient deficiency) บางชนิด	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2. ศึกษาอาการของภาวะขาดธาตุอาหาร	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
เรื่องค่า EC และ pH ที่ ต่างกันจะมีผลต่อพืช อย่างไร	1. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า EC ที่มีต่อพืช	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
	2. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่มีต่อพืช	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
วิธีตรวจสอบสารเคมี ตกค้างในพืชผักโดยชุด ตรวจหาค่าแมลง	เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสารเคมี กำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างในพืชผักที่ซื้อ จากท้องตลาด กับพืชที่ปลูกแบบ ไฮโดรพอนิกส์	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้

ตาราง 11 สรุปค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญด้านคุณลักษณะของการเลือกใช้คำถามที่เหมาะสม

แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
2	0	0	1	0	1	2	0.40	ปรับปรุง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
5	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
8	1	1	0	-1	1	2	0.40	ปรับปรุง
9	0	0	1	0	1	2	0.40	ปรับปรุง
10	1	-1	1	-1	0	0	0	ปรับปรุง
11	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
15	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
18	0	0	1	0	1	2	0.40	ปรับปรุง
19	1	1	-1	1	1	3	0.60	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
23	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 11 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1			
	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
27	1	1	-1	1	1	3	0.60	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
29	0	0	1	0	1	2	0.40	ปรับปรุง
30	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
36	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
38	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
41	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
42	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
46	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
49	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 11 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1			
51	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
52	1	1	-1	1	1	3	0.60	ผ่าน
53	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
55	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน
59	1	1	0	1	1	4	0.80	ผ่าน
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 12 สรุปค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ

รายการที่ประเมิน	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 1			
1. การวางแผนวิธีดำเนินการ								
ทดลอง								
ประเด็นที่ประเมิน								
- มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบเหมาะสมและชัดเจน	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
- มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง	1	0	1	1	1	4	0.8	ผ่าน
- วางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
2. การปฏิบัติการทดลอง								
1.) ด้านเทคนิคการทดลอง								
ประเด็นที่ประเมิน								
- ดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
- ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
- อ่านค่าและตรวจสอบได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
- ทำการทดลองด้วยความระมัดระวังและปลอดภัย	1	1	0	1	1	4	0.8	ผ่าน
2.) ด้านความรวดเร็วในการทดลองประเด็นที่ประเมิน								
- ดำเนินการทดลองได้อย่างรวดเร็ว	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
- ปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน
- ทำการทดลองได้ทันเวลา	1	1	1	0	1	4	0.8	ผ่าน
3. การนำเสนอ								
- บันทึกการทดลองเป็นขั้นตอนถูกต้องสมบูรณ์	1	1	1	1	1	5	1.0	ผ่าน

ตาราง 13 สรุปค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบสอบถามวัดความตระหนัก
เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม โดยผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามข้อที่	ผลการพิจารณา ผชช. คนที่					รวม	IC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	1	-1	1	0	1	2	0.40*	ปรับปรุง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	-1	1	0	1	2	0.40*	ปรับปรุง
4	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
5	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
6	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
7	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
8	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
9	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
10	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
11	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
12	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
13	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
14	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
15	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
16	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
17	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
18	1	-1	1	0	1	2	0.04*	ปรับปรุง
19	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
20	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
21	1	0	1	0	1	3	0.80	ใช้ได้
22	1	0	1	0	1	3	0.80	ใช้ได้
23	1	0	1	0	1	3	0.80	ใช้ได้
24	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
25	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
26	1	-1	1	0	1	2	0.04*	ปรับปรุง
27	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
28	0	1	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
29	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
30	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

ภาคผนวก จ

- ตัวอย่างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- แบบสอบถามแบบสอบถามวัดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างแบบประเมินวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1) ทักษะการสังเกต

	06.00 น.	09.00 น.	12.00 น.	15.00 น.	18.00 น.
จันทร์	15	17	20	21	19
อังคาร	15	15	15	10	9
พุธ	8	10	14	14	13

1. ช่วงเวลาใดที่อุณหภูมิสูงที่สุด

ก. 12.00 น. วันจันทร์

ข. 15.00 น. วันจันทร์

ค. 12.00 น. วันอังคาร

ง. 12.00 น. วันพุธ

2) ทักษะการวัด

2. ข้อใดเป็นข้อมูลที่ได้จากการใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของหนังสือ

ก. 10.3 นิ้ว

ค. 10.345 นิ้ว

ข. 10.34 นิ้ว

ง. 10.3456 นิ้ว

3) ทักษะการคำนวณ

ใช้ข้อมูลในตารางตอบคำถามข้อที่ 3

มวล (กรัม)	จำนวนลูกเปิด
400	3
450	4
500	8
550	4
600	3

3. ค่าเฉลี่ยมวลของลูกเปิดคือข้อใด

ก. 134 กรัม

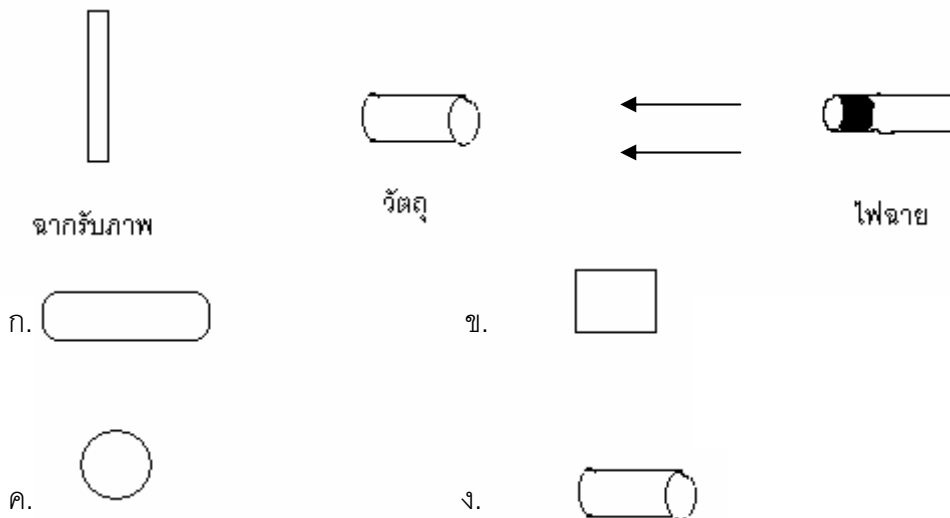
ข. 0.114 กิโลกรัม

ค. 500 กรัม

ง. 0.4 กิโลกรัม

5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา

4. ถ้าฉายไฟฉายไปยังวัตถุรูปทรงกระบอกดังรูป เงาที่ปรากฏบนฉากรับภาพจะมองเห็นเป็นรูปใด



6) ทักษะการพยากรณ์

5. พืชที่ขึ้นในที่ร่มแสงแดดส่องไม่ถึง เป็นเวลานานจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

ก. ลำต้นเล็กสูงใบเหลืองซีด

ข. ลำต้นเหี่ยวเฉาและตาย

ค. ลำต้นเล็กสูงใบสีเขียว

ง. ลำต้นและใบสีเขียวแต่มีขนาดใหญ่

7) ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ให้ใช้ตัวเลือกและสถานการณ์ต่อไปนี้ในการตอบคำถามข้อ 11 - 13

" โหนดเลี้ยงปลา 10 ตัว ในอ่างน้ำเลี้ยงได้ 3 วัน ปลาตาย 2 ตัวอีก 2 วันปลาตายอีก 2 ตัว โหนดจึงคุยกับพ่อและแม่และดำเนินการดังนี้

1. โหนด : พ่อครับทำไมปลาจึงตาย

2. พ่อ : ลูกให้อาหารปลาหรือเปล่า

3. แม่ : แม้ว่าอากาศหายใจอาจไม่เพียงพอ

4. โหนดทดลองแบ่งปลาที่เหลืออกเป็น 2 พวกจำนวน เท่าๆ กัน โดยพวกหนึ่งเลี้ยงแบบเดิม อีกพวกมีเครื่องให้ออกซิเจน ปลาพวกแรกตายหมด ปลาที่มีเครื่องให้ออกซิเจนไม่ตาย

5. โหนด : ใช่แล้วปลามีอากาศหายใจไม่พอปลาจึงตาย

6. ขั้นตั้งสมมติฐานควรอยู่ในข้อความหมายเลขใด

ก. หมายเลข 1,2

ข. หมายเลข 2,3

ค. หมายเลข 3,4

ง. หมายเลข 4,5

8) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

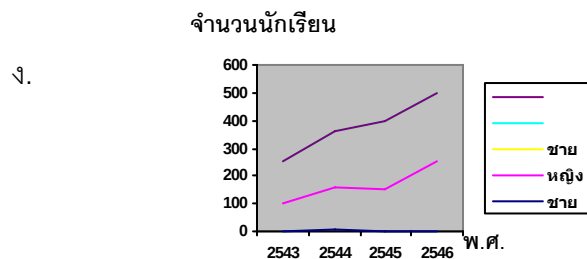
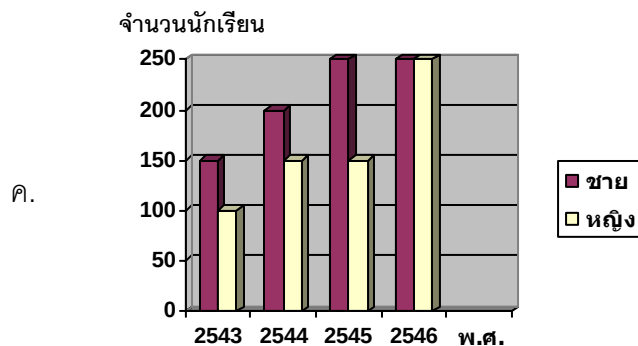
7. ถ้าต้องการเปรียบเทียบปริมาณของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตั้งแต่ปี 2543 – 2546 ควรนำเสนอในรูปแบบใด จึงจะทำให้ผู้อื่นเข้าใจตามที่ต้องการ

ก.

พ.ศ. \ นักเรียน	2543	2544	2545	2546
ชาย	150	200	250	250
หญิง	100	150	150	250

ข.

พ.ศ. \ นักเรียน	ชาย	หญิง
2543	150	100
2544	200	150
2545	250	150
2546	250	250



7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)

9) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ให้นักเรียนพิจารณารูปข้างล่างนี้แล้วตอบคำถามข้อ 8

(1) (2)



8. รูปนี้เป็นการทดลองเรื่องใด

ก. การจมการลอย

ข. การหาปริมาตรของวัตถุ

ค. การหาน้ำหนักของวัตถุ

ง. การเปรียบเทียบน้ำหนักของวัตถุ

10) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

9. สมชายทดลองให้ปุ๋ยต้นมะม่วงพันธุ์เดียวกัน ขนาดเท่ากันและปลูกในดินชนิดเดียวกัน โดยแปลงแรกใส่ปุ๋ยที่โคนต้น แปลงที่สองฉีดพ่นปุ๋ยที่ใบ สมมติฐานของการทดลองนี้ คือข้อใด

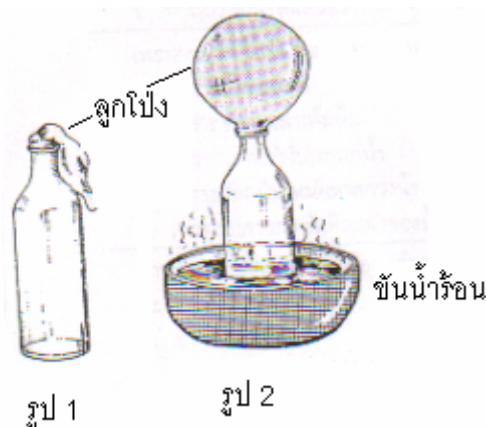
ก. การให้ปุ๋ยทางรากและทางใบทำให้ได้ผลดี

ข. การให้ปุ๋ยทางรากและทางใบทำให้ได้ผลดก

ค. การให้ปุ๋ยทางรากและทางใบทำให้ได้ผลผลิตเท่ากัน

ง. การให้ปุ๋ยทางรากทำให้มะม่วงงอกงามกว่าการให้ปุ๋ยทางใบ

11) ทักษะการทดลอง



รูป 1

รูป 2

ให้นักเรียนพิจารณารูปข้างบนนี้แล้วตอบคำถามข้อ 10

10. รูปทั้งสองนี้เป็นการทดลองเกี่ยวกับเรื่องใด

ก. การขยายตัวของลูกโป่ง

ข. การเปลี่ยนสถานะของสสาร

ค. อากาศถูกความร้อนจะขยายตัว

ง. ประโยชน์ของการขยายตัวของสาร

12) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ให้นักเรียนพิจารณารูปข้างล่างนี้แล้วตอบคำถามข้อ 11



การทดลองนี้ของที่ได้ไว้แต่ละแก้วมีน้ำหนักเท่ากัน
และอุณหภูมิเดิมก็เท่ากัน สังเกตจากเทอร์โมมิเตอร์ใน
แต่ละแก้ว

11. ถ้านำแก้วทั้งสี่ไปต้้งไว้กลางแจ้งแดดพร้อมๆ กันสัก 5 นาทีขีดบอกระดับเทอร์โมมิเตอร์ในแก้วใด
จะขึ้นสูงที่สุด

ก. น้ำ

ข. ดิน

ค. แปะ

ง. ขี้เถ้า

แบบประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 บทปฏิบัติการที่ ...เรื่อง.....

ชื่อผู้ประเมิน.....

ประเมินกลุ่ม.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

ระดับคะแนน มี 4 ระดับคือ

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี 2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				ข้อเสนอแนะ
	4	3	2	1	
1. การวางแผนวิธีการดำเนินการทดลอง					
2. การปฏิบัติการทดลอง					
3. ความรวดเร็วในการทำการทดลอง					
4. การนำเสนอ					
เกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับ ดีมาก ร้อยละ 70-79 ระดับ ดี ร้อยละ 60-69 ระดับ พอใช้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับ ปรับปรุง	สรุปการประเมินผลงานกลุ่ม คะแนนรวมที่ได้..... คิดเป็นร้อยละ..... อยู่ในเกณฑ์.....				

เกณฑ์การประเมิน

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
การวางแผนวิธีดำเนินการทดลอง - มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบชัดเจน ปรึกษาหารือ วางแผนการทดลอง และออกแบบการทดลอง เลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม - มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบชัดเจน ขาดการปรึกษาหารือ แต่วางแผนการทดลอง และออกแบบการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมกับเวลา แต่การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง เหมาะสมหรือครบถ้วน - มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบไม่ชัดเจน ขาดการปรึกษาหารือ วางแผนการทดลอง และออกแบบการทดลองได้ไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสมกับเวลา - ต้องให้ความช่วยเหลือในการเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ - ไม่สามารถวางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้เอง ต้องช่วยเหลืออย่างมาก ในการวางแผนการทดลอง ออกแบบการทดลอง การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์	4 3 2 1
การปฏิบัติการทดลอง - ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้เองอย่างถูกต้อง - ดำเนินการทดลองได้เอง แต่ต้องการคำแนะนำการใช้อุปกรณ์เป็นบางครั้ง - ต้องให้ความช่วยเหลือเป็นบางครั้ง ในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์ - ต้องให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา ในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	4 3 2 1
ความรวดเร็วในการทดลอง - ดำเนินการทดลองและใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม มีความปลอดภัยและทำได้เสร็จทันเวลา - ดำเนินการทดลองและใช้อุปกรณ์การทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด แต่ยังต้องการคำแนะนำการใช้อุปกรณ์บ้างเป็นครั้งคราว - ดำเนินการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด แต่ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องไม่เสียหาย - ดำเนินการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด และใช้อุปกรณ์เครื่องใช้บางชิ้นชำรุดเสียหาย	4 3 2 1
การนำเสนอ - บันทึกและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุม เขียนรายงานการทดลองได้อย่างสมบูรณ์ เป็นขั้นตอนชัดเจน - บันทึกและสรุปผลการทดลองได้เอง การเขียนรายงานการทดลองยังไม่เป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์ - ต้องให้คำแนะนำเป็นบางครั้งในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง รวมทั้งการเขียนรายงานการทดลอง - ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง รวมทั้งการเขียนรายงานการทดลอง	4 3 2 1

แบบสอบถามวัดความตระหนัก

ในปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง เมื่อนักเรียน เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ จบแล้ว นักเรียนมีความรู้สึกเห็นด้วยต่อข้อความนั้นหรือไม่ นักเรียนพิจารณาแล้วให้ทำเครื่องหมาย / ลงใน ช่องที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อข้อความนั้นๆ (ข้อความละ 1 ช่องเท่านั้น)

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วยอย่าง ยิ่ง
1	ความรู้สึกลึกซึ้งต่อการปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์กับการตรวจสอบ สารเคมีตกค้างในพืชผัก					
2	เป็นการเรียนที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ	.....	.....	.....	.....	.....
3	เห็นถึงความจำเป็นของการศึกษา ค้นคว้าทดลอง เพื่อแสวงหา ข้อเท็จจริง	.....	.....	.....	.....	.....
4	การศึกษาวิธีการตรวจสอบสารเคมี ตกค้างในพืชผักเป็นเรื่องใกล้ตัว ที่ จำเป็น	.....	.....	.....	.....	.....
5	กิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ทำให้ ได้เรียนรู้ปัญหาได้ดีกว่าการบอกเล่า	.....	.....	.....	.....	.....
6	การเรียนรู้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องวิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน พืชผัก เป็นหน้าที่ของมนุษย์ต่อ สิ่งแวดล้อม	.....	.....	.....	.....	.....
7	ปัญหาสารเคมีตกค้างในพืชผักเป็น เรื่องเล็กน้อย ไม่ใช่ปัญหาใหญ่	.....	.....	.....	.....	.....
8	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ยุ่งยาก	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
8	การเปิดโอกาสให้นักเรียน อภิปรายผล,สรุปผลการทดลอง อย่างอิสระทำให้สับสน ลำบาก	.....	.....	.....	.....	.....
9	วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน พืชผัก ในบทปฏิบัติการ ควรให้ เกษตรกรศึกษาเท่านั้น	.....	.....	.....	.....	.....
10	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง วิธีตรวจสอบสารเคมีตกค้างใน พืชผัก ใช้เวลาเหมาะสม <u>การแสดงออกต่อกิจกรรมการ เรียน</u>	.....	.....	.....	.....	.....
11	<u>บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์</u> บทปฏิบัติการช่วยให้กระตือรือร้น	.....	.....	.....	.....	.....
12	ในการเรียน การเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่องวิธีตรวจสอบ	.....	.....	.....	.....	.....
13	สารเคมีตกค้างในพืชผัก เสียเวลา เปล่าประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....
14	การเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ ประสบการณ์ตรง การเรียนบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้รู้ เข้าใจปัญหา พิษภัยจากสารเคมี ตกค้างในพืชผัก	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ ที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
15	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ช่วยกระตุ้นให้กระหายใคร่จะเรียนรู้ ปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ	.....	.....	..... .	.....	.....
16	สนุกรสสนานเพลิดเพลินกับการ ตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชผักใน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	.....	.....	..... .	.....	.....
17	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ใส่ใจต่อการทำความสะอาด พืชผักมากยิ่งขึ้น	.....	.....	..... .	.....	.....
18	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่อยากเข้าเรียน	.....	.....	..... .	.....	.....
19	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้เห็นความสำคัญของการ เลือกซื้อพืชผัก	.....	.....	..... .	.....	.....
20	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ส่งเสริมจิตสำนึกต่อปัญหา สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนมั่นใจ ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการ	.....	.....	..... .	.....	.....
21	สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับตนเอง ได้	.....	.....	..... .	.....	.....
22	การเรียนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้มีความระมัดระวังในการ บริโภคพืชผักมากขึ้น	.....	.....	..... .	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
23	ความรู้ที่ได้จากการเรียนไม่ เกี่ยวข้องกับชุมชนและท้องถิ่น ของตน	.....	.....	.....	.....	.....
24	สามารถนำความรู้ไปใช้ได้ ในชีวิตประจำวัน มีประโยชน์ต่อ ชุมชนและท้องถิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
25	อยากนำความรู้ที่ได้จากการเรียน มาปฏิบัติการณ์ไปเผยแพร่ต่อ ชุมชนและท้องถิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
26	การเรียนมาปฏิบัติการณ์ วิทยาศาสตร์ทำให้คำนึงถึงความ ปลอดภัยในการเลือกซื้อพืชผัก มากขึ้น	.....	.....	.....	.....	.....
27	รู้สึกไม่มั่นใจไม่กล้าถ่ายทอด ความรู้จากการเรียนมา ปฏิบัติการณ์วิทยาศาสตร์ให้แก่ ผู้อื่น	.....	.....	.....	.....	.....
28	เต็มใจที่จะบอกกล่าวและอธิบาย ความรู้ให้แก่ผู้มาสอบถามหรือขอ	.....	.....	.....	.....	.....
29	ความคิดเห็น อยากมีส่วนร่วมในการป้องกัน	.....	.....	.....	.....	.....
30	และแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม มาปฏิบัติการณ์วิทยาศาสตร์ เหมาะกับการใช้ในการเรียนการ สอน	.....	.....	.....	.....	.....

ภาคผนวก จ

- ตารางคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ตารางคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตารางคะแนนความตระหนัก เกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

ตาราง 14 แสดงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 40 ข้อ

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังการเรียน	ผลต่าง(D)	ผลต่างกำลัง(D2)
1	28	35	7	49
2	22	34	12	144
3	22	33	11	121
4	30	34	4	16
5	28	33	5	25
6	24	34	10	100
7	30	34	4	16
8	24	35	11	121
9	28	34	6	36
10	26	32	6	36
11	21	32	11	121
12	22	33	11	121
13	28	32	4	16
14	31	33	2	4
15	21	32	11	121
16	25	33	8	64
17	27	35	8	64
18	26	34	8	64
19	24	32	8	64
20	26	31	5	25
21	26	36	10	100
22	23	30	7	49
23	23	32	9	81
24	27	32	5	25
25	23	32	9	81
26	24	33	9	81
27	26	34	8	64
28	24	33	9	81
29	29	35	6	36
30	25	35	10	100
รวม	763	997	234	2026

ตาราง 15 ตารางสรุปคะแนนทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังการใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ คะแนนเต็ม 80 คะแนน

คนที่	บทปฏิบัติการที่					รวม
	1	2	3	4	5	
1	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	80
	14	12	12	13	12	63
2	12	14	13	12	13	64
3	12	14	13	12	13	64
4	12	14	13	12	13	64
5	14	12	12	13	12	63
6	14	12	12	13	12	63
7	12	14	13	12	13	64
8	12	14	13	12	13	64
9	14	12	12	13	12	63
10	14	12	12	13	12	63
11	12	14	13	13	14	66
12	12	14	13	13	14	66
13	14	12	13	14	12	65
14	12	14	13	13	14	66
15	12	14	13	13	14	66
16	12	14	13	13	14	66
17	14	14	14	13	14	69
18	14	14	14	13	14	69
19	14	12	13	14	12	65
20	14	14	14	13	14	69
21	14	14	14	13	14	69
22	14	14	12	12	13	65
23	14	14	12	12	13	65
24	14	12	13	14	12	65
25	14	12	13	14	12	65
26	14	14	12	12	13	65
27	14	14	12	12	13	65
28	14	14	12	12	13	65
29	14	14	14	13	14	69
30	14	12	13	14	12	65
รวม	400	400	385	385	390	1960

ตาราง 16 แสดงค่าความยาก-ง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบประเมิน ทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์

ข้อ	p	r	ข้อที่เลือก
1	0.97	0.33	
2	0.95	0.15	
3	0.95	0.06	
4	0.88	0.09	
5	0.25	0.21	/
6	0.39	0.53	/
7	0.80	0.22	/
8	0.38	-0.06	/
9	0.57	0.20	/
10	0.80	0.29	/
11	0.65	0.08	
12	0.61	0.24	/
13	0.95	0.17	
14	0.72	-0.04	
15	0.85	0.27	
16	0.13	-0.12	
17	0.62	0.20	/
18	0.49	0.20	/
19	0.12	-0.08	
20	0.89	0.42	
21	0.80	0.36	/
22	0.60	0.33	/
23	0.61	0.37	/
24	0.74	0.22	/
25	0.56	0.31	/

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อ	p	r	ข้อที่เลือก
26	0.45	0.34	/
27	0.40	0.49	/
28	0.44	-0.04	
29	0.55	0.20	/
30	0.39	0.27	/
31	0.60	0.41	/
32	0.45	0.44	/
33	0.76	0.20	/
34	0.20	0.21	/
35	0.37	-0.15	
36	0.80	0.36	/
37	0.80	0.35	/
38	0.95	0.30	
39	0.09	-0.13	
40	0.11	-0.05	
41	0.71	0.40	/
42	0.79	0.20	/
43	0.70	0.94	/
44	0.63	0.40	/
45	0.81	0.30	/
46	0.65	0.76	/
47	0.74	0.40	/
48	0.71	0.45	/

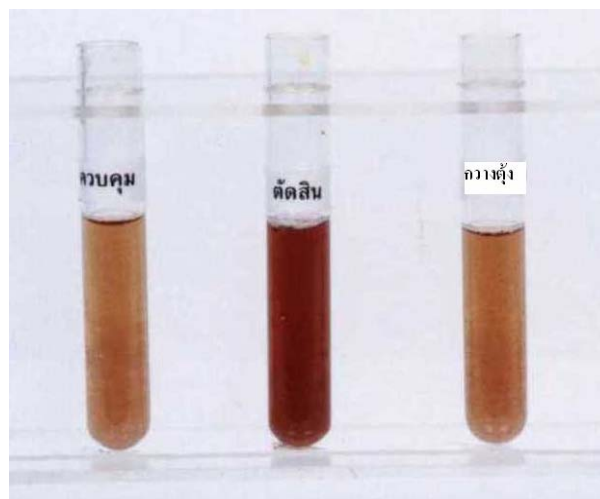
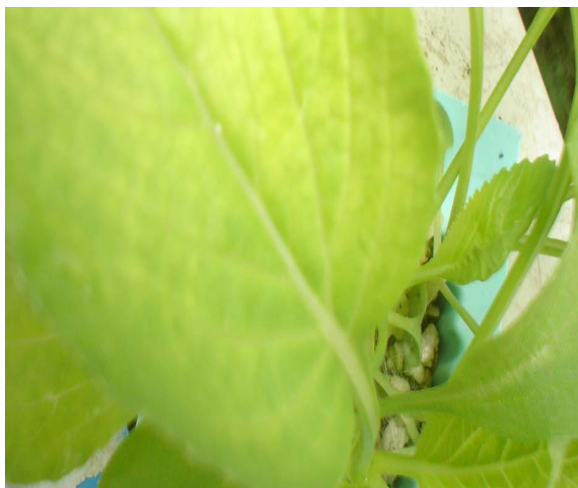
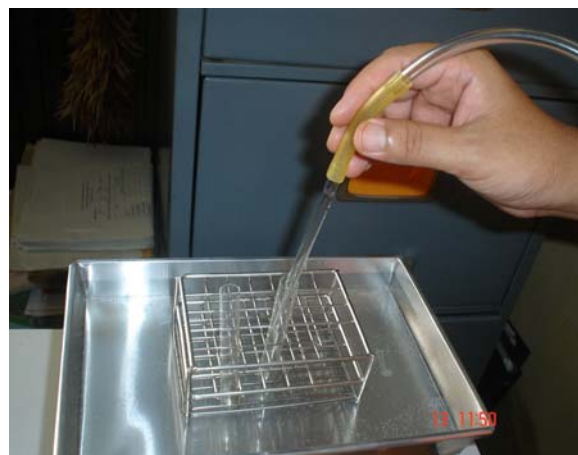
ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อ	p	r	ข้อที่เลือก
49	0.80	0.23	/
50	0.62	0.43	/
52	0.33	0.18	/
53	0.26	-0.01	
54	0.32	0.03	
55	0.66	0.26	/
56	0.12	-0.15	
57	0.58	0.45	/
58	0.70	0.47	/
59	0.62	0.42	/
60	0.49	0.30	/

ค่าความยากง่าย (p) ควรอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ถ้าต่ำกว่า 0.2 ข้อสอบยากมาก ถ้าสูงกว่า 0.8 ข้อสอบง่ายมาก ค่าอำนาจจำแนก (r) ควรอยู่ระหว่าง 0.2-1.0 ถ้าต่ำกว่า 0.2 จำแนกไม่ได้ ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นที่ .78

ภาคผนวก ช
ภาพประกอบ

ประมวลภาพการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและทำทดลอง



กิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ทักษะการทดลอง
- ศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช



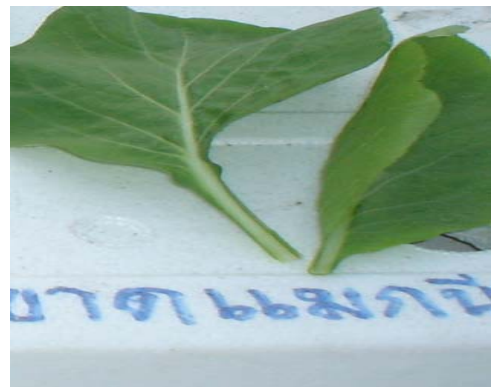
- ทักษะการใช้เครื่องมือ (ซั้ง ตวง วัด)



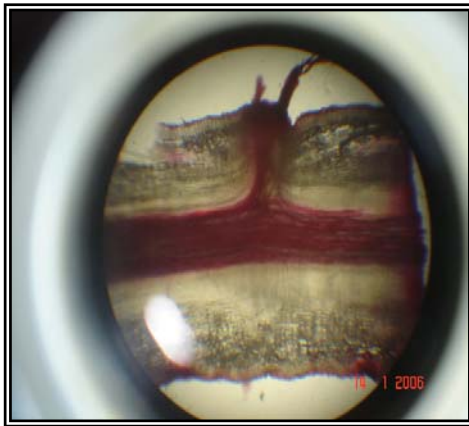
- ทักษะการสังเกต



- กิจกรรมส่งเสริมทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



กิจกรรมส่งเสริมทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาววารีย์ บุญลือ
วันเดือนปีเกิด	6 มกราคม 2506
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลราชวิถี กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 339 หมู่ 5 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี
ตำแหน่งหน้าที่การทำงานปัจจุบัน	คศ. 2
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ปทุมธานี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2520	ประถมศึกษาปีที่ 7 จากโรงเรียนเทศบาล 3 (บ้านเหล่า) จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2522	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสีกัน (วัฒนานครอุปถัมภ์) กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2525	มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2529	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากวิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2550	กศ.ม.การมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ