บทความวิชาการ

การเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

วันชัย น้อยวงค์[1,*] และภิญโญ วงษ์ทอง[2]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
[2]สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
**Email: wnoiw@ipst.ac.th*

รับบทความ: 3 ตุลาคม 2563 แก้ไขบทความ: 21 ตุลาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 22 ตุลาคม 2563

บทคัดย่อ

สะตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะต่าง ๆ ทั้งศาสตร์และศิลป์ไปพร้อมกัน ไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในชีวิตจริง ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หรือ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการในการคิดและการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่กำหนดยุทธศาสตร์และเป้าหมายของการจัดการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อาทิ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ดังนั้นในบทความนี้ ผู้เขียนมุ่งนำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่เน้นการคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเพื่อสรรหาวิธีการที่เป็นไปได้ 3) เลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อสร้างต้นแบบ 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ 6) นำเสนอต้นแบบ วิธีการ และผลการแก้ปัญหา โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้และทักษะในสะตีมศึกษาสำหรับการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างเป็นขั้นตอน และเกิดการเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

คำสำคัญ: สะตีมศึกษา ปลูกผักไร้ดิน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ทักษะในศตวรรษที่ 21

อ้างอิงบทความนี้
วันชัย น้อยวงค์ และภิญโญ วงษ์ทอง. (2563). การเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 3(2), 177-189.

Academic Article

Learning activity based on STEAM Education that emphasizes engineering design process in topic of hydroponics for enhancing 21st century skills of upper elementary school students

Wanchai Noiwong[1,*] and Pinyo Wongthong[2]

[1]Compulsory Science Department, Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology

[2]Educational Research Development and Demonstration Institute, Srinakharinwirot University

**Email: wnoiw@ipst.ac.th*

Received <3 October 2020>; Revised <21 October 2020>; Accepted <22 October 2020>

Abstract

STEAM Education is an integrated learning approach of Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics for guiding learners to connect knowledge and skills, both science and arts area, simultaneously to employ in thinking and creative problem solving in real life. The STEAM based activities using project-based learning or problem-based learning allows learners to able to apply their knowledge to design the method or process of thinking and problem solving for acquiring the technology as a product of engineering design process and develop the 21st century skills. This correspond to strategy and goal of the National Education Plan (2017-2036) that setting the educational management to focus on the 21st century skills, such as critical thinking and problem solving, creativity, communication and collaboration. Therefore, in this academic article, the author aims to propose a guideline of learning activity based on STEAM Education in topic of hydroponics for upper elementary school students that emphasizes the engineering design process according to the emphasis of Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) consisting of 6 steps as follows: 1) Identify problem, 2) Gather possible solutions, 3) Select and design solution, 4) Create prototype, 5) Test, evaluate, and redesign prototype, and 6) Communicate solutions and prototype. It focuses on enabling students to integrate knowledge and skills in the STEAM Education into step-by-step thinking and creative problem solving and to enhance the 21st century skills.

Keywords: STEAM Education, hydroponics, engineering design process, upper elementary school students, 21st century skills

Cite this article:

Noiwong, W. and Wongthong, P. (2020). Learning activity based on STEAM Education that emphasizes engineering design process in topic of hydroponics for enhancing 21st century skills of upper elementary school students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(2), 177-189.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

ด้วยปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การจัดการศึกษาและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้านี้เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์และเป้าหมายของการจัดการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อาทิ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม เป็นต้น (Office of the Education Council, 2017) และสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านการฝึกให้ผู้เรียนได้สังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง ตั้งคำถาม ระบุปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา และสรุปความรู้จากการลงมือปฏิบัติ แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเองมากที่สุด (National Research Council [NRC], 2012; Vasquez, Sneider and Comer, 2013; Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2017) อย่างไรก็ตาม จากผลทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) หรือ PISA 2018 ด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 393, 419 และ 426 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย Organization for Economic Co-operation and Development: OECD เท่ากับ 487, 489 และ 489 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงคุณภาพการศึกษาของไทยที่ยังห่างไกลความเป็นเลิศและยังต้องพัฒนาหลักสูตรหรือกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทั้งองค์ความรู้และทักษะอย่างแท้จริง (IPST, 2019)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM education) คือกระบวนการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง สามารถนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการในการคิดและการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน สามารถตอบโจทย์การปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ได้ (IPST, 2014) โดยสะเต็มศึกษามีจุดเด่นในการพัฒนาสมองซีกซ้ายที่เกี่ยวข้องกับทักษะด้านตัวเลข การใช้เหตุผล และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม Conradty, Sotiriou and Bogner (2020) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเครียดและความวิตกกังวล ซึ่งการผสมผสานวิชาศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากขึ้น ตลอดจนทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ (Conradty and Bogner, 2019) สอดคล้องกับ Kim and Park (2012) กล่าวว่าการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศิลปะที่เน้นความคิดสร้างสรรค์นั้นทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดได้อย่างมีเหตุผลและนำไปสู่การเรียนรู้ที่คงทน ดังนั้นการบูรณาการศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองซีกขวาซึ่งเกี่ยวข้องกับศิลปะ ดนตรี และการจินตนาการ (Arts) เข้าไปในสะเต็มศึกษา กลายเป็นสะตีมศึกษา (STEAM Education) ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของทั้งสมองซีกซ้ายและซีกขวา ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะต่าง ๆ ทั้งศาสตร์และศิลป์ไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) หรือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ถ่ายทอดแนวความคิดด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการมากขึ้น สามารถสื่อสารความคิดของตนเองในรูปแบบของดนตรี การเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษา ท่าทาง หรือการประดิษฐ์ ทำให้ชิ้นงานนั้น ๆ มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งาน ความสวยงาม และสามารถพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นองค์รวมได้ (Yakman and Lee, 2012; Sousa, 2013; Watthananon, 2018) จากผลงานวิจัยของ Kim and Chae (2016) ได้จัดกิจกรรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ (presentation of situation) ให้นักเรียนระบุปัญหาและเข้าใจความจำเป็นของการแก้ปัญหา 2) การออกแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (creative design) ให้นักเรียนค้นพบแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และ 3) การสัมผัสทางอารมณ์ (emotional touch) ส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีแรงจูงใจ และพึงพอใจต่อความสำเร็จในการแก้ไขปัญหา พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (creative problem-solving abilities) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ Wandari, Wijaya and Agustin (2018) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาเรื่องแสงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่านักเรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ ความแปลกใหม่ (novelty) คุณค่าและการนำไปประโยชน์ (resolution) ความละเอียดลออ สวยงาม และมีความคิดสร้างสรรค์ (elaboration) อยู่ในระดับดี Thuneberg, Salmi, and Bogner (2018) ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิชา

คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะตีมศึกษาและการเรียนรู้แบบสืบเสาะพบว่าการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรม (hands-on learning) ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Sithajan and Sangvanich (2018) ที่สรุปว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาสามารถส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ได้ Wongthong (2019) พบว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ (6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และส่งเสริมการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้ นอกจากนี้ Sriboon and Po-ngern (2019) พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การนำเสนอ ความคิดสร้างสรรค์ และการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้ ดังนั้นจากรายงานผลการวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเสริมสร้างทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนได้

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ในบทความวิชาการนี้ผู้เขียนจึงมุ่งนำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากปัจจุบันการปลูกผักไร้ดินหรือไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics) เป็นการปลูกผักแนวใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน ใช้พื้นที่ไม่มาก ปลูกได้โดยไม่ใช้ดิน ได้ผักที่สดและสะอาดสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เห็นสถานการณ์ของการคิดและแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้เน้นการคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเพื่อสรรหาวิธีการที่เป็นไปได้ 3) เลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อสร้างต้นแบบ 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ 6) นำเสนอต้นแบบ วิธีการ และผลการแก้ปัญหา (IPST, 2017) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้และทักษะในสะตีมศึกษาสำหรับการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างเป็นขั้นตอน และเกิดการเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย มีขอบข่ายของแต่ละศาสตร์ในกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะตีมศึกษาดังภาพที่ 1 (a) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (NRC, 2012; IPST, 2017) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1(b) ซึ่งมีรายละเอียดแนวทางการจัดกิจกรรม ดังนี้

1) ระบุปัญหา (Identify problem) ในขั้นนี้ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการให้รับชมวีดิทัศน์เรื่อง “การปลูกผักปลอดสารพิษ” จากนั้นครูกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนด้วยคำถาม ดังนี้

- นักเรียนมีวิธีปลูกผักอย่างไรบ้าง
- นักเรียนมีวิธีดูแลผักที่ปลูกให้เจริญเติบโตได้อย่างไร
- ผักที่ปนเปื้อนสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงจะส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้บริโภคอย่างไร
- นักเรียนจะปลูกผักให้ปลอดสารพิษได้อย่างไร

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และครูจะไม่ตัดสินความคิดเห็นนั้นว่าถูกหรือผิด เพื่อสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นกับของผู้อื่น หลังจากนั้นครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน เพื่อร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

“การปลูกผักโดยทั่วไป มักมีปัญหาเรื่องโรคและแมลงต่าง ๆ ซึ่งปัญหาส่วนหนึ่งมาจากดินที่ใช้ปลูก เมื่อปลูกผักไปสักระยะจะสังเกตเห็นว่าดินเริ่มอัดตัวแน่นและเสื่อมสภาพทำให้ปลูกผักไม่ได้คุณภาพ นอกจากนี้การใช้สารเคมีเพื่อกำจัดโรคและแมลงต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อผู้ปลูกและผู้บริโภค”

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

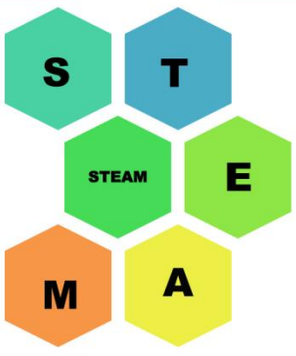
(a)

Science: วิทยาศาสตร์

- การปลูกผักไร้ดิน (hydroponics)
- การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
- ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น น้ำ แสง และ ธาตุอาหาร
- วัสดุและสมบัติของวัสดุ

Technology: เทคโนโลยี

- การสืบค้นและรวบรวมข้อมูลการปลูกผักไร้ดิน
- การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ในการประดิษฐ์ภาชนะปลูกผักไร้ดิน
- การเลือกใช้เทคโนโลยีใหม่คือ Hydroponics ในการปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน



Engineering: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

- ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล เลือกวิธีการออกแบบ ดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงแก้ไข นำเสนอต้นแบบ วิธีการ และผลการแก้ปัญหา

Mathematics: คณิตศาสตร์

- รูปทรงของภาชนะปลูกผักไร้ดิน
- การตวงน้ำ และ ปุ๋ยแบบน้ำ
- การวัดความสูงของต้นผัก
- การวัดและคำนวณขนาดของภาชนะปลูกผักไร้ดิน

Arts: ศิลปะ

- การวาดภาพร่าง 2 มิติ
- การประดิษฐ์และตกแต่งชิ้นงานให้สวยงาม
- การสื่อภาษาด้วยภาพวาดและภาษาพูด
- การนำเสนอข้อมูลอย่างสร้างสรรค์

(b)

ภาพที่ 1 ขอบข่ายของแต่ละศาสตร์ในสะตีมศึกษาเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” (a) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของ สสวท. (b)

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ตัวอย่างปัญหาที่นักเรียนร่วมกันคิด เช่น

- ปัญหาเรื่องโรคและแมลงที่มีต่อผัก
- ปัญหาจากการปลูกผักโดยใช้ดิน
- ปัญหาเรื่องดินเสื่อมสภาพจากการปลูกผัก
- ปัญหาเรื่องการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดโรคและแมลงซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ปลูกและผู้บริโภค

ครูควรเขียนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่นักเรียนร่วมกันคิดบนกระดาน จากนั้นถามนักเรียนว่านักเรียนสนใจประเด็นไหนมากที่สุด เพราะอะไร โดยอาจให้นักเรียนร่วมกันโหวตประเด็นที่สนใจมากที่สุด และนำปัญหานั้นมาเป็นประเด็นหลักเพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ในที่นี้นักเรียนสนใจประเด็นปัญหาการปลูกผักโดยใช้ดินมากที่สุด ซึ่งครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันคิดเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าว เช่น 1) ถ้านักเรียนอยากจะปลูกผักไว้รับประทานเองแต่ไม่มีดินในการปลูก นักเรียนจะทำอย่างไร 2) ในปัจจุบันมีการปลูกผักด้วยวิธีอื่นที่ไม่ใช้ดินได้หรือไม่ อย่างไร” หลังจากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อระบุปัญหาจนได้ข้อสรุปว่า “นักเรียนจะออกแบบภาชนะเพื่อใช้ในการปลูกผักให้เจริญเติบโตโดยไม่ใช้ดินได้อย่างไร” จากนั้นครูกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมว่า นักเรียนจะต้องใช้วัสดุหลักที่กำหนดให้คือขวดน้ำพลาสติกที่ไม่ใช้แล้วขนาดต่าง ๆ กัน เช่น 350, 1000, 1500 มิลลิลิตร ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในการทำกิจกรรมคือ แนวคิดหรือไอเดียต้องแตกต่างไม่ซ้ำใคร แปลกใหม่ และสามารถนำไปปลูกผักให้เจริญเติบโตได้จริง

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดเพื่อสรรหาวิธีการที่เป็นไปได้ (Gather possible solutions) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาจากห้องสมุด ห้องคอมพิวเตอร์ และการใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ เพื่อศึกษาว่ามีใครเคยหาวิธีแก้ปัญหานั้นหรือไม่ แก้ไขด้วยวิธีไหน ได้ผลเป็นอย่างไร และมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาอะไรบ้าง หรือการค้นหาความรู้หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนต้องวิเคราะห์และพิจารณาถึงจุดเด่น จุดด้อย ความคุ้มทุน ความเหมาะสมกับขอบเขตและเงื่อนไขของปัญหานั้นด้วย เพื่อใช้ในการเลือกแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักเหตุและผล ซึ่งจากสถานการณ์ที่กำหนดนักเรียนอาจรวบรวมข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาดังตาราง 1

ตารางที่ 1 แสดงประเด็นและการรวบรวมข้อมูลเพื่อออกแบบการแก้ปัญหา

ประเด็นที่สืบค้น	ข้อมูล
1. การปลูกผักไร้ดิน (hydroponics)	เป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่ในสารละลายธาตุอาหารพืชหรือน้ำปุ๋ย หรือบางส่วนสัมผัสอากาศ หรือ เป็นการปลูกพืชบนวัสดุที่ไม่ใช้ดิน (substrate) และรดด้วยน้ำปุ๋ย
2. ข้อดีของการปลูกผักไร้ดิน	1) มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น น้ำ แสง ธาตุอาหาร และอุณหภูมิให้แก่พืชอย่างเหมาะสม พืชจึงเจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตมาก สะอาด มีคุณภาพ และปลูกได้ต่อเนื่องตลอดปี 2) สามารถปลูกได้ในพื้นที่ไม่มีดินหรือดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ทำให้การใช้น้ำใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 3) การควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชทำได้ง่ายกว่าพืชปกติ
3. ผักที่นิยมปลูกแบบไร้ดิน	ผักที่นิยมปลูกแบบไร้ดิน ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค กรีนคอส บัตเตอร์เฮด เรดคอรัล ต้นหอม กวางตุ้ง ผักกาดขาว
4. การออกแบบภาชนะปลูกผักไร้ดิน	เป็นการปลูกบนราง และมีการใช้น้ำปุ๋ยเพื่อเป็นธาตุอาหารให้แก่พืช
5. วัสดุและอุปกรณ์ปลูกผักไร้ดิน	เมล็ดผัก ฟองน้ำเพาะต้นกล้า ต้นกล้าผัก รางปลูกผัก และน้ำปุ๋ย
6. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก	ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก เช่น น้ำ แสง ธาตุอาหาร
7. การปลูกผักให้ปลอดสารพิษ	ผักปลอดสารพิษ คือ ผักที่ไม่มีสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้าง หรือมีตกค้างอยู่ไม่เกินในระดับมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ โดยการปลูกผักให้ปลอดสารพิษทำได้หลายวิธี เช่น การปลูกในโรงเรือนมุ้งตาข่าย การควบคุมโรคและแมลงด้วยชีววิธี และการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคและแมลง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

เมื่อนักเรียนสืบค้นข้อมูลเสร็จแล้ว แต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากนั้นครูสำรวจความรู้ของนักเรียนโดยใช้คำถามว่า “จากการสืบค้นข้อมูล นักเรียนได้ข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง และข้อมูลเหล่านั้นเพียงพอสำหรับการเลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้นหรือไม่” ตัวอย่างภาพการปลูกผักไร้ดินที่นักเรียนสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เนต ดังภาพที่ 2 นอกจากนี้ครูอาจแนะนำแหล่งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปลูกผักไร้ดินที่มีการเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เอกสารคู่มือฐานการเรียนรู้เรื่อง การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มืออาชีพ (Chaliewkit, 2019) เพื่อให้นักเรียนได้เห็นตัวอย่างของการเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ที่มา: https://www.nfc.or.th/content/7487 ที่มา: https://www.technologychaoban.com/

ภาพที่ 2 การปลูกผักไร้ดินที่นักเรียนสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เนต

3) เลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Select and design solution) เป็นขั้นการนำความรู้มาใช้ออกแบบวิธีการการแก้ปัญหาซึ่งต้องกำหนดองค์ประกอบของวิธีการการแก้ปัญหาและผลที่เกิดขึ้นโดยอ้างอิงความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ จากข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นและรวบรวมข้อมูลข้างต้น สามารถนำมาออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหา ดังตัวอย่างของนักเรียนกลุ่ม 1 ดังนี้

3.1 ออกแบบการแก้ปัญหาโดยปลูกผักแบบไร้ดิน (hydroponics) แทนการปลูกผักโดยใช้ดินซึ่งมีวิธีการคือปลูกผักโดยให้รากแช่ในสารละลายธาตุอาหารพืช หรือ น้ำปุ๋ย

3.2 ชนิดของผักที่เลือกปลูกแบบไร้ดินคือ กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce) เพราะเป็นผักที่มีรสชาติหวานกรอบเหมาะกับการนำมาทำสลัดผัก

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำภาชนะปลูกผัก คือ ขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว เมล็ดผัก ฟองน้ำเพาะต้นกล้าต้นกล้าผัก และ น้ำปุ๋ย

3.4 ออกแบบภาชนะที่ปลูกผักแบบไร้ดินตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยใช้ขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วซึ่งต้องสร้างชิ้นงานโดยใช้แนวคิดหรือไอเดียที่แตกต่างไม่ซ้ำใคร แปลกใหม่ และสามารถนำไปปลูกผักให้เจริญเติบโตได้จริง

3.5 ปัจจัยที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของผักในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ น้ำ แสง และน้ำปุ๋ย

3.6 ปลูกผักปลอดสารพิษ โดยการใชสารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคและแมลง เช่น สะเดา และดอกดาวเรือง

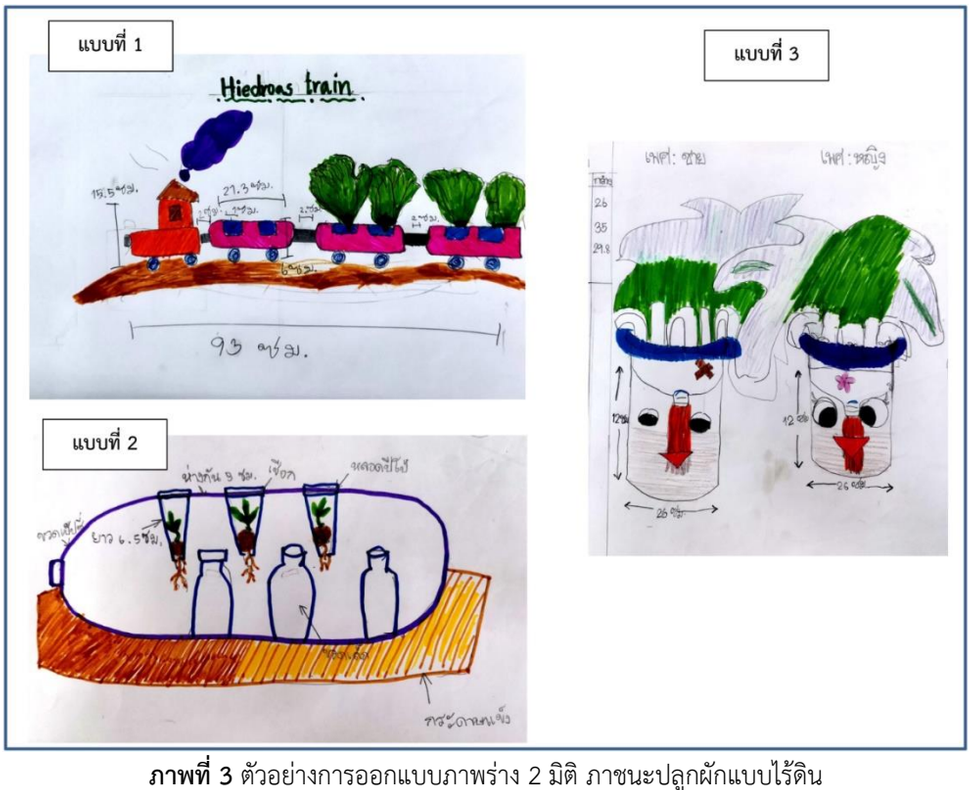
ในระหว่างการจัดกิจกรรมครูแนะนำนักเรียนว่าการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาควรอยู่บนพื้นฐานของวัสดุและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ เน้นให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มร่วมกันเสนอแนวทางการออกแบบที่หลากหลาย จากนั้นร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงจุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละแบบ และเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด ตามมติของสมาชิกในกลุ่ม ครูควรเน้นย้ำกับนักเรียนว่าจะต้องออกแบบร่าง 2 มิติ ที่มีการกำหนดสัดส่วนตามหลักคณิตศาสตร์ ที่สามารถจะนำไปสร้างเป็นชิ้นงานได้จริง ตัวอย่างการออกแบบภาชนะปลูกผักแบบไร้ดินของนักเรียนกลุ่ม 1 ซึ่งร่วมกันออกแบบร่างจำนวน 3 แบบ ดังภาพที่ 3

แบบที่ 1: รถไฟ ใช้ขวดพลาสติกขนาด 350 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด ต่อกันเป็นขบวนรถไฟในแนวนอน จำนวน 3 ตู้ แต่ละขวดเจาะช่องด้านบนขวดละ 2 ช่องสำหรับใส่ต้นกล้าผักที่จะปลูก และใช้ฝาขวดทำเป็นล้อจากนั้นตกแต่งให้สวยงาม

แบบที่ 2: หมอน ใช้ขวดพลาสติกขนาด 1500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด วางในแนวนอนเหมือนหมอน และเจาะช่องด้านบนสำหรับใส่ต้นกล้าผักที่จะปลูกจำนวน 3 ช่อง จากนั้นตกแต่งด้วยขวดนมขนาดเล็กรอบ ๆ หมอน จำนวน 3 ขวด

แบบที่ 3: หน้าตุ๊กตา ใช้ขวดพลาสติกขนาด 1000 มิลลิลิตร จำนวน 2 ขวด ตัดส่วนบนของแต่ละขวดแล้วคว่ำลงต่อกับส่วนล่างของขวด โดยมีช่องด้านบนสำหรับใส่ต้นกล้าผักที่จะปลูก จากนั้นตกแต่งเป็นรูปตุ๊กตาเพศชายและเพศหญิงให้สวยงาม

โดยมติของสมาชิกในกลุ่มนี้เลือกแบบร่างที่ 1 เพราะเหตุผลดังนี้ (1) การใช้ขวดพลาสติกขนาด 350 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด จะมีการใช้น้ำปุ๋ยน้อยกว่าแบบที่ 2 และ 3 (นักเรียนคาดคะเนจากปริมาตรของขวดน้ำที่ใช้) ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ (2) ใช้ขวดพลาสติกตามเงื่อนไขที่กำหนด (3) แบบที่ 1 มีช่องสำหรับใส่ต้นกล้าผักรวมจำนวน 6 ช่อง ซึ่งมากกว่าแบบที่ 2 มี 3 ช่อง และแบบที่ 3 มีเพียง 2 ช่องเท่านั้น และ (4) แบบที่ 1 เป็นแบบที่ใช้ไอเดียที่แตกต่างไม่ซ้ำใคร แปลกใหม่ และสามารถนำไปปลูกผักให้เจริญเติบโตได้จริง



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการออกแบบภาพร่าง 2 มิติ ภาชนะปลูกผักแบบไร้ดิน

4) ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อสร้างต้นแบบ (Create prototype) เป็นขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบตามแบบที่นักเรียนกำหนดไว้ ดังภาพที่ 4 โดยนักเรียนจะต้องวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน เช่น กำหนดขั้นตอน เป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้ละเอียดและชัดเจน ครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการสร้างภาชนะปลูกผักแบบไร้ดินตามแผนและแบบที่ออกแบบไว้ โดยเน้นให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่และบทบาทในการรับผิดชอบร่วมกัน ให้ข้อเสนอแนะ และรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อฝึกและพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม โดยครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และอำนวยความสะดวก (facilitator) ในด้านต่าง ๆ แก่นักเรียนแต่ละกลุ่มอย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตามด้วยระยะเวลาในการทำกิจกรรมที่จำกัด นักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้สร้างชิ้นงานที่แตกต่างจากแบบเล็กน้อย คือ จากแบบที่นักเรียนออกแบบไว้ตอนต้นจะประกอบด้วยหัวรถไฟและมีตู้รถไฟจำนวน 3 ตู้ แต่จากการสร้างชิ้นงานจริงนักเรียนได้ปรับเปลี่ยนจากแบบที่ออกแบบไว้โดยมีหัวรถไฟและมีตู้รถไฟจำนวน 2 ตู้ เพื่อให้งานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ดังภาพที่ 5

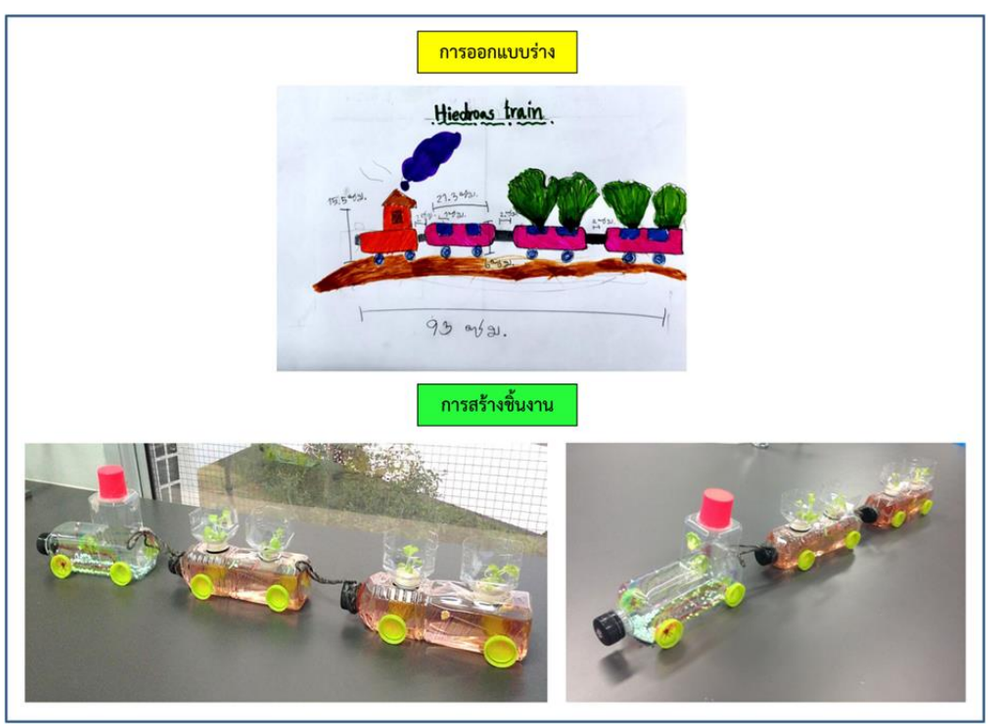
5) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ (Test, evaluate, and redesign prototype) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบ ประเมินผล เก็บข้อมูล ปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้ผลการทดลองหรือชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งครูควรให้คำแนะนำกับนักเรียนว่าขั้นตอนการทดสอบและประเมินผลการใช้งานต้นแบบสามารถทำได้หลายครั้ง และในการแก้ไขแต่ละครั้งนักเรียนจะต้องจดบันทึกว่าได้แก้ไขอะไร และมีผลเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้างเมื่อเทียบกับต้นแบบ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานกลุ่มที่ 1 (ขบวนรถไฟ) ได้พบปัญหาและสมาชิกในกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหา ดังนี้

1. เมื่อตวงน้ำปุ๋ยใส่ในขวดพลาสติกในขบวนรถไฟแล้ว น้ำปุ๋ยรั่วซึมที่บริเวณฝาขวด ซึ่งนักเรียแก้ไขปัญหาด้วยการปิดฝาขวดให้แน่น
2. เมื่อนักเรียนนำต้นกล้าผักใส่ในช่องปลูกในขบวนรถไฟ พบว่าต้นกล้าจมลงไปในน้ำปุ๋ย ซึ่งนักเรียนแก้ไขปัญหาด้วยการนำต้นกล้าไปยึดติดกับฟองน้ำที่มีขนาดพอดีกับช่องปลูก และนักเรียนสังเกตเห็นว่าการใช้ฟองน้ำช่วยให้สามารถขยับต้นกล้าผักขึ้นลงได้เพื่อให้รากผักสัมผัสกับน้ำปุ๋ยพอดี

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

3. เมื่อนักเรียนนำต้นกล้าผักใส่ในช่องปลูกในขบวนรถไฟ พบว่าต้นกล้าที่สูงเกิดการล้ม ซึ่งนักเรียนแก้ไขด้วยการตัดขวดน้ำพลาสติกในแนวตั้งเป็นสองส่วน และใช้ส่วนบนมาติดตรงช่องปลูกเพื่อกันต้นกล้าผักล้ม

ภาพที่ 4 นักเรียนลงมือสร้างภาชนะปลูกผักแบบไร้ดินตามแบบและแผนงานที่วางไว้



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลงาน “ปลูกผักไร้ดิน” ของนักเรียน

6) นำเสนอต้นแบบ วิธีการ และผลการแก้ปัญหา (Communicate solutions and prototype) เป็นขั้นตอนการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานในชั้นเรียน โดยจัดนิทรรศการแบบเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบ “Gallery Walk” ซึ่งแต่ละกลุ่มจะต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย น่าสนใจ และเตรียมความพร้อมในการตอบคำถามเพื่อน ๆ ที่เดินชมผลงานได้

ระหว่างการเดินชมผลงานให้นักเรียนนำสติกเกอร์รูปหัวใจไปติดที่บอร์ดกลุ่มที่นักเรียนชื่นชอบผลงาน โดยกลุ่มไหนที่ได้รับสติกเกอร์จำนวนมากที่สุดก็จะได้รับรางวัล

อย่างไรก็ตาม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเป็นลำดับดังตัวอย่างเสมอไป การทดสอบและประเมินผลสามารถทำได้ในระหว่างการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเช่นกัน หากผลลัพธ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ก็อาจจำเป็นต้องย้อนกลับไปค้นหาแนวคิดอื่นขึ้นมาใหม่ได้ (NRC, 2012; IPST, 2017)

แนวทางการวัดและประเมินผล

การวัดและการประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นการประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) ซึ่งหมายถึง การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้ (IPST, 2014) โดยในบทความนี้ผู้เขียนขอนำเสนอแนวทางการวัดและประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะในศตวรรษที่ 21

ทักษะในศตวรรษที่ 21	ตัวบ่งชี้พฤติกรรม	เครื่องมือ	เกณฑ์
ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา <u>เอกสารอ้างอิง</u> Ennis (1985) Brookfield and Stephen (1987) Khammani (2005) Kembara, Rozak, and Hadian (2018) Mankong and Suppapittayaporn (2018)	- สามารถสืบค้น และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นในการคิดและแก้ปัญหา - สามารถพิจารณาข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็น ตามหลักเหตุผล - สามารถวิเคราะห์ จำแนก แยกแยะข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา - สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ชัดเจน - สามารถเชื่อมโยงปัญหา สาเหตุ และผลที่ตามมา - สามารถกำหนดเป้าหมายของการแก้ปัญหาอย่างถูกทาง - สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล - สามารถวางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ชัดเจน - สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนและแผนการทำงาน - สามารถอภิปราย สรุป และประเมินผลที่ได้จากการแก้ปัญหา	แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม	ร้อยละ 60 ขึ้นไประดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)
ทักษะการคิดสร้างสรรค์ <u>เอกสารอ้างอิง</u> Guilford (1967) Torrance (1967) Khammani (2011) Madden et al (2013) Kembara, Rozak, and Hadian (2018)	- สามารถคิดหรือโต้ตอบปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และจำนวนมากในเวลาที่จำกัด (ความคิดคล่อง: fluency) - สามารถคิดได้หลากหลายหมวดหมู่ หรือหลายแนวทาง และสอดคล้องกับสถานการณ์ (ความคิดยืดหยุ่น: flexibility) - สามารถคิดสิ่งที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่น และสอดคล้องกับสถานการณ์ (ความคิดริเริ่ม: originally) - สามารถคิดและเก็บรายละเอียดของเรื่องต่างๆ อย่างมีขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจน สามารถจัดแต่งความคิดหลักให้น่าสนใจยิ่งขึ้น (ความคิดละเอียดลออ: elaboration)	แบบทดสอบ แบบประเมินชิ้นงาน	ร้อยละ 60 ขึ้นไประดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ทักษะในศตวรรษที่ 21	ตัวบ่งชี้พฤติกรรม	เครื่องมือ	เกณฑ์
ทักษะการสื่อสาร เอกสารอ้างอิง Ministry of Education (2008) Kembara, Rozak, and Hadian (2018)	- ความสามารถในการรับและส่งสาร - การถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความเข้าใจของตนเองโดยใช้ภาษาอย่างเหมาะสม - การใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม - การเลือกใช้สื่อ เครื่องมือที่หลากหลายเพื่อการถ่ายทอด - ความมั่นใจในตนเอง ใช้ภาษาท่าทาง และใช้เสียงแสดงความรู้สึก เหมาะสมกับกาลเทศะ - สามารถเจรจาต่อรองเพื่อขจัดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ ได้ - การเลือกรับและไม่รับข้อมูลด้วยหลักเหตุผล - การแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง	แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)
ทักษะการร่วมมือในการทำงานเป็นทีม เอกสารอ้างอิง Khaokaew and Limvong (2015) Kembara, Rozak, and Hadian (2018)	- การวางแผนการทำงานร่วมกัน - การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในกลุ่ม - การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม - การเคารพในสิทธิของผู้อื่น - การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี - การตั้งใจปฏิบัติงานอย่างมุ่งมั่นและกระตือรือร้นเพื่อให้ถึงเป้าหมายของกลุ่ม - การแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)

สรุปผล

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะกระบวนการใน STEAM ไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหา อาทิ ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เช่น การปลูกพืชแบบไร้ดิน การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และวัสดุและสมบัติของวัสดุ ด้านเทคโนโลยี (Technology) เช่น การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสม การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล และการเลือกใช้เทคโนโลยีใหม่ในการปลูกพืช ด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering) เช่น การออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม ด้านศิลปะ (Arts) เช่น การประดิษฐ์ชิ้นงานโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ ใช้แนวคิดหรือไอเดียที่แตกต่างไม่ซ้ำใคร แปลกใหม่ และนำเสนอชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics) เช่น การนำความรู้เรื่องการวัด การคำนวณ รูปทรง การตวงน้ำปุ๋ย และการบันทึกการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งกิจกรรมเน้นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้และกระบวนการมาใช้ในการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ซึ่งพบว่านักเรียนมีส่วนร่วมในการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา เลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และนำเสนอผลจากการแก้ปัญหานั้นได้ นอกจากนี้จากผลการทดลองใช้กิจกรรมกับนักเรียน (N=32) พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมสะตีมศึกษาเพราะช่วยพัฒนาความคิด การแก้ปัญหา และเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง นักเรียนเห็นคุณค่าของสิ่งที่เรียนรู้เพราะเนื้อหามีประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนอยากเรียนรู้ สนุกสนานกับการทำงานร่วมกับเพื่อน ๆ และมีความสุขกับการแสวงหาความรู้จากการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะตีมศึกษาซึ่งช่วยส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรม

1) การนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาไปใช้ ครูควรมีบทบาทเป็นโค้ช (Coach) และเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คอยเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็น ให้คำปรึกษา และชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนทำกิจกรรมสำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่วางไว้ในระยะเวลาที่กำหนด

2) ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้ เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทั้งนี้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องวัดและประเมินผลทักษะทั้งหมดพร้อมกัน

3) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาควรเน้นปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนหรือสอดคล้องกับบริบทของโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจสภาพปัญหา และวางแผนในการแก้ไขปัญหานั้นด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้มากขึ้น

4) เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษามีความน่าสนใจ ครูควรนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่นักเรียนรู้จักมาประยุกต์ใช้ในบางขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ เช่น ในขั้นตอนการนำเสนอผลงานครูอาจให้นักเรียนนำเสนอผลงานผ่านแอปพลิเคชัน Facebook โดยครูอาจตั้งเกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอเพิ่มเติม เช่น นักเรียนจะต้องเข้าไปถามคำถามชิ้นงานของเพื่อน และเจ้าของผลงานต้องไปตอบคำถามนั้น หรือ การให้คะแนนจากจำนวนการ “Like & Share” เพื่อเป็นการโหวตผลงานที่โดดเด่นที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Brookfield and Stephen D. (1987). **Developing critical thinkers**. California: Jossy Bass Publishers.

Chaliewkit, D. (2019). **Manual of learning activity based on professional hydroponics** (in Thai). Retrieved 20 October 2020, from https://pubhtml5.com/wfwy/xlcy/basic.

Conradty, C., Sotiriou, S.A. and Bogner, F.X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. **Education Sciences**, 10(70), 1-15.

Conradty, C. and Bogner, F.X. (2019). From STEM to STEAM: Cracking the code? How creativity & motivation interacts with inquiry-based learning. **Creativity Research Journal**, 31(3), 284-295.

Ennis, R.H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skill. **Educational Leadership**, 43(2), 44-48.

Guilford, J.P. (1967). **The nature of human intelligence**. New York: McGraw-Hill Book Co.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). **Introduction to STEM education** (in Thai). Retrieved 20 August 2018, from http://www.stemedthailand.org/.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). **Manual for basic science subject (revised edition 2017) according to the core curriculum of basic education (2008) at the primary level** (in Thai). Retrieved 3 September 2020, from https://www.scimath.org/ebook-science/item/8922-2018-10-01-01-54-11.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019). **PISA assessment results 2018** (in Thai). Retrieved 4 December 2019, from https://pisathailand.ipst.ac.th/infographic-pisa2018result/**.**

Kim, Y. and Park, N. (2012). The effect of STEAM education on elementary school student’s creativity improvement, computer applications for security. **Control and System Engineering**, 399, 115-121.

Kim, H. and Chae, D.H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean Culture. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 12(7), 1925-1936.

Kembara, M.D., Rozak, R.W.A. and Hadian, V.A. (2018). Research-based lectures to improve students' 4C (communication, collaboration, critical Thinking, and creativity) skills. **Advances in Social Science, Education and Humanities Research**, 306, 22-26.

Khammani, T. (2005). **Teaching techniques: Knowledge for effective learning process** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Khammani, T. (2011). Analytical, creative, and critical thinking skills: Integrating in learning Management (in Thai). **The Journal of the Royal Institute of Thailand**, 36 (2), 188-204.

Khaokaew, P. and Limvong, T. (2015). The effects of using student team achievement divisions on students' learning achievement, skill in group work and attitudes compared with the traditional approach. **Journal of Professional Routine to Research**, 2, 35-42.

Ministry of Education. (2008). **Basic Education Core Curriculum, B.E. 2008** (in Thai). Bangkok: Printing House Agricultural Cooperatives of Thailand Ltd.

Mankong, P. and Suppapittayaporn, D. (2018). Critical thinking ability in science of grade 8 students learned through argument mapping (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 20(4), 129-143.

Madden, M.E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearon, J. and Plague, D. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. **Procedia Computer Science**, 20, 541-546.

National Research Council. (2012). **A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concept, and core ideas**. Washington, D.C.: National Academy Press.

Office of the Education Council. (2017). **National education plan 2017–2036** (in Thai). Bangkok: Prickwan Graphic.

Sousa, D. A. and Pilecki, T. (2013). **From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to Integrate the arts**. California: Corwin.

Sithajan, B. and Sangvanich, K. (2018). Guideline for art instruction based on STEAM education enhancing creative process for the fifth graders (in Thai). **Veridian E-Journal, Silpakorn University**, 11(2), 763-780.

Sriboon, S. and Po-ngern, W. (2019). The learning outcomes of STEAM education based on problem based learning to developing mathematical Skills and process for seventh grade students (in Thai). **Journal of Education Studies**, 47(1), 526-543.

Torrance, E.P. (1967). **Creative learning and teaching**. NewYork: Dood, Mead and Company.

Thuneberg, H.M., Salmi, H.S. and Bogner, F.X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. **Thinking Skills and Creativity**, 29, 153-160.

Vasquez, J.A., Sneider, C. and Comer, M. (2013). STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Portsmouth, NH: Heinemann.

Wongthong, P. (2019). Effect of integrated learning activities based on STEAM education on science learning achievement, critical thinking skills, and students' satisfaction of grade 4 students (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 10(1), 94-112.

Yakman, G. and Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. **Journal of Korean Association for Science Education**, 32(6), 1072-1086.

Watthananon, J. (2018). A framework of learning achievement by STEAM education for system analysis and design in case study RMUTT. **Asia-Pacific Journal of Science and Technology**, 23(2), 1-8.

Wandari, G.A., Wijaya, A.F.C. and Agustin, R.R. (2018). The effect of STEAM-based learning on students' concept mastery and creativity in learning light and optics. **Journal of Science Learning**, 2(1), 26-32.