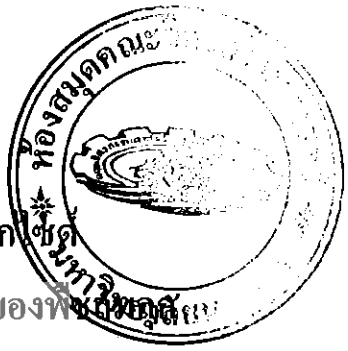


ผลของการได้รับวัสดุนาโนไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของพืช

EFFECT OF ONETIME AND CONTINUOUS EXPOSURE OF NANO-TITANIUM DIOXIDE CONTAMINATED IN WATER ON GROWTH OF PLANT

นาย เล่ง แซ่จ้าง รหัส 50381338

นางสาวพรสวรรค์ ไชยทน รหัส 50380423

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน i550736
เลขเรียกหนังสือ วส.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ล 771ป
2553

i550736
วส.
ล 771ป
2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน ผลของการได้รับวัสดุนาโนไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่อง ต่อการเจริญเติบโตของพืชล้มลุก

ผู้ดำเนินโครงงาน นายเล่ง แซ่จ้าง รหัส 50381338

นางสาวพรสวรรค์ ไชยทน รหัส 50380423

ที่ปรึกษาโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ

(อ.ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	:ผลของการได้รับวัสดุนาโนไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว และแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของพืชล้มลุก
ผู้ดำเนินโครงการ	:นายเล่ง แซ่จ้าง รหัส 50381338
	นางสาวพรสวรรค์ ไชยทน รหัส 50380423
ที่ปรึกษาโครงงาน	:รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล
สาขาวิชา	:วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	:วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	:2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาผลของการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของพืชในส่วนราก ลำต้น และใบ โดยพืชที่ใช้ในการศึกษาคือ ผักชี และให้พืชได้รับไททาเนียมไดออกไซด์จากการปนเปื้อนในน้ำ โดยแปรเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อให้พืชได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว เป็น 0, 70, 140, 210 และ 280 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่าความเข้มข้นของไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อให้พืชได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องเป็น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน, 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2 วัน, 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3 วัน และ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 40 วัน จากนั้นจึงวัดการเจริญเติบโตของผักชีในส่วนของราก ลำต้น และใบ จากการศึกษาพบว่าการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว ส่งผลเชิงลบต่อราก ลำต้น และใบของผักชี ส่วนรูปแบบการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง พบว่าการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องมีผลเชิงลบต่อการเจริญเติบโตต่อรากและลำต้นของผักชีเช่นเดียวกับการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการปนเปื้อนทั้งสองรูปแบบพบว่า ผักชีที่มีการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวมีผลกระทบเชิงลบต่อการเจริญเติบโตน้อยกว่าผักชีที่มีการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง

Project title	Effect of onetime and continuous exposure of nano-titanium dioxide contaminated in water on growth of plant		
Name	Mr.Lang	Saejang	ID 50381338
	Miss.Pornsawan	Chaiton	ID 50380423
Project advisor	Assoc.Prof.Dr.Puangrat Kajitvichyanukul		
Major	Environmental Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2010		

Abstract

Aim of this project was to investigate effect of onetime and continuous exposure of nano-titanium dioxide contaminated in water on growth of plant. In this work, the coriander was used as the model plant and the different concentrations of titanium dioxide were applied to the water. For onetime exposure of nano-titanium dioxide, the concentrations were 0, 70, 140, 210, and 280 mg/L. For continuous exposure of nano-titanium dioxide, the concentrations were 10 mg/L everyday, 20 mg/L every two days, 30 mg/L every three days, and 70 mg/L once a week. The experiments were investigated within 40 days. The lengths of root, cotyledon, leave, and stem were measured periodically. Results showed that the onetime exposure of nano-titanium dioxide exerted a negative effect on growth of root, stem, and leave of coriander, while the continuous exposure of nano-titanium dioxide provided an adverse effect on growth of root and stem of coriander. In comparison of both exposure patterns, the onetime exposure had less negative effect on growth of plant than continuons exposure.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้เรียบร้อยสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล และ ดร.จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย ซึ่งสละเวลาในการช่วยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ไต่ถามความก้าวหน้าของวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด แนะนำขั้นตอนต่างๆในการทำการทดลอง เพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างรอบคอบและถูกต้อง

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ทุกท่าน บิดามารดา และเพื่อนวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือการทดลอง และเป็นกำลังใจแก่คณะผู้ดำเนินโครงงาน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บุคลากรอาคารวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่มีความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือในการทำการทดลอง ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่มีส่วนร่วมช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายเล่ง แซ่จ้าง
นางสาวพรสวรรค์ ไชยทน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 นาโนเทคโนโลยี	3
2.2 ไททาเนียมไดออกไซด์	7
2.3 โอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์	10
2.4 พืชที่ใช้ในการทดลอง	11
2.5 การดูดธาตุอาหารของพืช	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	16
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	16
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง	20
3.3 แผนการดำเนินการทดลอง	27
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆของผักชี แบบได้รับครั้งเดียว	28
4.2 ผลของรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆของผักชี แบบได้รับต่อเนื่อง	31

4.3 การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์
แบบครั้งเดียวและรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง 43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 49
5.1 สรุปผลการทดลอง 49
บรรณานุกรม 51
ภาคผนวก 52
ข้อมูลการเก็บตัวอย่างพืชล้มลุก 53
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 63

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 บันทึกผลการทดลอง	26
ตารางที่ 3.2 แผนการดำเนินการทดลอง	27
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผักชีได้รับต่อระยะเวลาการเจริญเติบโต	33

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงขนาดนาโนเมตร	3
รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของวัสดุนาโน	5
รูปที่ 2.3 แผนภาพหน่วยงานรัฐที่ดูแลด้านความปลอดภัย สุขภาพและสิ่งแวดล้อมของนาโนเทคโนโลยี	6
รูปที่ 2.4 ไททาเนียมไดออกไซด์	7
รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงจำนวนสินค้าในแต่ละกลุ่ม	10
รูปที่ 2.6 การสำรวจยังพบว่าจำนวนของสินค้านาโนเทคโนโลยี	10
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการดูดธาตุอาหารของรากพืช	13
รูปที่ 2.8 การดูดไอออนที่เยื่อหุ้มเซลล์ โดยใช้โปรตีนช่องผ่านและโปรตีนพาหะ	14
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการดูดธาตุอาหารของใบพืช	15
รูปที่ 3.1 ถุงดำ	16
รูปที่ 3.2 ดิน	16
รูปที่ 3.3 เมล็ดผักชี	17
รูปที่ 3.4 ไททาเนียมไดออกไซด์	17
รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งสาร	17
รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดผล	18
รูปที่ 3.7 กระบอกตวง	18
รูปที่ 3.8 กระบอกฉีดยา ขนาด 500 ซีซี	19
รูปที่ 3.9 ถังใส่น้ำ และกระป๋อง	19
รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 1	20
รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 2	21
รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 3	21
รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 4	22
รูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 5	22
รูปที่ 3.15 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 6	23
รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 7	23
รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 8	24
รูปที่ 3.18 รูปแสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 9	24

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต รูปแบบได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว 29
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียวและชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 29
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ใน รูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว 30
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 31
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ครั้งเดียว 32
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียม ไดออกไซด์ 32
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเนื่อง 35
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 35
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร/2 วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 36
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร/3วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 36
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร/7วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 37
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเนื่อง 38

รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 39
รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร/2วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 39
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร/3วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 40
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร/7วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 40
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง 42
รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 42
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร/2วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 43
รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร/3วัน
แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 43
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์
70 มิลลิกรัม/ลิตร /7วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 44
รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลา
ในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร
แบบครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน
แบบต่อเนื่องที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน 46

รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร ครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน ที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน 47
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/วัน แบบต่อเนื่อง ที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน 48

บทที่ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาซึ่งการค้นคว้าศึกษาวิจัยในการสร้างวัสดุและสิ่งต่างๆที่จะนำมาซึ่งความสะดวกสบาย และเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้ทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมขึ้น เช่น การผิดปกติของสิ่งมีชีวิต การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลหรือปรากฏการณ์ของธรรมชาติที่ผิดปกติไปจากเดิม

สำหรับนาโนเทคโนโลยีเป็นศาสตร์ใหม่ที่เริ่มนำมาใช้ในการผลิตวัสดุต่างๆ รวมถึงการผลิตในอุตสาหกรรมหลายๆด้านที่ผ่านมา ปัจจุบันด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีเริ่มมีการวิจัยเกี่ยวกับความเป็นพิษและผลกระทบของวัสดุนาโน เช่น วัสดุนาโนนั้นมีความเป็นพิษต่อเซลล์ของสัตว์ที่ทดลองและยิ่งขนาดของนาโนมีอนุภาคเล็กลงเท่าใดก็มีความสามารถในการที่จะแพร่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้มากขึ้น โดยขนาดของวัสดุนาโนที่ระดับ 50 นาโนเมตร สามารถที่จะซึมผ่านเยื่อปอดเข้าถุงลมได้ หรือขนาด 100 นาโนเมตรสามารถที่จะซึมผ่านเนื้อเยื่อสมองเกิดโรคต่างๆได้และในระดับของ DNA จะทำให้เกิดความผิดปกติของ DNA

ในโครงการศึกษานี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของวัสดุนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อพืช โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะในการได้รับวัสดุนาโนของพืชที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย การได้รับวัสดุนาโนครั้งเดียว การได้รับวัสดุนาโนอย่างต่อเนื่อง และการได้รับวัสดุนาโนครั้งเดียวและต่อเนื่อง ซึ่งได้ตั้งสมมติฐานว่าการได้รับวัสดุนาโนในลักษณะที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบให้กับพืชในระดับที่แตกต่างกันไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์ ต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละส่วน ได้แก่ ราก ลำต้น และใบของต้นผักชี

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1. สำรวจการเปลี่ยนแปลงของต้นผักชี ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว โดยศึกษาเฉพาะส่วนของราก ลำต้น และใบของต้นผักชี
2. วัสดุนาโนที่ใช้ในการศึกษา คือ ไททาเนียมไดออกไซด์

1.4 ประโยชน์

ได้ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อต้นผักชี

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

1.5.1.1 ศึกษาถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวของกับโครงงาน คือ ข้อมูล ไททาเนียมไดออกไซด์ ข้อมูลของผักชีข้อมูลในส่วนของผลกระทบของนาโนกับการดำรงชีวิต

1.5.1.2 จัดเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกต้นผักชี

1.5.1.3 ทำการเตรียมสารไททาเนียมไดออกไซด์ ในน้ำเพื่อรด และสังเกตการเจริญเติบโตในทุกๆวัน

1.5.1.4 วัดความยาวของส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ และบันทึกผล

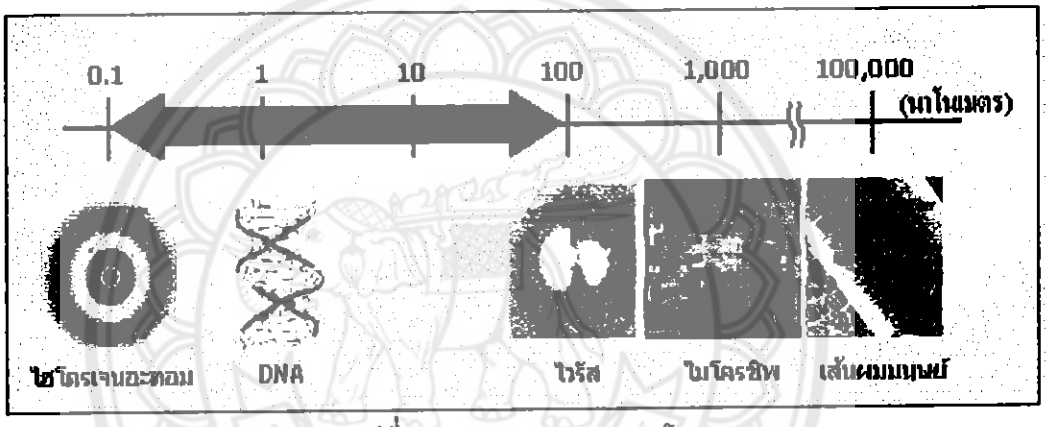
1.5.1.5 วิเคราะห์ผลและสรุป

1.5.1.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 นาโนเทคโนโลยี

หากกล่าวถึงนาโนแล้วเป็นหน่วยวัดขนาดเล็กมาก โดยที่ 1 นาโนเมตรเท่ากับ 1 ใน 1,000 ล้านส่วนของเมตรหรือเล็กกว่าเส้นผม 1 แสนเท่าซึ่งเป็นขนาดที่เล็กในระดับอะตอมไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ช่วงขนาดของนาโนเมตรอยู่ที่ 1-100 นาโนเมตรเปรียบได้กับขนาดของอะตอมไฮโดรเจน (0.1 นาโนเมตร) ถึงขนาดของไวรัส (100 นาโนเมตร)



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงขนาดนาโนเมตร

นาโนเทคโนโลยี คือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การจัดการ การสร้างการสังเคราะห์วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) โดยรวมถึงการออกแบบการใช้เครื่องมือในการสร้างวัสดุที่มีขนาดเล็กมากหรือการเรียงอะตอมโมเลกุล ของสสารต่างๆในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์นั้นมีสมบัติพิเศษแตกต่างไปจากเดิม ไม่ว่าจะเป็นด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ และมีสมบัติพิเศษที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.1.1 วิวัฒนาการของนาโน

ค.ศ.1906 ฮัลเบิร์ต ไอสไตน์ (Albert Einstein) ตีพิมพ์ผลงานวิจัยที่ค้นพบว่าโมเลกุลของน้ำตาลมีขนาดประมาณ 1 นาโนเมตร และเสนอทษฎีการเคลื่อนที่แบบราวเนียนหรือแบบไม่เป็นทิศทางของอนุภาคคอลลอยด์ เป็นการเริ่มจุดประกายให้มีความสนใจในอนุภาคขนาดระดับนาโนและการอธิบายถึงพฤติกรรมของอนุภาคระดับนาโนต่อมา

ค.ศ.1959 ริชาร์ด ฟายแมน (Richard Feynman) บิดาแห่งนาโนเทคโนโลยีได้เริ่มศึกษาและค้นคว้าทางด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นครั้งแรกและได้นำไปสู่การศึกษา วิจัยเกี่ยวกับการจัดการในระดับอะตอมของโมเลกุลของสารต่างๆ

ค.ศ.1981 เกิร์ด บินนิ่ง (Gerd Binning) ประสบความสำเร็จในการสร้างกล้อง Scanning Tunneling Microscope(STM) ที่สามารถมองเห็นการจัดเรียงตัวของอะตอมของสสารต่างๆได้อย่างชัดเจน

ค.ศ.1985 โรเบิร์ต เคิร์ล (Robert F. Curl) และนักวิจัยอีกสองท่านได้ค้นพบโครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอนแบบใหม่ นอกจากเพชรและกราไฟต์นั่นคือ ฟูลเลอรีน (Fullerene) หรือบัคกีบอล (Bucky Ball) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 60 อะตอมเชื่อมต่อกัน มีรูปร่างคล้ายกับลูกฟุตบอล และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นาโนเมตร

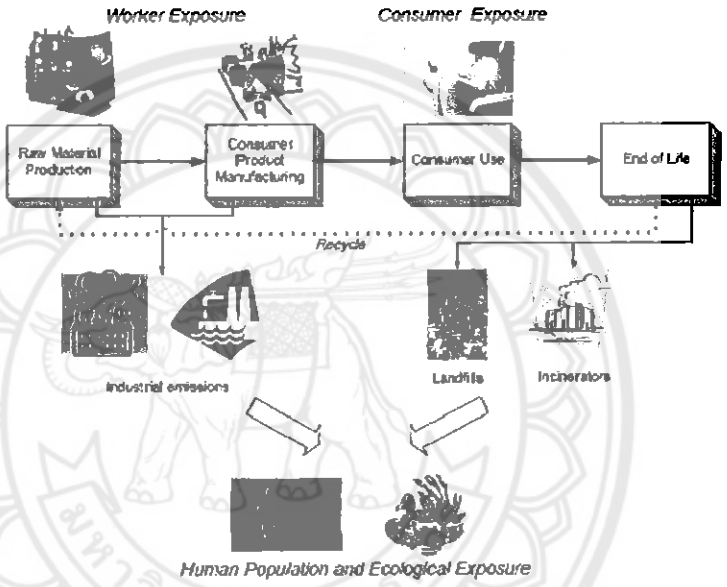
ค.ศ.1989 ดอล ไอเกลอร์ (Don Iigler) ใช้กล้องส่องอะตอม (STM) ในการจัดวางอะตอมของธาตุ ซีนอลทีละอะตอมเป็นตัวอักษร "IBM" แสดงให้เห็นว่ามนุษย์นั้นสามารถเข้าไปจัดการการเรียงตัวของอะตอมได้เป็นครั้งแรก

ค.ศ.1991 ซูมิโอะ อีจีมา (Sumio Lijima) ของบริษัท NEC ประเทศญี่ปุ่นได้ค้นพบท่อนาโนคาร์บอน (carbom nanotube) ที่มีคุณสมบัติที่น่ามหัศจรรย์หลายอย่าง เช่น มีความแข็งแรงกว่าเหล็กกล้า 100 เท่า มีน้ำหนักเบากว่า6เท่าสามารถเป็นตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด (superconductor) หรือสารกึ่งตัวนำ(simiconductor) เป็นต้น ท่อนาโนคาร์บอนจึงเป็นความหวังในการประดิษฐ์นวัตกรรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีหลากหลายสาขา

ค.ศ. 2000 รัฐบาลประธานาธิบดีบิล คลินตัน ได้ผลักดันให้เกิดการริเริ่มทางนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ของสหรัฐฯขึ้นมาทำให้เกิดการสนับสนุนทุนวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีสูงขึ้นกว่าเดิมเป็นประวัติการณ์ ทำให้ทั่วโลกเกิดการตื่นตัวเกี่ยวกับการพัฒนานาโนเทคโนโลยีอย่างมาก จนถึงปัจจุบัน

2.1.2 ความเสี่ยงของนาโนเทคโนโลยี

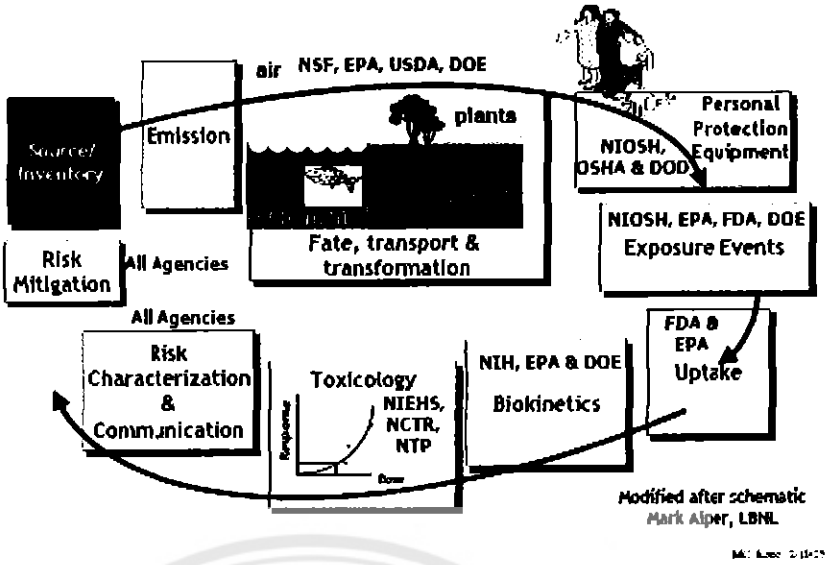
แม้ว่าในปัจจุบันยังไม่พบรายงานผลการวิจัยด้านความเสี่ยงของนาโนเทคโนโลยีมากนัก แต่จากการที่ผ่านมาของการวิจัยความเป็นพิษของวัสดุนาโนในเซลล์เพาะเลี้ยง (cellcultures) และสัตว์ทดลองนั้นพบว่าวัสดุนาโนที่มีขนาดพื้นที่ผิว ลักษณะทางเคมีของผิว การละลาย (solubility) และรูปทรง (shape) แตกต่างกันนั้น มีศักยภาพในความเป็นพิษก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆกัน แม้แต่สสารธรรมดาหนึ่งๆ เมื่อปรับโครงสร้างออกแบบอยู่ในโครงสร้างระดับนาโนกลับทำให้เกิดอันตรายมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของวัสดุนาโน

ปัจจัยความเสี่ยงของนาโนเทคโนโลยีต่อสุขภาพ

ลักษณะการสัมผัสต่อวัสดุนาโนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ในผลิตภัณฑ์สเปรย์ที่มีวัสดุนาโนเป็นส่วนประกอบจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการหายใจเข้าสู่ปอดมนุษย์หรือการสัมผัสที่ผิวหนังแต่สำหรับวัสดุนาโนที่เป็นส่วนประกอบของสารละลาย เช่นผลิตภัณฑ์สำหรับทำความสะอาดก็จะเพิ่มความเสี่ยง ต่อระบบทางเดินอาหารเนื่องจากวัสดุนาโนอาจสะสมอยู่ในน้ำดื่มหรือในปลา ตลอดจนถึงขั้นการหมดอายุใช้งานถ้าจะพิจารณาความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์กับวัสดุนาโนควรต้องพิจารณาระบบการรักษาความปลอดภัยในขั้นตอนการผลิตเก็บกักและขนส่งเข้าไปด้วยกัน เช่นทางโรงงานมีระบบกลั่นกรองและถ่ายเทอากาศที่ดีเพียงพอหรือไม่ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แผนภาพหน่วยงานรัฐที่ดูแลด้านความปลอดภัย สุขภาพและสิ่งแวดล้อมของนาโนเทคโนโลยี (Environmental, Health, and Safety: EHS)

การสัมผัสต่อวัสดุนาโนทำให้เกิดการหายใจนำอนุภาคนาโนเข้าปอดและการสะสมของอนุภาคนาโน คงค้างอยู่ในระบบร่างกายอย่างไรก็ตามอัตราการสะสมของอนุภาคนาโนในร่างกายขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ขนาดของอนุภาคนาโนการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน (agglomeration) อัตราการหายใจสภาวะร่างกายของมนุษย์โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคปอดหรือโรคทางเดินหายใจ เป็นต้น จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าอนุภาคนาโนสามารถเดินทางผ่านกระแสเลือดจากปอดไปยังอวัยวะอื่นๆได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษากับหนูทดลองพบว่าอนุภาคนาโนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 – 37 นาโนเมตรที่สะสมอยู่ในโพรงจมูกนั้นสามารถผ่านเข้าสู่สมองได้ โดยอาศัยเส้นประสาทการสูดกลิ่น (olfactory nerve) สำหรับอนุภาคนาโนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-500 นาโนเมตรก็สามารถผ่านเข้าสู่สมองได้โดยผ่านเส้นประสาทรับความรู้สึก (sensory nerve) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาทดลองในมนุษย์เพื่อวิจัยการส่งผ่านอนุภาคนาโนในลักษณะนี้

2.1.3 ตัวอย่างงานวิจัยด้านพิษวิทยา

อนุภาคนาโนหลายชนิด เช่นไททาเนียมไดออกไซด์ โคบอลท์ นิกเกล และ ซิลิกาชนิดคอลลอยด์ เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจจะทำให้เกิดการอักเสบของปอดเกิดการกระตุ้นทำให้เยื่อบุของปอด เพิ่มจำนวนมากขึ้นจะเกิดการขัดขวางการทำงานของเซลล์แมคโครฟาไน

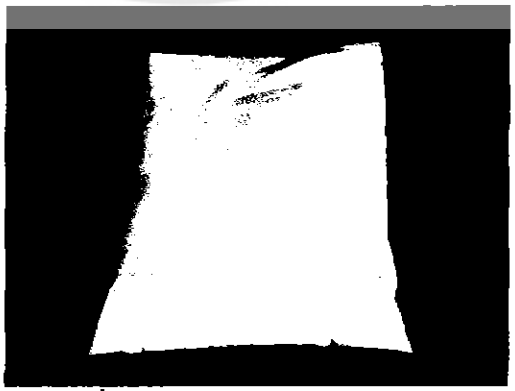
การทดลองในเซลล์เพาะเลี้ยงจะพบการตอบสนองของเซลล์ต่ออนุภาคนาโนที่ใส่เข้าไป โดยจะพบการเพิ่มขึ้นของสารเหนี่ยวนำ การอักเสบ (proinflammatory cytokines) และอนุมูลอิสระ (oxidativestress) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีน (gene expression) และขบวนการการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (cell signaling pathway) มีผลทำให้เกิดความเสียหายของเซลล์และกระตุ้นการสร้าง inflammatory mediators เพิ่มมากขึ้น

จะเห็นได้ว่างานวิจัยเกี่ยวกับความเป็นพิษของอนุภาคนาโนที่มีในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาความเป็นพิษจากการได้รับอนุภาคนาโนทางการหายใจซึ่งเป็นทางที่สำคัญในการรับเข้าสู่ร่างกายซึ่งบ่งชัดว่าอนุภาคนาโนสามารถทำอันตรายต่อสุขภาพได้ทั้งในมนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบทางเดินหายใจและหากมีการแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจะเกิดการขยายผลความเสียหายไปทั่วร่างกายได้ ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆส่วน เช่นคุณสมบัติทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ของอนุภาคระดับความเข้มข้นที่ได้รับเข้าไป และสภาวะสุขภาพของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น

ส่วนงานวิจัยและข้อมูลความเป็นพิษของอนุภาคที่ได้รับเข้ามาทางผิวหนังและการกินยังมีอยู่จำกัดและค่อนข้างน้อยมากจึงยังไม่สามารถประเมินได้ถึงความเป็นพิษเนื่องจากการสัมผัสอนุภาคจากทางดังกล่าวได้

2.2 ไททาเนียมไดออกไซด์

ไททาเนียมไดออกไซด์หนึ่งใน 50 ชนิดของสารที่ผลิตมากที่สุดทั่วโลกลักษณะโดยทั่วไปมีสีขาว ทึบแสง เกิดเองตามธรรมชาติมี 2 รูปแบบใหญ่ คือ รูไทล์และอานาเทส ทั้ง 2 รูปแบบมีไททาเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์อยู่กับสารปนเปื้อน ต้องผ่านกระบวนการทางเคมีจึงจะนำสารปนเปื้อนออกได้เหลือไว้แต่ไททาเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์ ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นสารสีที่มีสีขาวมีประโยชน์สำหรับการใช้งานได้หลากหลาย เนื่องจากไม่มีกลิ่นและมีความสามารถในการดูดซับ แร่ชนิดนี้พบได้ในหลายผลิตภัณฑ์ตั้งแต่สีทาบ้านไปถึงอาหารและเครื่องสำอางในกลุ่มเครื่องสำอางเพื่อเป็นตัวป้องกันแสงแดด



รูปที่ 2.4 ไทเทเนียมไดออกไซด์

ไททาเนียมไดออกไซด์ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารสีที่ปลอดภัยไม่ใช่สารที่อยู่ในกลุ่มของที่ก่อมะเร็งหรือสารที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์หรือสารที่ทำให้ตัวอ่อนในครรภ์เกิดความผิดปกติหรือสารที่มีพิษ

ขนาดอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ ยิ่งขนาดอนุภาคเล็กความเป็นพิษก็ยิ่งมากขึ้นโดย ขนาด 70 นาโนเมตรสามารถแทรกผ่านถุงลมในปอดได้ ขนาด 50 นาโนเมตรสามารถแทรกผ่านเซลล์ได้และไททาเนียมไดออกไซด์ขนาด 30 นาโนเมตรสามารถแทรกเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางได้ ผลการสรุปนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้บริโภค โดยไททาเนียมไดออกไซด์ได้ถูกนำไปใช้ในเครื่องสำอาง เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของครีมกันแดดเนื่องจากไม่มีสีและแม้ว่าจะมีขนาดเล็ก ไททาเนียมไดออกไซด์ก็ยังสามารถดูดกลืนรังสีอุลตร้าไวโอเลต อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์อาจสามารถแทรกผ่านเซลล์ และนำไปสู่การเกิดกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสภายในเซลล์ได้และก่อให้เกิดความเสียหายแก่ DNA เมื่อได้รับแสงซึ่งอาจก่อให้เกิดเป็นมะเร็งผิวหนัง การศึกษาโดยการใช้สารกันแดดที่มีไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาดเล็กทุกวันเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าผิวหนังสามารถดูดซับอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ขนาดเล็กได้ อนุภาคเหล่านี้พบได้ในชั้นของผิวหนังภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลต สำหรับอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดใหญ่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงอุลตร้าไวเลตได้

ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์

1) ความสามารถในการต้านแบคทีเรีย

ไททาเนียมไดออกไซด์ไม่เพียงแต่ฆ่าแบคทีเรียได้เท่านั้นแต่ยังช่วยในการย่อยสลายด้วย ไททาเนียม ไดออกไซด์ที่เป็นสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงนั้นมีผลและเกิดประสิทธิภาพสูงกว่าสารต้านแบคทีเรียชนิดอื่นๆ เนื่องจากปฏิกิริยาจะทำงานเมื่อมีเซลล์แบคทีเรียสัมผัสกับพื้นผิวหรือเมื่อแบคทีเรียแพร่กระจายไปบนพื้นผิวนอกจากนี้ สารพิษที่มาจากการตายของเซลล์จะถูกทำลายจากการเร่งปฏิกิริยาของไททาเนียมไดออกไซด์และที่สำคัญไททาเนียมไดออกไซด์จะไม่เกิดการเสื่อมประสิทธิภาพหลังจากที่ทำลายเชื้อแบคทีเรียทำให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ยาวนาน โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพด้านขับยั้งหรือต่อต้านการติดเชื้อไททาเนียมไดออกไซด์จะมีความสามารถมากกว่า คลอรีน 3 เท่า และมากกว่า โอโซน 1.5 เท่า

2) ความสามารถด้านการกำจัดกลิ่น

ด้านการกำจัดกลิ่นอนุภาคไฮดรอกซีที่เกิดจากไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) สามารถกำจัดโมเลกุลของสารอินทรีย์ ที่ระเหยอยู่ในอากาศ (Volatile Organic Compounds หรือ VOCs) อันเป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้โดยการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของสารเหล่านั้น ด้วยวิธีการนี้จะทำให้สารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศแตกออกเป็นโมเลกุลเดี่ยวจึงไม่สามารถทำอันตรายหรือส่งผลต่อร่างกายมนุษย์ได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการฟอกอากาศให้สะอาดโดยการกำจัดโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ตัวอย่างเช่น กลิ่นบุหรี่ กลิ่น

ยาสูบ สารประเภทฟอร์มอดีไฮด์ไนโตรเจนไดออกไซด์ ยูรีน กลิ่นอุจจาระ น้ำมันเชื้อเพลิง และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอีกหลายชนิดในอากาศ ไททาเนียมไดออกไซด์สามารถทำให้อากาศสะอาดจากควัน เกสรดอกไม้แบคทีเรีย และไวรัสรวมถึงก๊าซอันตราย ด้วยคุณสมบัติของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

3) ความสามารถในการฟอกอากาศ

ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงจะสามารถกำจัดสารที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้ เช่น สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ ควันบุหรี่ รวมถึงสารระเหยต่างๆที่ออกมาจากอาคาร รวมทั้งโครงสร้างของตึกได้นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันเขม่าและคราบดำต่างๆที่จะเกาะผนังบ้าน รวมถึงช่วยกำจัดสารประเภทที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เช่น ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่นรวมถึงก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสง ในบริเวณที่มีมลภาวะสูง ไททาเนียมไดออกไซด์จะช่วยลดสารก่อมลภาวะเหล่านี้ได้

4) สามารถป้องกันการเกิดหยดน้ำ และคราบต่าง ๆ รวมทั้งทำให้เกิดสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง

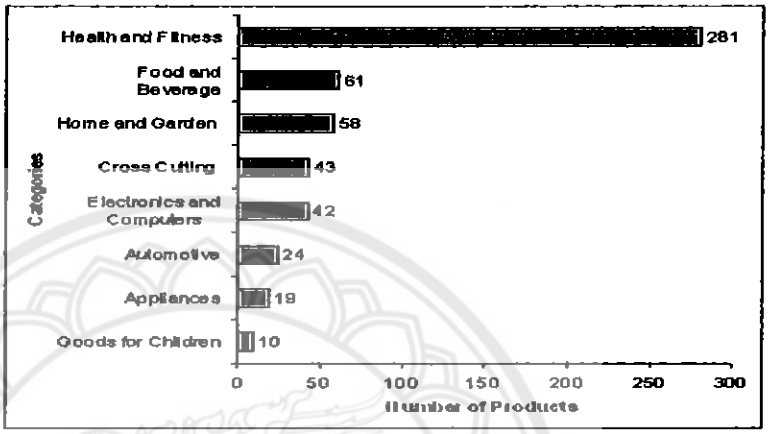
ผนังด้านนอกของอาคารที่ถูกปกคลุมด้วยคราบเขม่าจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีส่วนประกอบเป็นน้ำมัน เมื่อผนังตึกถูกทาด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งมีสมบัติการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง จะทำให้ผนังมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดตัวเอง โดยเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง ไททาเนียมไดออกไซด์จะทำลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งฝุ่นผงต่างๆที่เกาะติดอยู่กับผนังและจะถูกชะล้างออกจากผนังอย่างง่ายได้เมื่อฝนตกลงมา ทำให้ผนังตึกดูสะอาดและใหม่อยู่เสมอ

5) ความสามารถในการทำน้ำสะอาด

สารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (ไททาเนียมไดออกไซด์) ร่วมกับรังสีอุลตร้าไวโอเลต สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ก่อมลภาวะให้กลายเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายได้ เช่น ทำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ รวมถึงมีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย เทคโนโลยีนี้มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารอินทรีย์อันตรายและช่วยฆ่าแบคทีเรียหลายชนิดรวมถึงไวรัสในขั้นตอนที่สองของการบำบัดน้ำเสีย โครงการต้นแบบแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแบคทีเรีย Escherichia coli ซึ่งเป็นแบคทีเรียในอุจจาระที่ปนเปื้อนในน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้เป็นอย่างดีในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

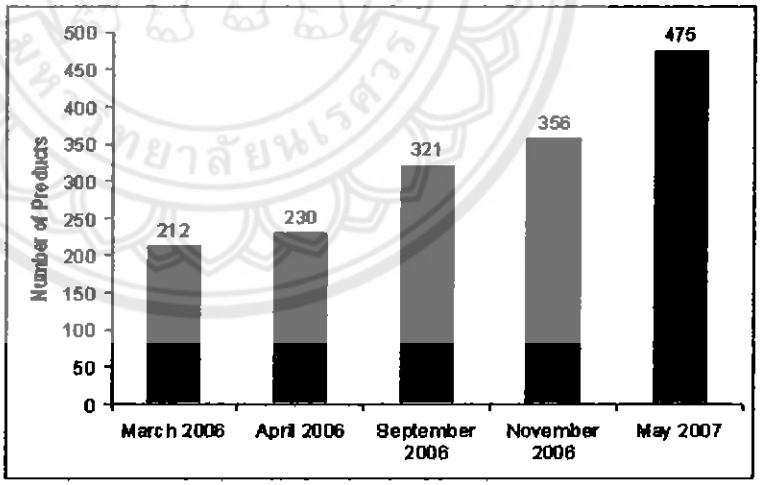
2.3 โอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

จากผลการวิจัยของ Projection Emergine Nanotechnologies ของสหรัฐพบว่าปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของนาโนมากกว่า 500 รายการ เมื่อมีการจัดตามลักษณะการใช้งานกลุ่มที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพมีมากที่สุดโดยมากกว่าร้อยละ 50% ของผลผลิตทั้งหมดและกลุ่มต่อมาคือกลุ่มของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและเครื่องใช้ในบ้านและอาหาร



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงจำนวนสินค้าในแต่ละกลุ่ม

นอกจากนี้ในการสำรวจยังพบว่านาโนมีการเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าในช่วงเวลา 14 เดือน (ช่วงเดือนมีนาคม 2549 ถึง พฤษภาคม 2550)



รูปที่ 2.6 การสำรวจยังพบว่าจำนวนของสินค้านาโนเทคโนโลยี

จากตารางข้อมูลจะเห็นได้ว่า มีการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุนาโนเพิ่มมากขึ้นและยังมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นที่ทวีคูณ สำหรับประเทศไทยแล้วปัจจุบันมีสินค้านาโนเทคโนโลยีเข้ามาแล้วหลายรายการและสิ่งที่ยังขาดคือการศึกษาถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เป็นประเภทมี N-type มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคโดยการใช้แสงทำให้เกิดปฏิกิริยาสาเหตุที่กล่าวถึงเพราะปัจจุบันไททาเนียมไดออกไซด์ได้ถูกนำมาผลิตเป็นสินค้าในรูปของวัสดุตกแต่งอาหารของใช้ภายในบ้านกำจัดแบคทีเรียทำความสะอาดมลพิษในน้ำและอากาศ

ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่อาจเกิดขึ้นได้มาจากวัสดุที่เหลือจากการใช้ประโยชน์และมีการทิ้งหรือกำจัดที่ไม่ถูกต้องส่งผลให้สารไททาเนียมไดออกไซด์ที่ตกค้างนั้นมีอยู่ในสิ่งแวดล้อมและที่สำคัญขนาดของไททาเนียมไดออกไซด์มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตรจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ด้วยเหตุที่มีขนาดเล็กทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้โดยง่ายและยากที่จะกำจัด จากการศึกษาพบว่าอนุภาคขนาดเล็กของไททาเนียมไดออกไซด์ก่อให้เกิดผลลบ เช่น การเข้าถุงลมในปอดแทรกเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง หรือซึมผ่านเซลล์นำไปสู่กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส ก่อให้เกิดความเสียหายต่อ DNA และก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ อาจปนเปื้อนในดินหรือน้ำอาจจะมีการแทรกซึมสู่ส่วนต่างๆของต้นพืชซึ่งเป็นอาหารของมนุษย์และ

ด้วยสาเหตุดังกล่าวที่ได้กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นถึงโอกาสและความเสี่ยงที่จะได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จึงได้มีการทำโครงงานนี้ขึ้นโดยการปลูกพืช เพื่อต้องการที่จะศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์ ในการเจริญเติบโตของพืชที่ขึ้นในดินและรูปแบบการเจริญเติบโตของพืชเมื่อมีการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์

2.4 พืชที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองเลือกต้นผักชีเป็นพืชที่นำมาใช้ในการทดลอง เนื่องจากพืชชนิดนี้มีความเหมาะสม และมนุษย์นำมาบริโภค โดยเป็นพืชผักสมุนไพรมีกลิ่นหอม อายุสั้นประมาณ 40-60 วัน สามารถขึ้นได้ในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผักชีเป็นผักที่ใช้ใบ ก้านใบ และลำต้นบริโภค เป็นผักเคียงและปรุงแต่งอาหาร ให้มีรสชาติและกลิ่นหอมน่ารับประทาน

การดูแลรักษาผักชี ประกอบด้วย

1. การให้ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-11-11 หรือ 15-15-15 อัตรา 1 กำมือ (2-3 ช้อนแกง) หว่านทุกๆ 15 วัน ต่อขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร และรดน้ำตามทันที หรือจะใช้ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์น้อยลงก็ได้

2. การให้น้ำ ควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอทุกวัน

3. การกำจัดวัชพืช ควรกำจัดวัชพืชอย่าให้รบกวน และลุกลามโดยเฉพาะช่วงแรกหลังหยอดเมล็ด วิธีการกำจัดวัชพืชโดยใช้ มือถอน

4.เนื่องจากผักชี เป็นพืชที่ใช้บริโภคได้ทุกส่วน ก่อนถอนควรรดน้ำให้ดินชุ่มและควรถอนทั้งต้นทั้งราก

2.5 การดูดธาตุอาหารของพืช

เซลล์รากพืชดูดธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ ซึ่งอยู่ในสารละลายดินหรือที่ดูดซับอยู่กับอนุภาคขนาดเล็กของดิน ในรูปไอออน ทั้งนี้ยกเว้นไนโตรเจน ซึ่งอาจดูดยูเรียในสภาพเป็นโมเลกุล และโบรอนซึ่งดูดได้ในรูปโมเลกุลของกรดบอริก การดูดธาตุอาหารส่วนมาก เกิดขึ้นที่ราก สำหรับใบจะดูดธาตุอาหารจากน้ำค้าง น้ำฝนหรือสารละลายที่เกษตรกรฉีดพ่น ซึ่งมีรายละเอียดย่อย ดังนี้

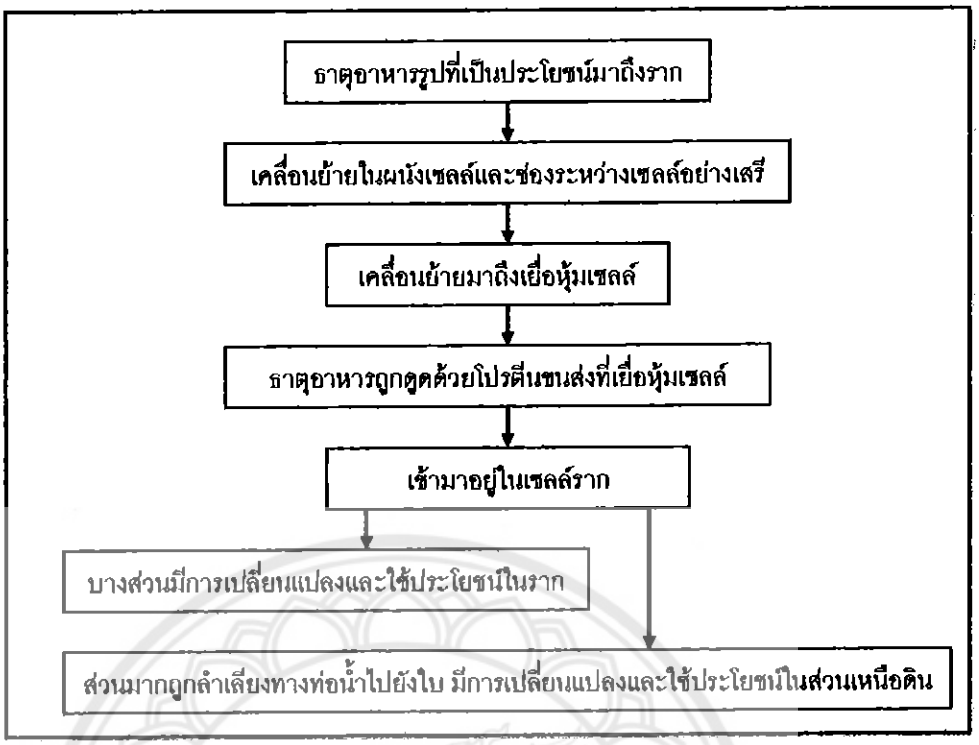
2.5.1 การดูดธาตุอาหารของราก

ก่อนที่รากพืชจะดูดธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ ธาตุอาหารต้องมาถึงรากพืช ซึ่งมาได้ 3 วิธี คือ

1) การแพร่จากส่วนที่ห่างจากดินซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่า มายังรากซึ่งมีความเข้มข้นต่ำกว่าการที่รากพืชดูดธาตุอาหารตลอดเวลา ทำให้ความเข้มข้นบริเวณรากต่ำลงเสมอ จึงส่งเสริมการแพร่จากดินส่วนอื่นมายังราก ส่วนการใส่ปุ๋ยที่ละลายง่ายก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินสูง และมีการแพร่มายังรากได้เร็ว

2) การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารมาพร้อมกับน้ำ เนื่องจากธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ละลายน้ำอยู่ในน้ำ และน้ำมีการเคลื่อนที่เข้าหารากอย่างต่อเนื่องเมื่อรากดูดน้ำจากดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางวันซึ่งรากดูดน้ำมากเพราะใบพืชมีการคายน้ำสูง ดังนั้นการให้น้ำจนดินมีความชื้นอย่างเพียงพออยู่เสมอ จะทำให้ธาตุอาหารในดินมีการละลายและเคลื่อนที่มากับน้ำจนถึงรากพืชอย่างต่อเนื่อง

3) รากยืดตัวออกไป ทำให้รากยาวขึ้น ส่วนปลายของรากจึงไปสัมผัสดินส่วนที่ไกลกว่าเดิมรวมทั้งเพิ่มพื้นที่ผิวรากที่สัมผัสดินและสารละลายดิน จึงมีโอกาสรับธาตุอาหารจากมวลของดินทั่วถึงยิ่งขึ้นเมื่อธาตุอาหารมาถึงรากด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง สองวิธี หรือทั้งสามวิธีพร้อมกันก็ตาม รากพืชก็จะดูดธาตุอาหารตามขั้นตอนที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7



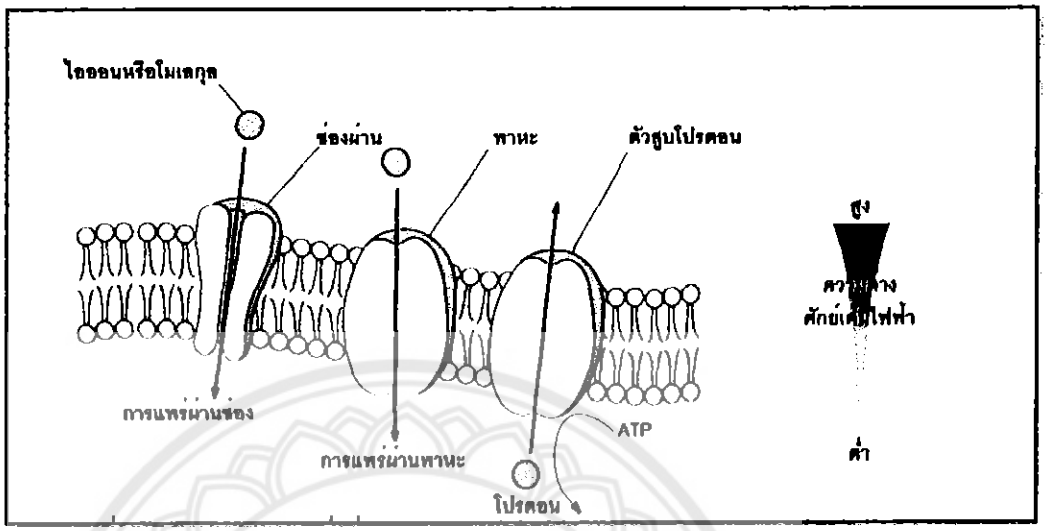
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการดูดธาตุอาหารของรากพืช

เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชมีโปรตีนขนส่งสำหรับดูดน้ำและธาตุอาหารทุกธาตุ **การดูดธาตุอาหารของโปรตีนขนส่งที่เยื่อหุ้มเซลล์แสดงไว้ในรูปที่** 2.8 ซึ่งมี 2 แบบ คือ ใช้โปรตีน**ช่องผ่าน กับใช้โปรตีนพาหะ** ดังนี้

1) โปรตีนช่องผ่าน เยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนช่องผ่านหลายประเภท สำหรับ**การขนส่งไอออนหรือโมเลกุลต่างๆ** โปรตีนช่องผ่านแต่ละชนิดมีความจำเพาะเจาะจงระดับ**หนึ่งต่อสารที่ผ่าน เช่น ความ**จำเพาะในแง่ขนาดของไอออนและจำนวนประจุของไอออนนั้น โดย**ไอออนเคลื่อนย้ายจากด้านนอก**เซลล์ซึ่งมีศักย์เคมีไฟฟ้าสูงกว่า ทางช่องผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์**เข้าไปภายในเซลล์อันเป็นบริเวณที่มีศักย์เคมีไฟฟ้าต่ำกว่า** กลไกการปิดและเปิดประตูของช่องผ่าน**จะควบคุมการผ่านของสาร**ทางช่องดังกล่าว อัตราการผ่านของไอออนทางช่องผ่านสูงมาก การใส่**ปุ๋ยที่ละลายง่ายลงไปในดิน ปุ๋ย**จะแตกตัวในสารละลายดินเป็นไอออน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต [$(NH_4)_2SO4_4$เป็นปุ๋ยสูตร 21-0-0] แตกตัวเป็นแอมโมเนียมไอออน (NH^+_4) และซัลเฟตไอออน (SO^{2-}_4) ทำให้ความเข้มข้นของไอออนสูงขึ้น เป็นเหตุให้มีศักย์เคมีไฟฟ้าของไอออนนั้นสูงกว่าภายในเซลล์กระตุ้นให้โปรตีนช่องผ่านเปิดช่องทาง และยอมให้ไอออนเหล่านั้นผ่านเยื่อเข้าไปในเซลล์

2) โปรตีนพาหะ เยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนพาหะที่จำเพาะเจาะจงต่อการขนส่งธาตุอาหารต่างๆ แต่มีโปรตีนพาหะบางชนิดที่ดูดได้มากกว่าหนึ่งธาตุ หากไอออนของธาตุเหล่านั้นมีสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกัน การดูดธาตุอาหาร**ด้วย**โปรตีนพาหะมีความจำเพาะสูงต่อชนิดของไอออนที่จะเคลื่อนย้ายผ่าน สามารถดูดธาตุอาหารจากด้านนอกของเยื่อซึ่งมีความเข้มข้นต่ำกว่า เข้ามาภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นของธาตุนั้นสูงกว่าได้ โดยเซลล์ต้องใช้หลังงานที่มีอยู่เข้ามาสร้างสภาพศักย์

เคมีไฟฟ้าให้เอื้อต่อกาดูดโดยกลไกนี้ โดยใช้ตัวสูบโปรตอนช่วยขับ เคลื่อนโปรตอนให้ออกมานอกเซลล์ เพื่อปรับศักย์เคมีไฟฟ้าให้เหมาะสม



รูปที่ 2.8 การดูดไอออนที่เยื่อหุ้มเซลล์ โดยใช้โปรตีนช่องผ่านและโปรตีนพาหะ

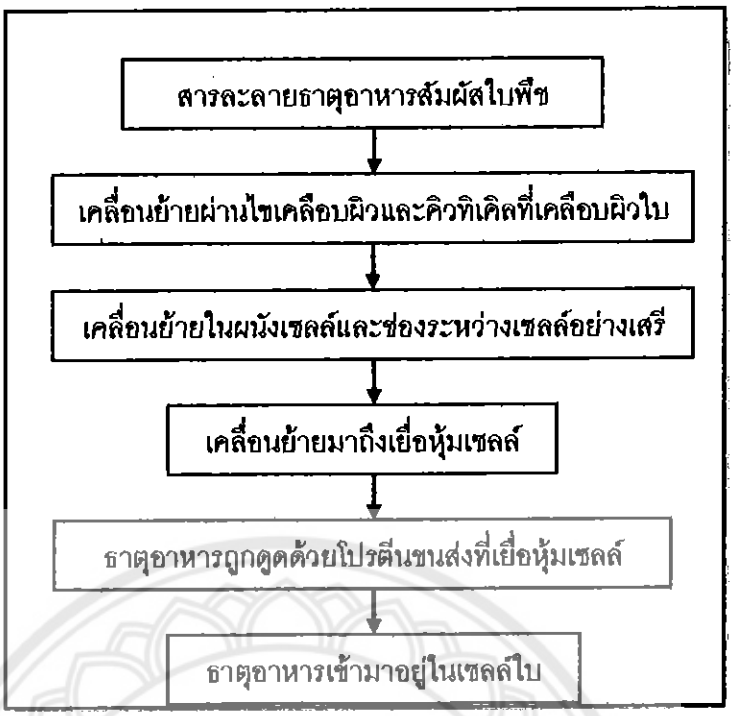
การดูดธาตุอาหารด้วยโปรตีนพาหะมีประโยชน์มาก เพราะ

1) โปรตีนพาหะแต่ละชนิด มีความจำเพาะเจาะจงสูงต่อชนิดของธาตุอาหารที่ต้องการดูด

2) มีประสิทธิภาพสูงในการดูดธาตุอาหารจากสารละลายดิน ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุอาหารนั้นต่ำ อันเป็นภาวะปรกติของดินทั่วไป ทำให้พืชยังคงดูดธาตุอาหารที่ต้องการมาใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง

2.5.2 การดูดธาตุอาหารของใบ

สำหรับการดูดธาตุอาหารทางใบนั้น เซลล์ของใบใช้กลไกการดูดที่เยื่อหุ้มเซลล์คล้ายกับการดูดของเซลล์ราก เพียงแต่โครงสร้างภายนอกของใบมีความแตกต่างจากราก คือ ใบมีไข (wax) และเคลือบผิวคิวทิเคิล (cuticle) ปกคลุมผิวใบ ส่วนรากไม่มีสารนี้ การดูดธาตุอาหารของใบพืชมีขั้นตอนดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการดูดธาตุอาหารของใบพืช

เนื่องจากไขเคลือบผิวใบและคิวทิเคิลมีสมบัติทางเคมีบางประการ ที่ทำให้การซึมผ่านของปุ๋ยค่อนข้างช้า แต่เมื่อผสมสารเสริมประสิทธิภาพในสารละลายปุ๋ยที่ฉีดพ่น จะทำให้การดูดธาตุอาหารทางใบดีมาก ซึ่งเรื่องนี้จะอธิบายโดยละเอียดในเรื่องการใช้ปุ๋ยทางใบ เมื่อธาตุอาหารถูกดูดเข้าไปในเซลล์รากหรือเซลล์ใบแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลง เคลื่อนย้ายและเซลล์นำไปใช้ประโยชน์เพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพ

บทที่ 3

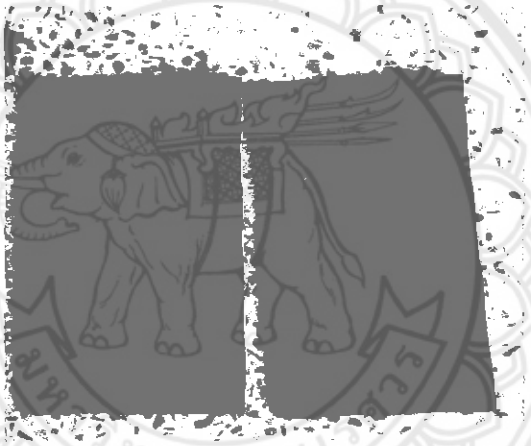
วิธีการดำเนินโครงการ

โครงงานนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์ ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีวิธีในการดำเนินโครงงานดังนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

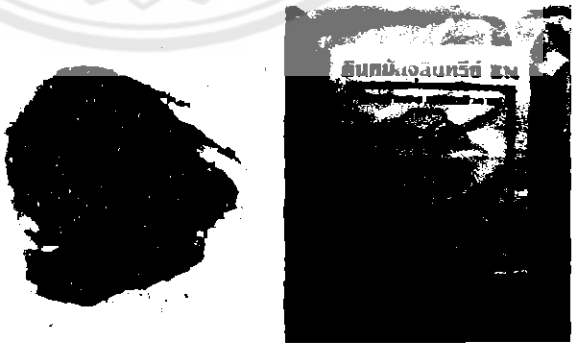
โครงงานเพื่อศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์ ต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำการทดลองในอาคารโยธา ชั้นที่ 6 ห้องCE 610 โดยมีวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

3.1.1. ถุงดำ ในการศึกษาใช้ถุงดำขนาดเบอร์ 3 จำนวน 540 ถุง ซึ่งสามารถบรรจุดินเต็มถุงได้ 1.50 กิโลกรัม/ถุง



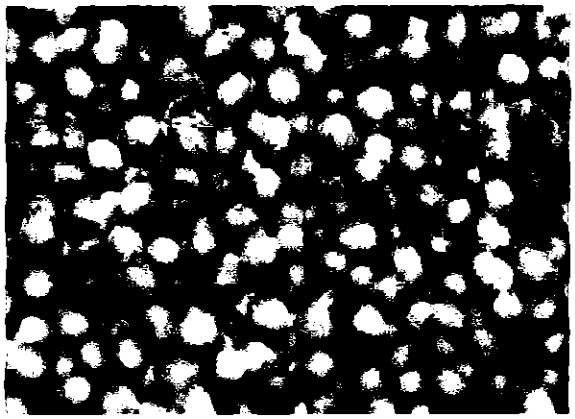
รูปที่ 3.1 ถุงดำ

3.1.2. ดินปลูก โดยใช้ดินสำเร็จพร้อมปลูก



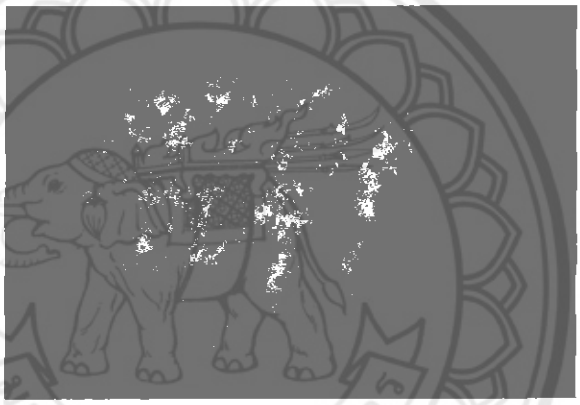
รูปที่ 3.2 ดิน

3.1.3. เมล็ดผักชี



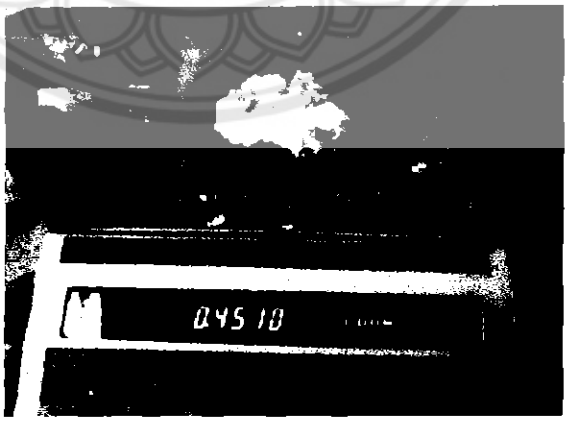
รูปที่ 3.3 เมล็ดผักชี

3.1.4. ไททาเนียมไดออกไซด์



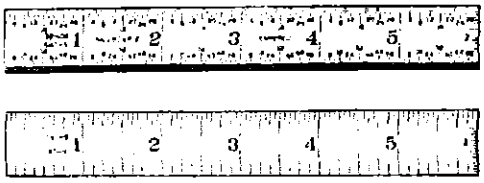
รูปที่ 3.4 ไททาเนียมไดออกไซด์

3.1.5. เครื่องชั่งสาร



รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งสาร

3.1.6. เครื่องมือวัดผลการเปลี่ยนแปลงของผักชี โดยใช้ไม้บรรทัด



รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดผล

3.1.7. กระบอกตวง ในการศึกษาใช้กระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร **เพื่อใช้ในการตวงน้ำให้ได้ในปริมาณที่ต้องการ**

รูปที่ 3.7 กระบอกตวง

3.1.8. กระบอกฉีดยา เพื่อความสะดวกในการรดน้ำและการเติมสาร ไททาเนียมไดออกไซด์ ผู้ศึกษาจึงได้นำกระบอกฉีดยาขนาด 500 ซีซี มาใช้โดยดึงน้ำที่มีการผสมไททาเนียมไดออกไซด์ เพื่อรดในถุงที่ปลูกผักชี และยังช่วยลดปัญหาการการปนเปื้อนระหว่างถุงแต่ละถุงและชุดการทดลอง

รูปที่ 3.8 กระบอกฉีดยา ขนาด 500 ซีซี

3.1.9. ถังใส่น้ำ และกระป๋อง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองน้ำประปา สำหรับกระป๋องนั้นใช้ใส่น้ำที่ผ่านการผสมสาร เพื่อความสะดวกในการรดน้ำ

รูปที่ 3.9 ถังใส่น้ำ และกระป๋อง

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมดิน

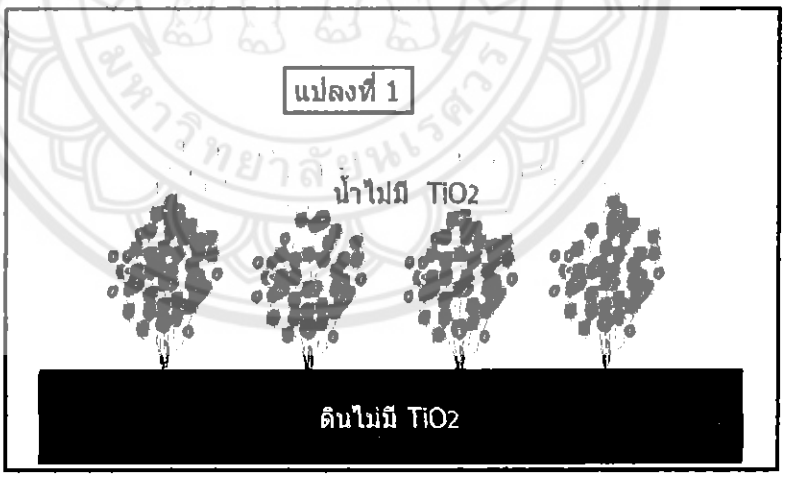
1) นำดินสำเร็จรูป กรอกใส่ในถุงดำ โดยชั่งแต่ละถุงให้ได้หนัก 1.5 กิโลกรัม จำนวน 540 ถุง

2) นำถุงที่บรรจุดินมาวางในห้องทดลอง โดยวางเรียง 1-9 แปลงการทดลองตามลำดับ และปักป้ายกำกับแต่ละชุดการทดลอง

3) ชั่งสารไททาเนียมไดออกไซด์ ใส่ในถุงพลาสติก โดยมีปริมาณตามชุดกาทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดในข้อถัดไป

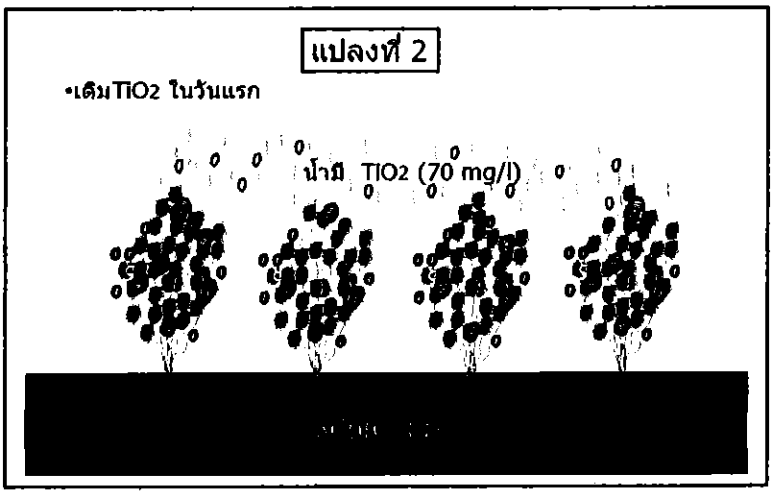
3.2.2 วิธีการทดลอง

ผู้ศึกษาเตรียมการทดลองไว้ทั้งหมด 9 แปลงการทดลอง โดยแต่ละแปลงมี 60 ถุง และจะใช้พืชชนิดเดียว คือ ผักชี โดยมีรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกัน และในการทดลองนี้จะมีการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์เฉพาะในน้ำที่ใช้รดเท่านั้น โดยที่ดินที่ใช้ในการปลูกไม่มีการผสม ไททาเนียมไดออกไซด์ หรับหรับการปลูกผักชีนั้นจะใช้ 3 เม็ดโดยเฉลี่ยต่อถุง แต่ละแปลงการทดลอง เป็นดังนี้



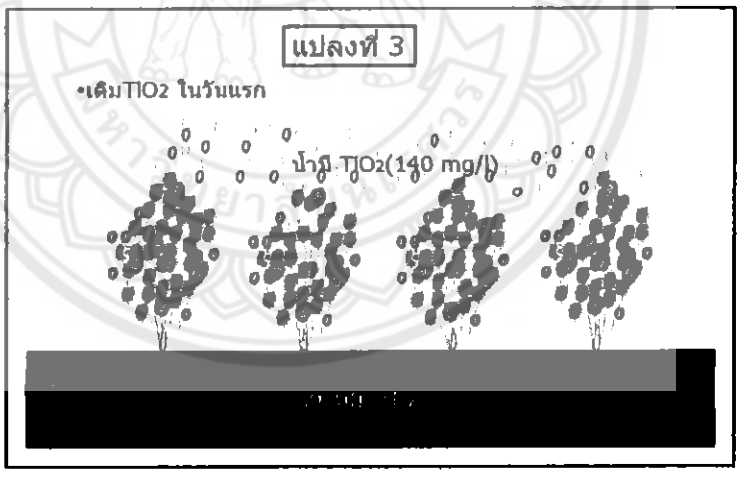
รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 1

แปลงที่ 1 เป็นชุดที่ใช้ในการควบคุม คือ ไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ในน้ำที่ใช้รด โดยรดน้ำที่ไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ จนจบการทดลอง



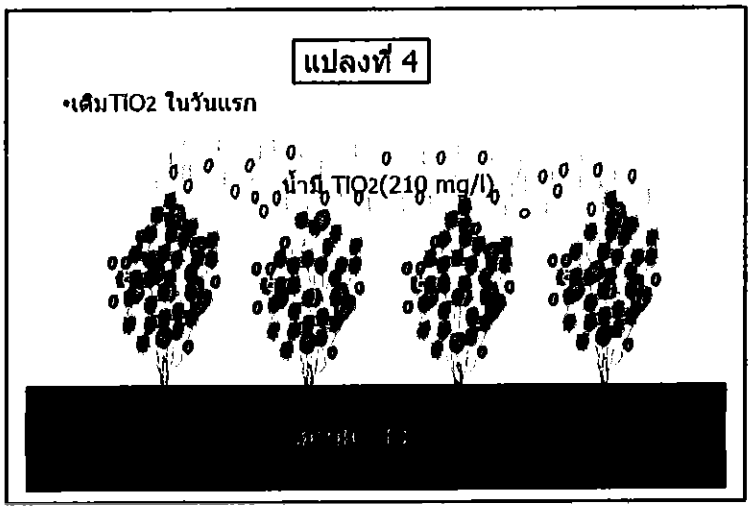
รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ **แปลงที่ 2**

แปลงที่ 2 **น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร โดยจะผสมและทำการรดเพียงครั้งเดียว คือ ในวันแรกหลังการปลูกเท่านั้น และจากนั้นรดน้ำตามปกติโดยไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ จนจบการทดลอง**



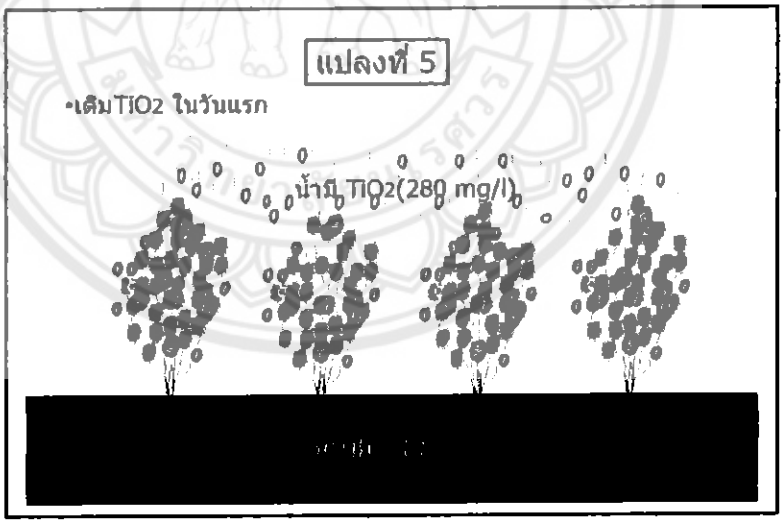
รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 3

แปลงที่ 3 **น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 140 มิลลิกรัม/ลิตร โดยจะผสมและทำการรดเพียงครั้งเดียว คือ ในวันแรกหลังการปลูกเท่านั้น และจากนั้นรดน้ำตามปกติโดยไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ จนจบการทดลอง**



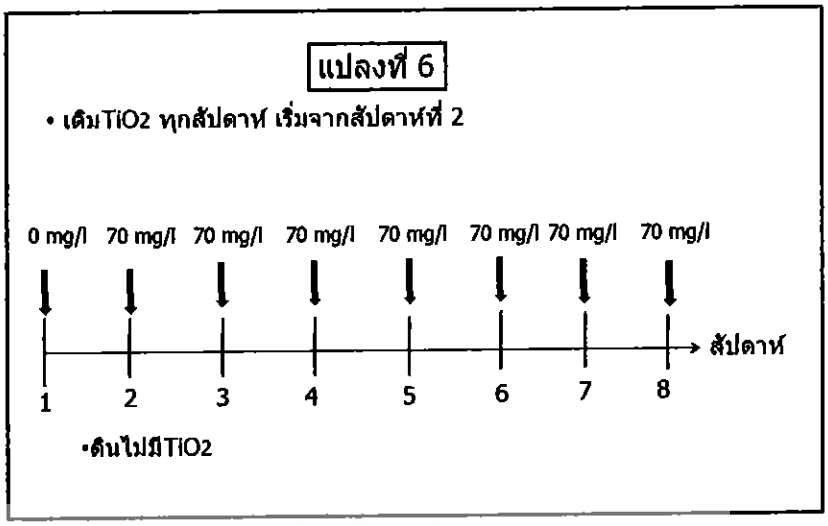
รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 4

แปลงที่ 4 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 210 มิลลิกรัม/ลิตร โดยจะผสมและทำการรดเพียงครั้งเดียว คือ ในวันแรกหลังการปลูกเท่านั้น และจากนั้นรดน้ำตามปกติโดยไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ จนจบการทดลอง



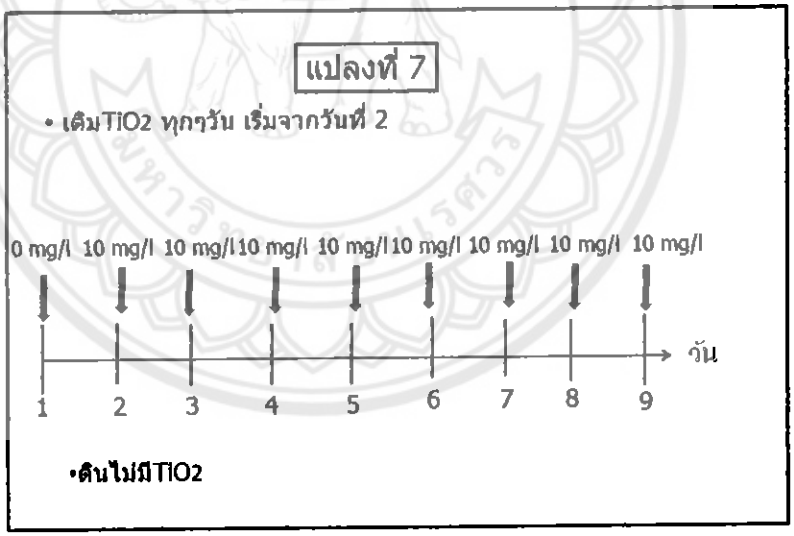
รูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 5

แปลงที่ 5 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร โดยจะผสมและทำการรดเพียงครั้งเดียว คือ ในวันแรกหลังการปลูกเท่านั้น และจากนั้นรดน้ำตามปกติโดยไม่มีการผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ จนจบการทดลอง



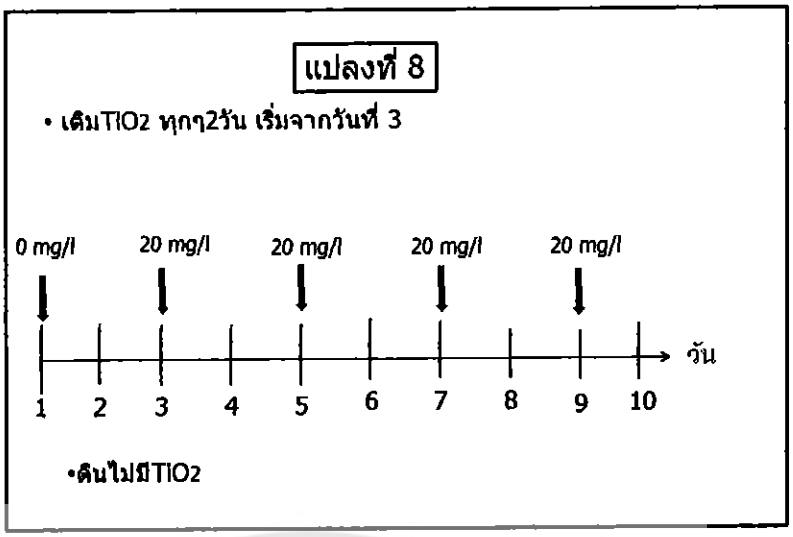
รูปที่ 3.15 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ **แปลงที่ 6**

แปลงที่ 6 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตรทุกสัปดาห์ โดยจะผสมและรดทุกสัปดาห์ เริ่มในสัปดาห์ที่ 2 ไปจนจบการทดลอง



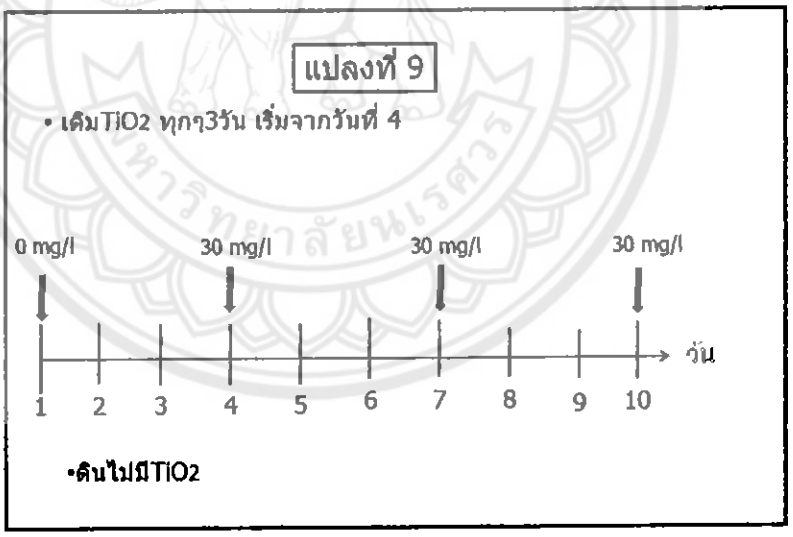
รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 7

แปลงที่ 7 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน โดยจะผสมและรดทุกวัน เริ่มจากวันที่ 1 ไปจนจบการทดลอง



รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 8

แปลงที่ 8 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตรทุก 2 วันโดยจะผสมและรดสองวันต่อหนึ่งครั้ง เริ่มในวันที่ 2 ไปจนจบการทดลอง



รูปที่ 3.18 รูปแสดงรูปแบบการปนเปื้อนสารไททาเนียมไดออกไซด์ แปลงที่ 9

แปลงที่ 9 น้ำที่ใช้รดต้นผักชีมีส่วนผสมของสารไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3 วัน โดยจะผสมและรดสามวันต่อหนึ่งครั้ง เริ่มในวันที่ 3 ไปจนจบการทดลอง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ในการทดลองรดน้ำครั้งละ 100 มิลลิลิตร โดยทำการรดน้ำให้กับพืชทุกวันในเวลา 16.00 น นับตั้งแต่วันแรกที่เริ่มปลูก จากนั้นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงจดบันทึกและวัดผลการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

3.2.3 วิธีการวัดผล การเจริญเติบโตของพืช

1. วัดระยะเวลาการงอกของเมล็ดพืช โดยวัดจากระยะที่ใบแรกงอกออกจากเมล็ดพืช

2. วัดความยาวของราก โดยแกะภาชนะที่ใช้ปลูก จากนั้นใช้น้ำชะล้างดินออก แล้วนำต้นพืชมาวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงโคนต้น

3. วัดความสูงของลำต้น โดยการวัดตั้งแต่โคนต้นถึงส่วนปลายของลำต้น

4. วัดจำนวนก้าน โดยการนับจำนวนก้านที่งอกของต้นพืช

5. วัดจำนวนใบ โดยการนับจำนวนใบของต้นพืช

สำหรับผลที่วัดได้และบันทึกที่เกี่ยวข้องจะบันทึกผลในตารางบันทึกผลการทดลองต่อไป

I65073U
ว5.
ก771ผ
2553

ตารางบันทึก **ชื่อพืช**.....**ชุดที่**.....

วัน/เดือน/ปี	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบเลี้ยง					ใบ					ดอก					ปริมาณน้ำที่ใช้รดพืช	หมายเหตุ
			จน	1	2	3		จน	1	2	3		จน	1	2	3		จน	1	2	3	4	จน	1	2	3			

3.3 แผนการดำเนินการทดลอง

กิจกรรม	เดือนที่ 1	2	3	4	5	6	หมายเหตุ
1. ค้นคว้าหาข้อมูล	↔						
2. รวบรวมข้อมูลที่ได้	↔						
3. จัดหาอุปกรณ์และเมล็ดพืช	↔						
4. เตรียมถุงดำและดินสำหรับปลูกพืช	↔	→					
5. เตรียมเมล็ดพืชที่ใช้ในการทดลอง	↔	→					
6. เตรียมสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง	↔	→					
7. ปลูกพืชในถุงดำที่ดินไม่ได้ผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ ไว้ รดน้ำที่ผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันกับพืชทุกวัน	↔	→	→				
8. ปลูกพืชลงในถุงดำที่ผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ไว้ในดินในปริมาณที่เท่ากันทุกถุง รดน้ำที่ผสมสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันให้กับพืชทุกวัน							
9. สังเกตการเจริญเติบโตของพืช และทำการบันทึกผลทุกวัน				↔	→	→	
10. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง				↔	→	→	
11. สามารถทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-7 ได้หากเกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง				↔	→	→	
12. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงาน				↔	→	→	

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

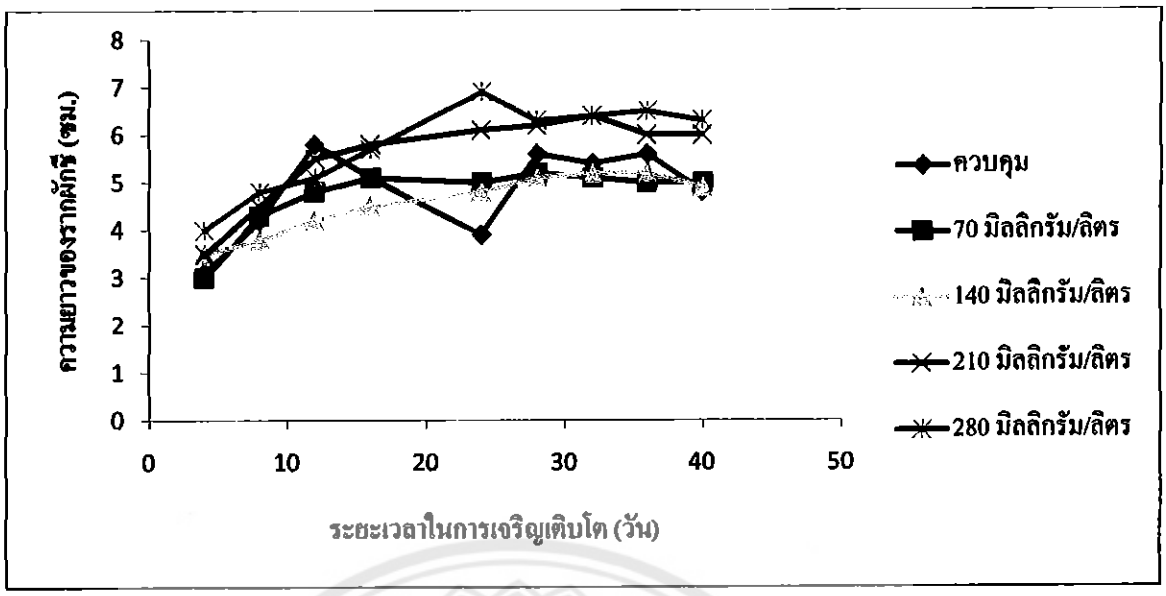
การทดลองในครั้งนี้ทำการศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของไททาเนียมไดออกไซด์ โดยทำการทดลองปลูกผักชี จำนวน 9 ชุดการทดลอง เพื่อศึกษาว่ารูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร ซึ่งมีรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 2 รูปแบบ คือ 1.รูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ แบบครั้งเดียว ในปริมาณที่ต่างกัน 2. รูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง ในปริมาณที่เท่ากัน ในเวลาเดียวกัน เก็บตัวอย่างพืชและทำการวัดความยาวของส่วนต่างๆของพืชทุกๆ 4 วัน จดบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกครั้ง นำผลที่ได้จากทดลองมาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบของกราฟ เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ผล โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อผักชี ในรูปแบบการได้รับครั้งเดียว

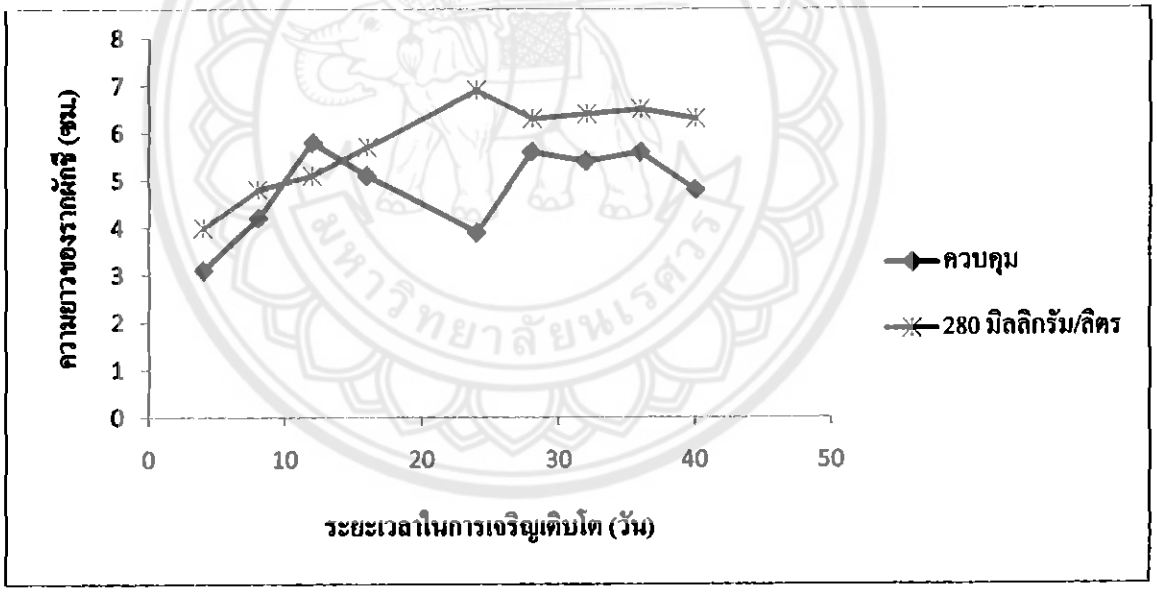
4.1.1 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อรากผักชี

การทดลองนี้ เป็นการวัดผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อรากผักชี โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

จากรูปที่ 4.1 อธิบายได้ว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 รากผักชีมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตามลำดับ สำหรับการเจริญเติบโตในช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 40 และจากเส้นกราฟทั้ง 5 เส้นมีความแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อพิจารณา รูปที่ 4.2 จะเห็นว่าระหว่างรากผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุมของรากผักชีที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ มีค่าที่ต่างกันเล็กน้อย และจากกราฟของชุดควบคุมที่มีค่าลดลงผิดปกติ ในวันที่ 24 อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดผล แต่จากเส้นกราฟทั้งสองเส้นตั้งแต่เริ่มวัดผล จนถึงวันที่ 40 นั้น จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มของการเจริญเติบโตที่เหมือนกันระหว่างชุดที่ได้รับสารไททาเนียมและไม่ได้รับสารไททาเนียม ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.1 ดังนั้นสรุปได้ว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ แบบครั้งเดียวของผักชีนั้น ส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการเจริญเติบโตของรากผักชี



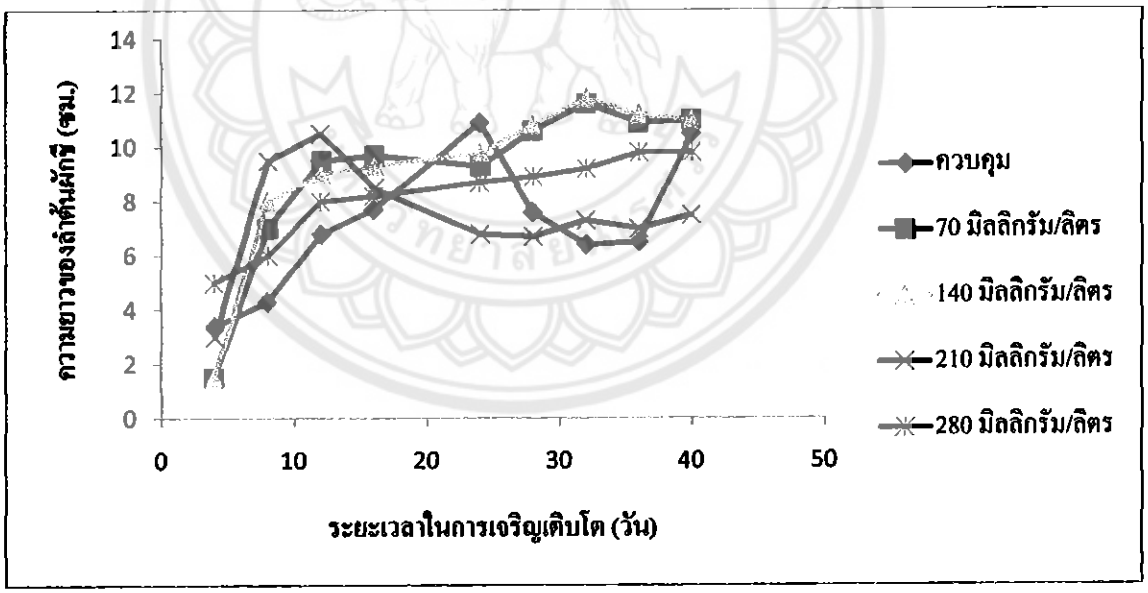
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต รูปแบบได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว



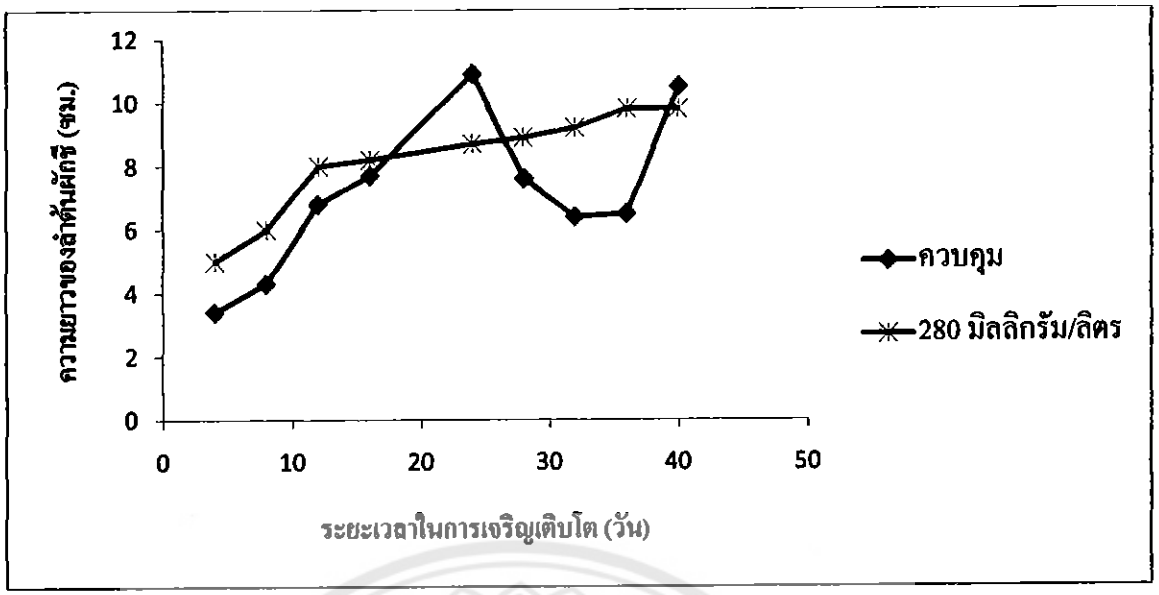
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียวและชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

4.1.2 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อลำต้นผักชี

จากรูปที่ 4.3 จากกราฟเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของลำต้นผักชีนั้นเห็นได้ว่าลำต้นผักชีเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในสัปดาห์ที่ 1 และหลังสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไปอัตราการเจริญเติบโตมีค่าคงที่ และเห็นได้ว่าในช่วงท้ายนั้น ชุดที่ได้รับสารไททาเนียม 210 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุม มีการเจริญที่ลดลงซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่รากผักชีนั้นเกิดการเน่าและลามขึ้นมาที่บริเวณลำต้นในช่วงสัปดาห์ที่ 6 ทำให้ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ และจากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ในช่วงวันที่4-20 มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน แต่ว่าในช่วงวันที่ 24 – 36 เห็นได้ว่ามีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน คือชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตที่ลดลง แต่ในช่วงวันที่ 40 มีการเจริญเติบโตที่ใกล้กันมาก อย่างไรก็ดีจากกราฟรูปที่ 4.3 และ 4.4 สรุปได้ว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ ส่งผลกระทบในเชิงบวกเล็กน้อยต่อการเจริญเติบโตของลำต้นผักชี



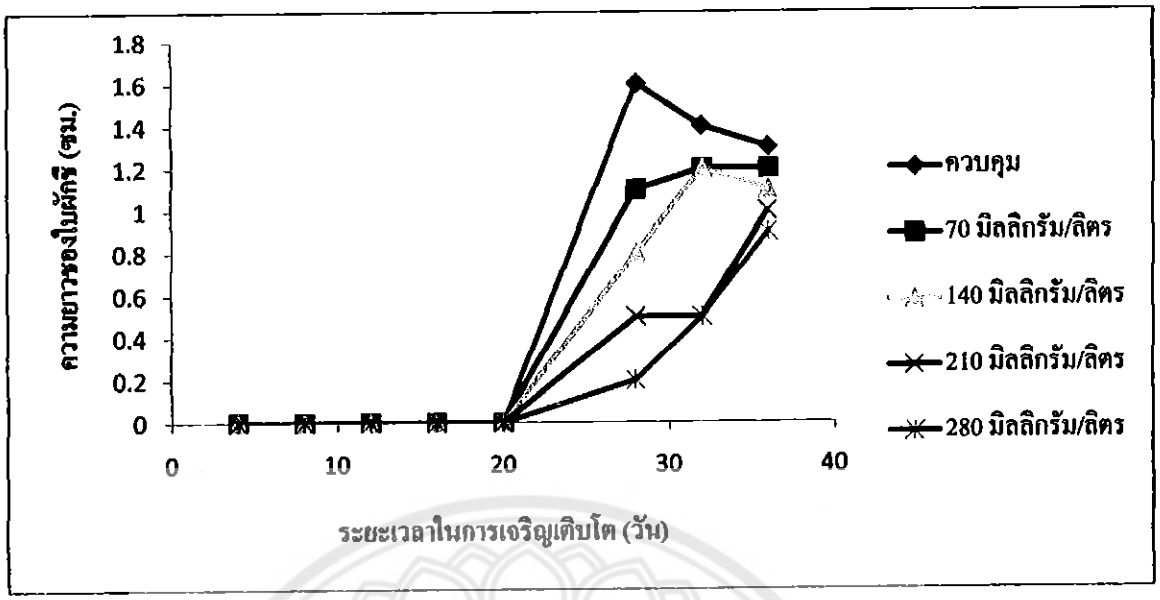
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ใน รูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว



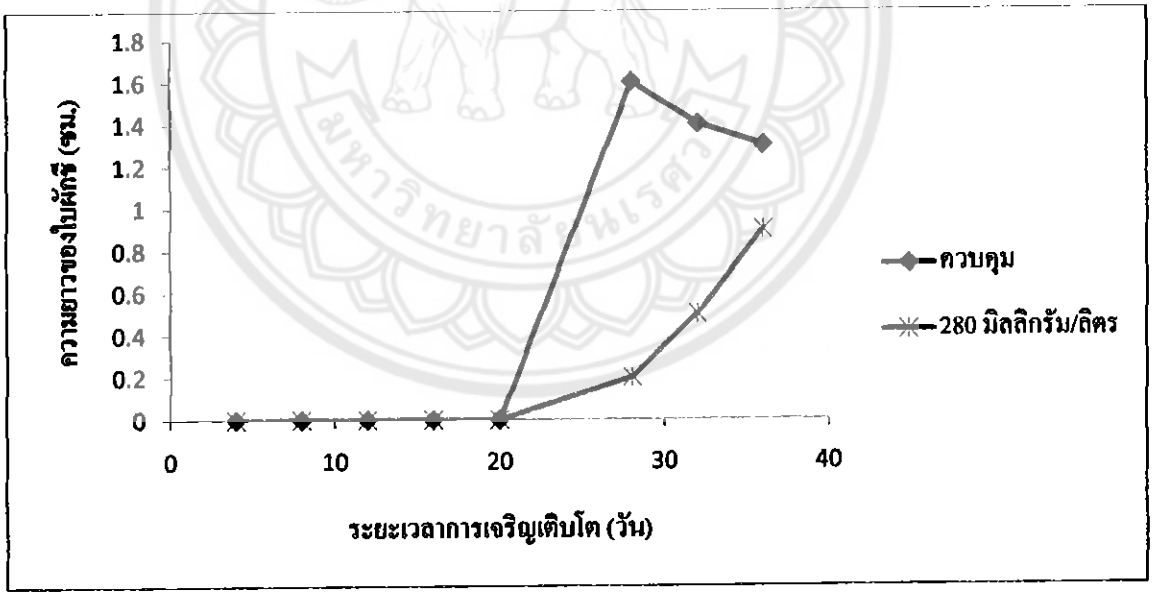
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

4.1.3 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อใบผักชี

จากรูปที่ 4.5 สามารถอธิบายได้ว่า วันที่ 1-20 ไม่มีการเจริญเติบโตของใบผักชี แต่หลังจากวันที่ 20-40 พบว่ามีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและดีกว่าชุดการทดลองที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ ตามสัดส่วนปริมาณการได้รับสารตามลำดับ และจากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าในช่วงวันที่ 24-40 การเจริญเติบโตของใบผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ มีลักษณะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.3 ด้วย ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเจริญเติบโตของใบผักชี



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ครั้งเดียว



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของชุดที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

4.2 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อผักชี ในรูปแบบการได้รับต่อเนื่อง

4.2.1 ผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อลำต้นผักชี

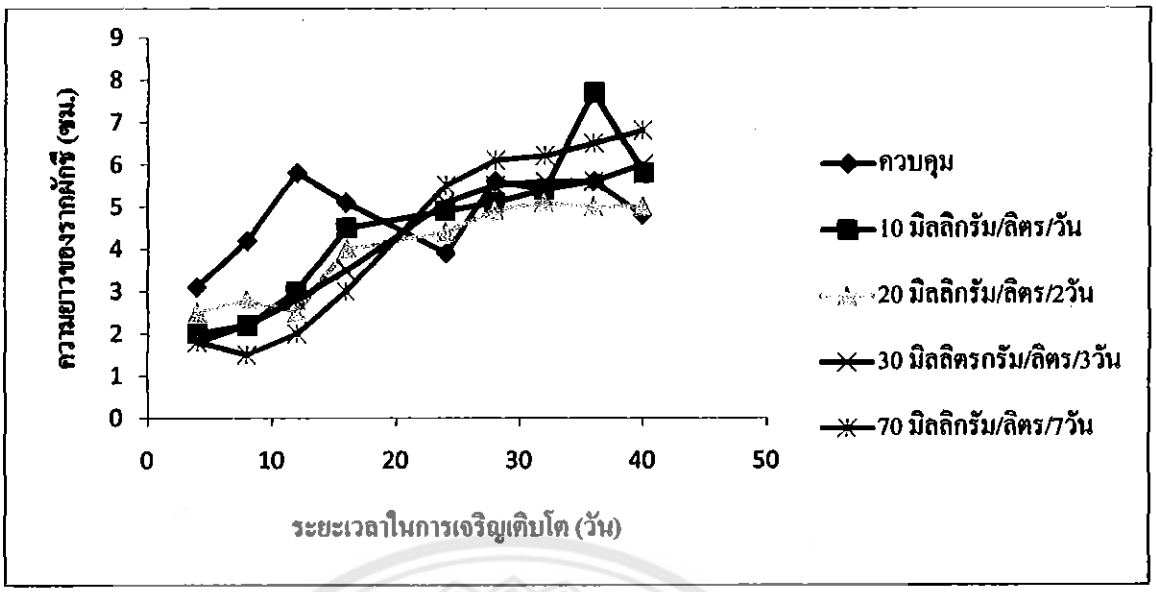
การทดลองนี้เป็นการวัดผลกระทบของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อรากผักชี คือ มีรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันคือชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบสะสมทีละน้อยหรือแบบต่อเนื่อง และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวในปริมาณที่ต่างกัน จากการทดลองจะเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของผักชี (วัน)	รูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์			
	10 มก./ล ทุกวัน (มก.)	20 มก. ทุก 2 วัน (มก.)	30 มก. ทุก 3 วัน (มก.)	70 มก. ทุก 7 วัน (มก.)
0	0	0	0	0
4	40	40	30	0
8	80	80	60	70
12	120	120	120	70
16	160	160	150	140
20	200	200	180	140
24	240	240	240	210
28	280	280	270	280
32	320	320	300	280
36	360	360	360	350
40	400	400	390	350

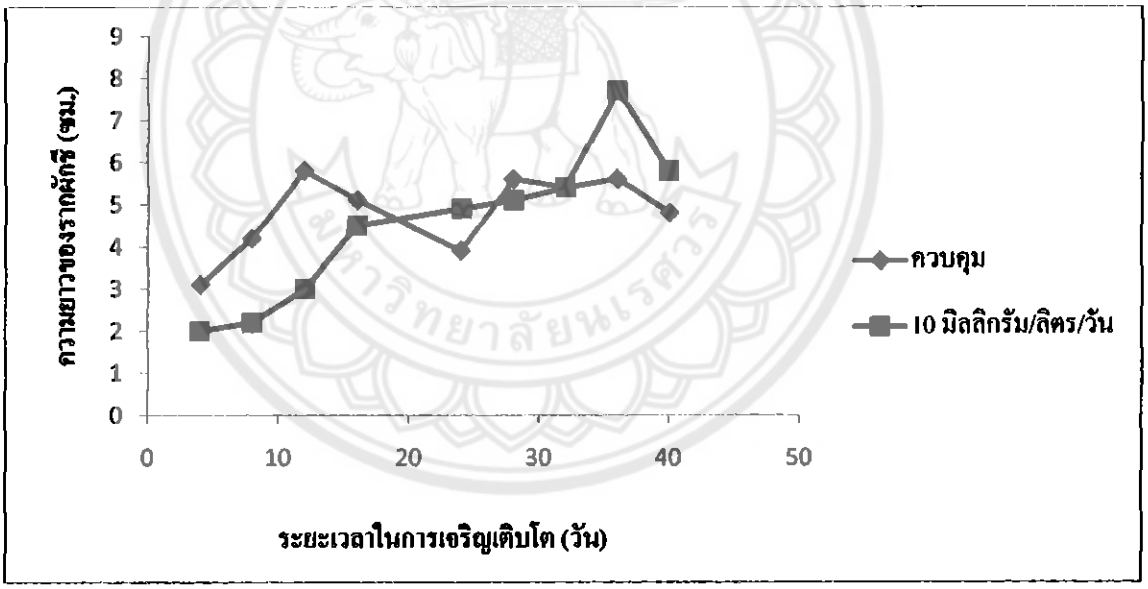
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผักชีได้รับต่อระยะเวลาการเจริญเติบโต

จากรูปที่ 4.7 และเทียบปริมาณการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์จากตารางที่ 4.1 พบว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องในปริมาณที่ต่างกันจากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากชุดข้อมูลนั้น ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการได้รับปริมาณของสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันแบบต่อเนื่อง ไม่ส่งผลกระทบที่แตกต่างต่อรากของผักชี และ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม พบว่า การได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง ส่งผลกระทบในเชิงลบเล็กน้อยในช่วง

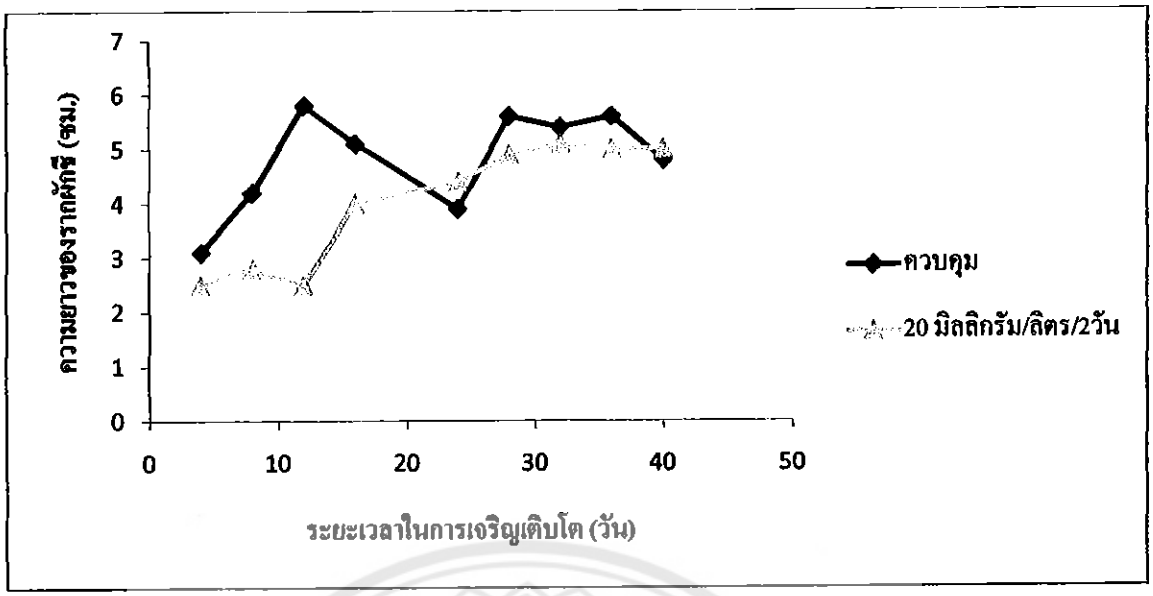
สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต จากรูปที่ 4.8 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับต่อเนื่องทุกวัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แต่เมื่อดูจากชุดข้อมูลโดยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จากรูปที่ 4.9 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 2 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ พบว่าในช่วง สัปดาห์ที่ 2 ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2 วัน แต่เมื่อดูจากชุดข้อมูลโดยรวมพบว่าการเจริญเติบโตนั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จากรูปที่ 4.10 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 3 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่าในช่วง สัปดาห์ที่ 2 โดยเฉพาะวันที่14 ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3วัน แต่เมื่อดูจากชุดข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นผักชีทั้งหมดจะเห็นว่าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จากรูปที่ 4.11 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 7 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่าในช่วง สัปดาห์ที่ 1-2 ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 7วัน แต่เมื่อดูจากชุดข้อมูลการเจริญทั้งหมดจะเห็นว่าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจากชุดข้อมูลแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อรากผักชี แต่เมื่อเทียบกับชุดควบคุมจะเห็นว่าชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องเพียงเล็กน้อย



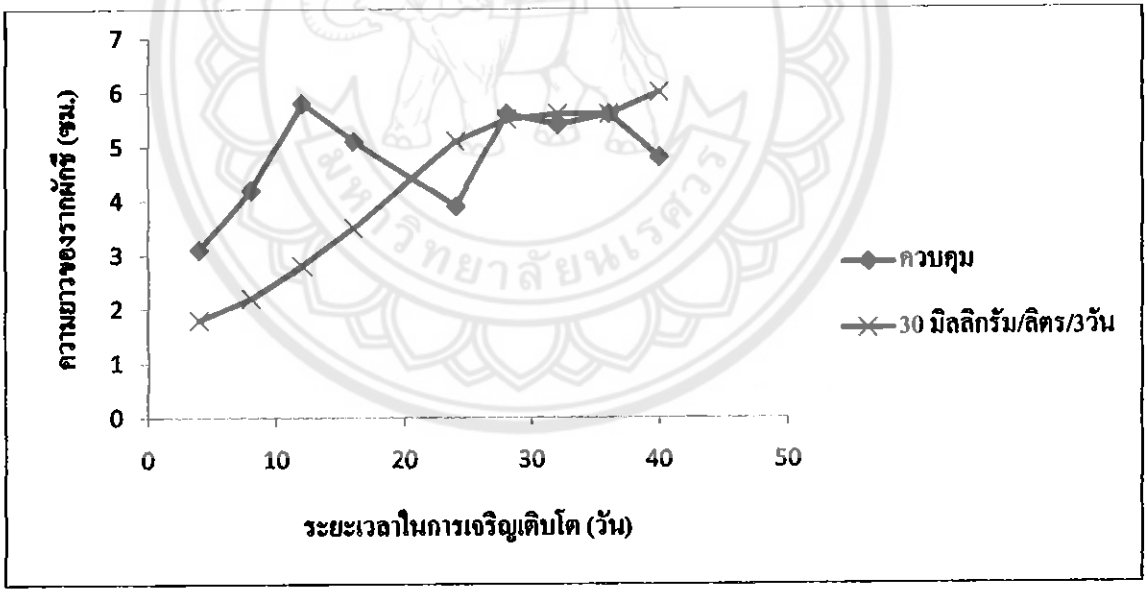
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเนื่อง



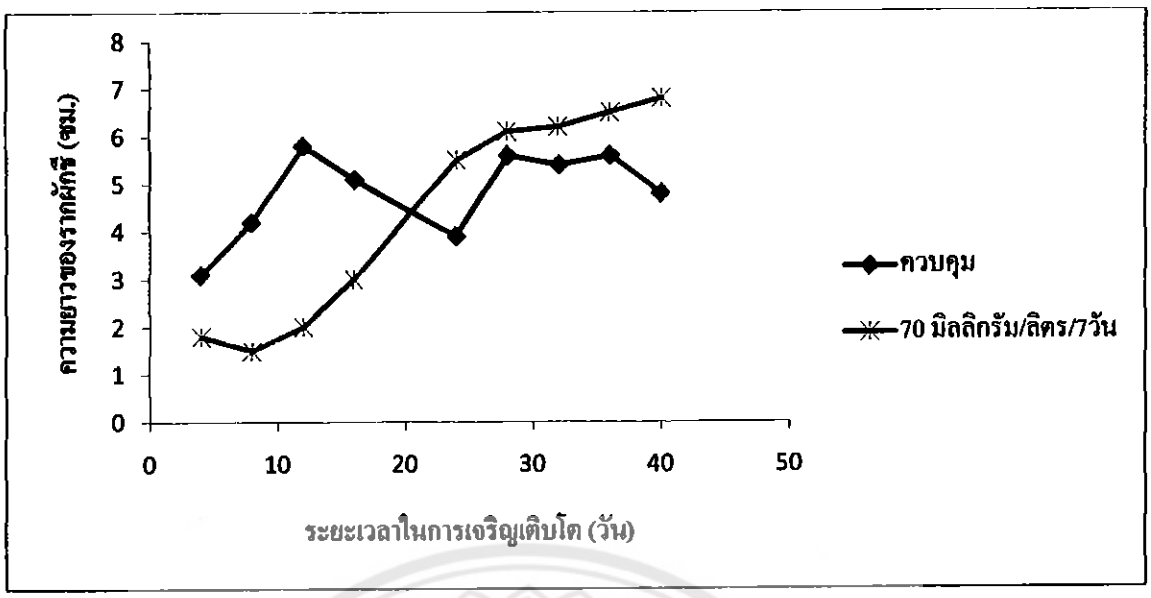
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2 วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3วัน แบบต่อเนื่องและชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

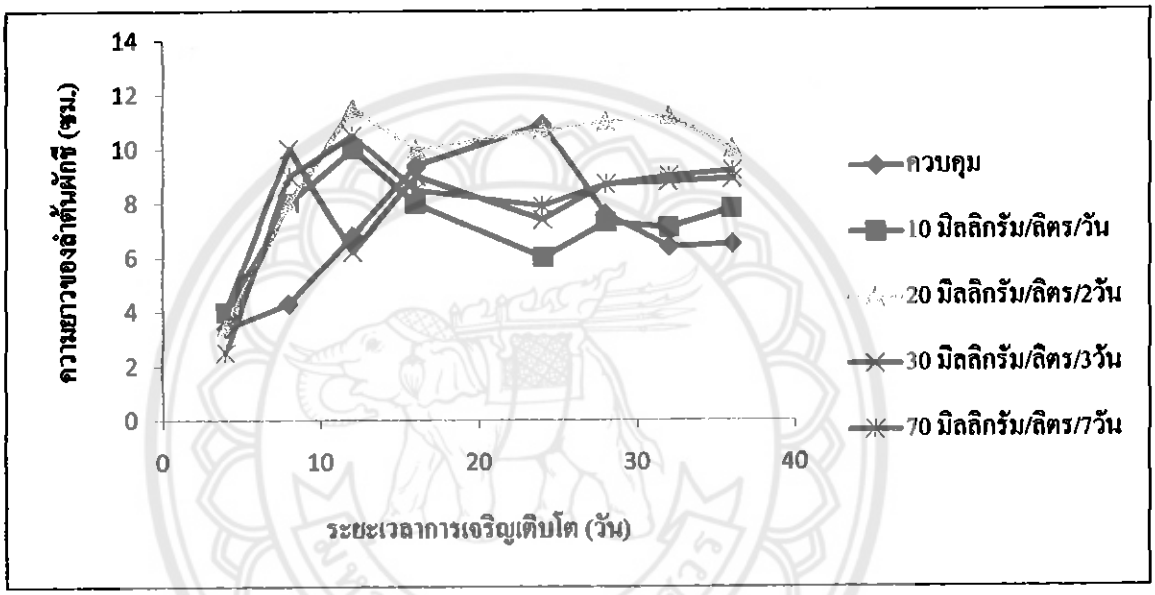


รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก7วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

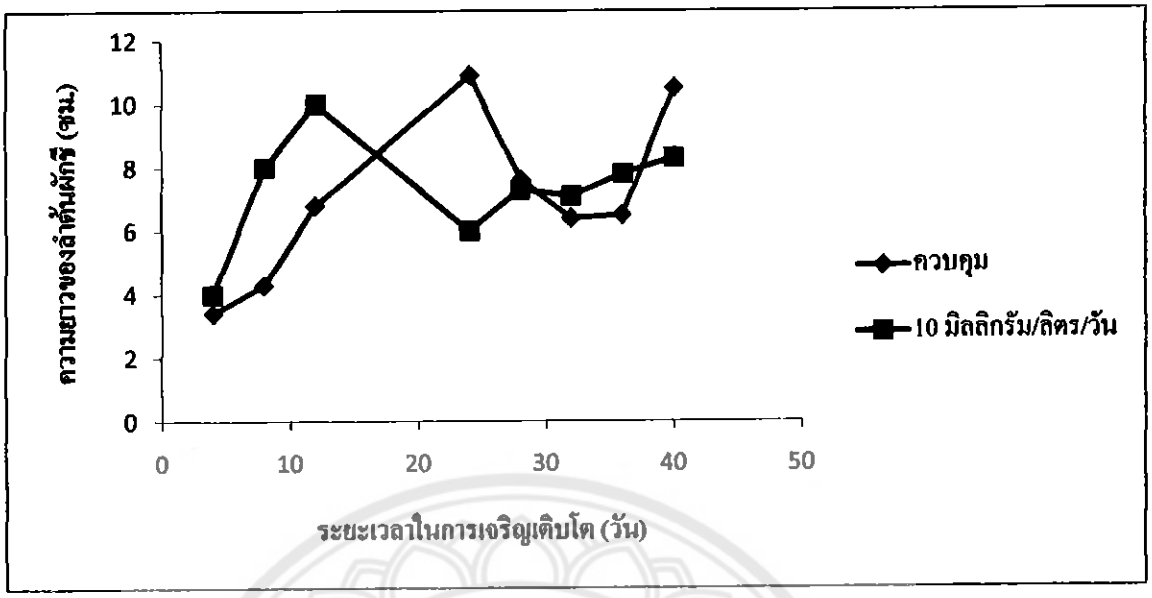
4.2.2 ผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องที่มีต่อลำต้นผักชี

จากรูปที่ 4.12 และเทียบปริมาณการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์จากตารางที่ 4.1พบว่าปริมาณของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใส่ในผักชีนั้น เมื่อพิจารณาส่วนของลำต้นผักชีในช่วงสัปดาห์แรกมีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากสัปดาห์แรกเป็นต้นไปลักษณะการเจริญเติบโตเริ่มมีค่าคงที่ แสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารไททาเนียมไดออกไซด์ในรูปแบบที่แตกต่างกันที่ผักชีได้รับในแต่ละชุดไม่มีผลกระทบต่อลำต้นของผักชี เมื่อเทียบกับชุดควบคุมพบว่าการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน จากรูปที่ 4.13 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุกวัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่าผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของลำต้นนั้นไม่มีความแตกต่างกัน จากรูปที่ 4.14 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 2 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่าผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของลำต้นนั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จากรูที่ 4.15 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 3 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันและในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุมเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการ

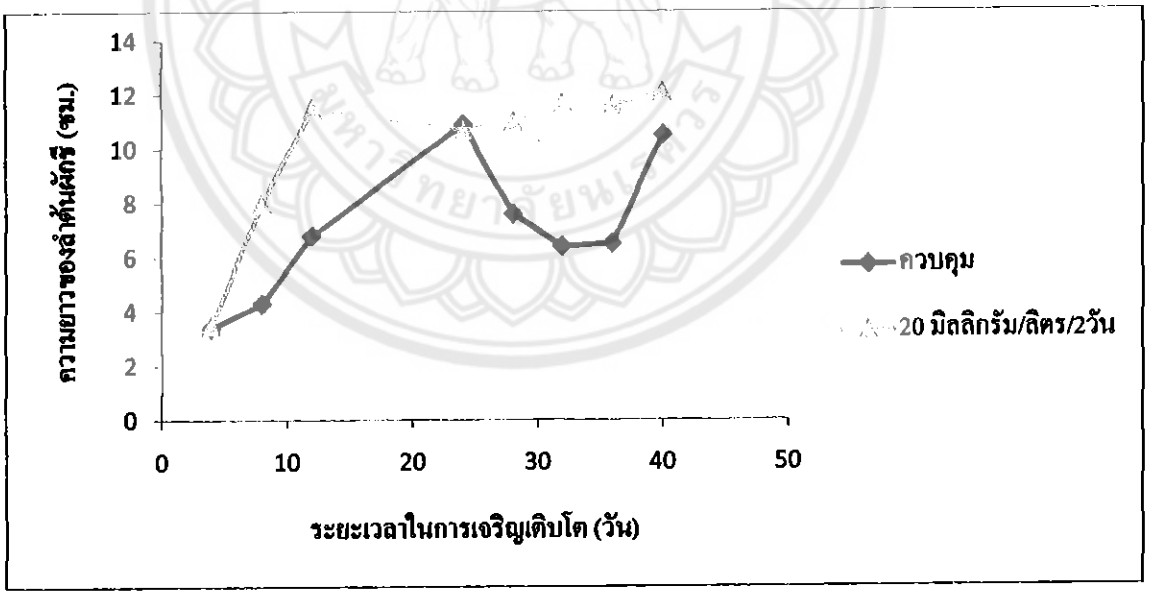
ทดลอง จากรูปที่ 4.16 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 7วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อลำต้นของผักชี และเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจะเห็นว่าชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกับชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง



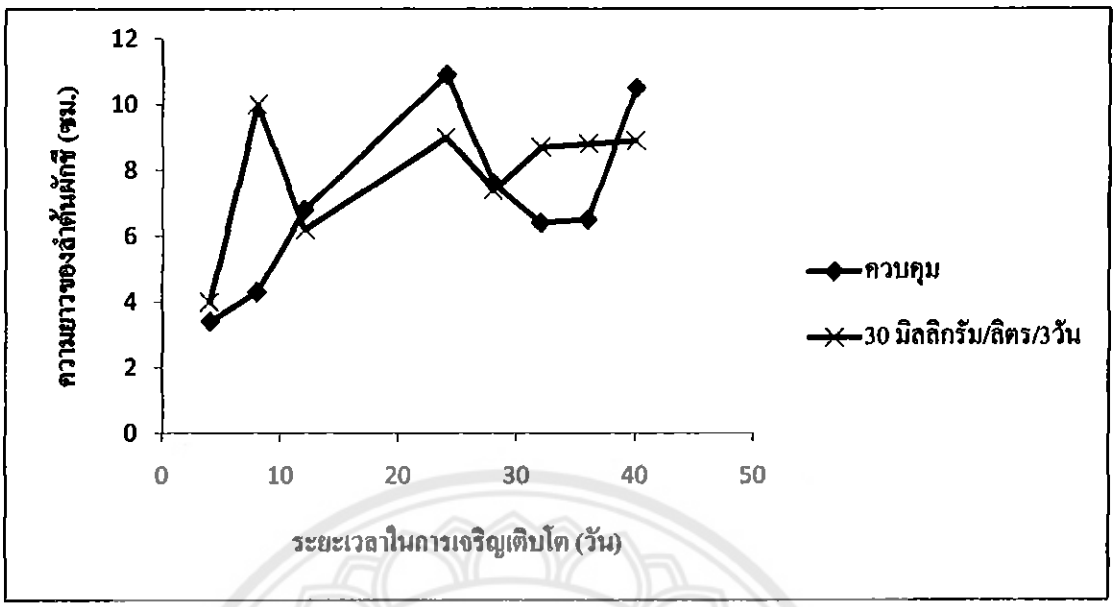
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเนื่อง



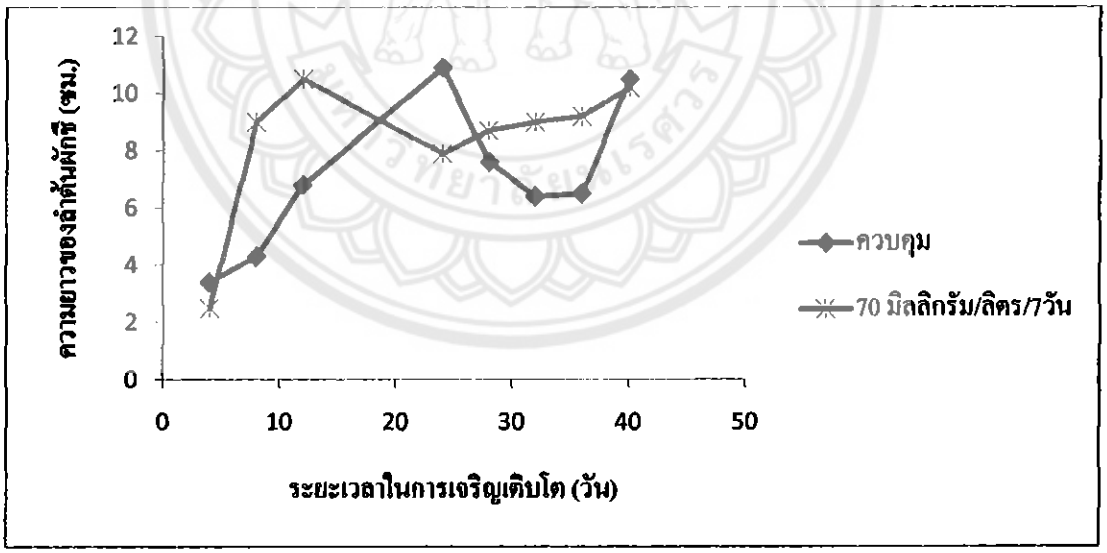
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

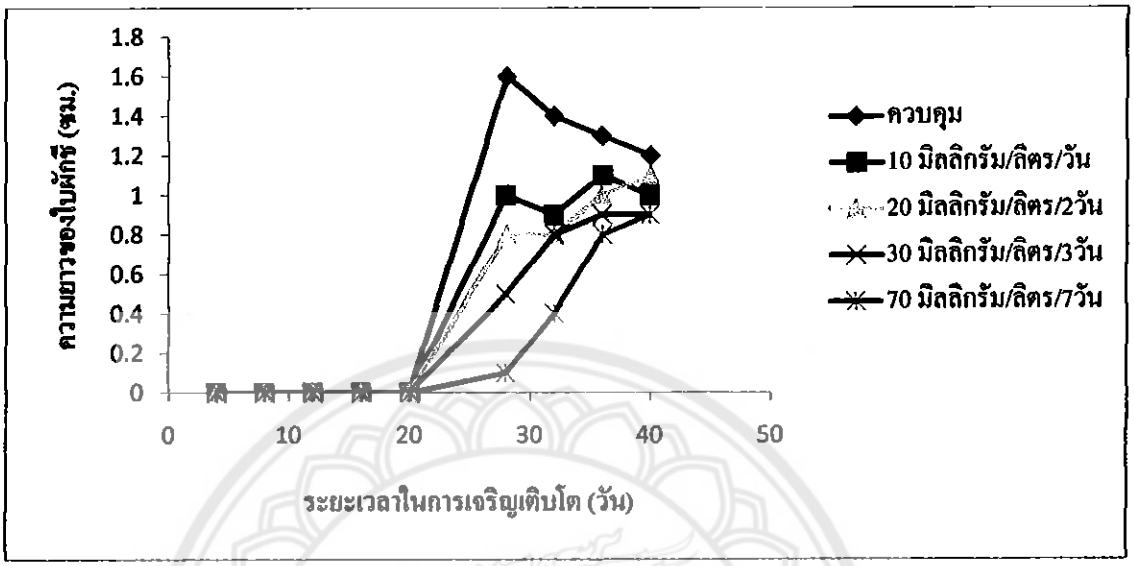


รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 7วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

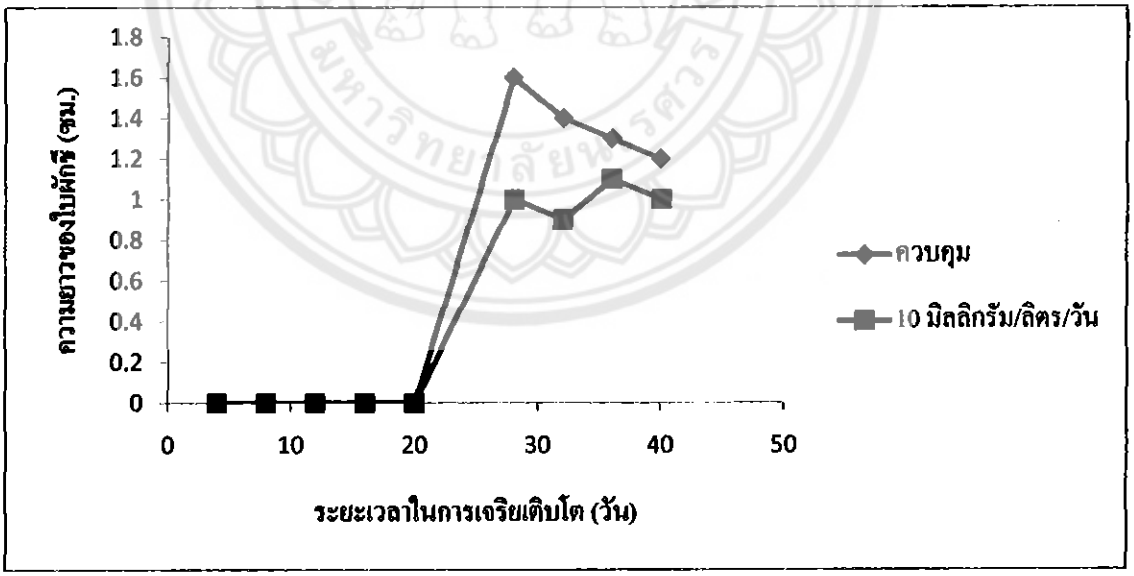
4.2.3 ผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องที่มีต่อใบผักชี

จากรูปที่ 4.17และตารางที่ 1 สามารถอธิบายได้ว่าการเจริญเติบโตของใบผักชีในรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องในสัปดาห์แรก มีลักษณะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์กันเองชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ คือ ในสัปดาห์ที่ 1-3 นั้นไม่มีการเจริญเติบโตแสดงให้เห็นทุกชุดการทดลอง แต่ความแตกต่างที่เกิดคือหลังจากสัปดาห์ที่ 3 จะมีการเจริญเติบโตของใบเกิดขึ้น และมีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ไป เริ่มพบว่ามีการเหี่ยวและเหลืองของใบผักชี ในชุดทดลองที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ โดยชุดที่มีได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ ในปริมาณ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3วัน มีอัตราการตายมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2 วัน และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 1 วัน ตามลำดับ จากรูปที่ 4.18 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุกวัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย คือ จะสังเกตได้ว่าชุดการทดลองที่มีสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ จากรูปที่ 4.19 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 2วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์จะเห็นได้ว่าช่วงของวันที่ 28 จะเห็นว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตมากกว่า จากรูปที่ 4.20 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 3วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่าทั้งสองชุดมีความแตกต่างกัน คือจากชุดที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 จากรูปที่ 4.21 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ได้รับทุก 7 วัน และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่าทั้งสองชุดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 ที่มีการเจริญเติบโตมากกว่าอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องในปริมาณที่ต่างกันส่งผลต่อการ

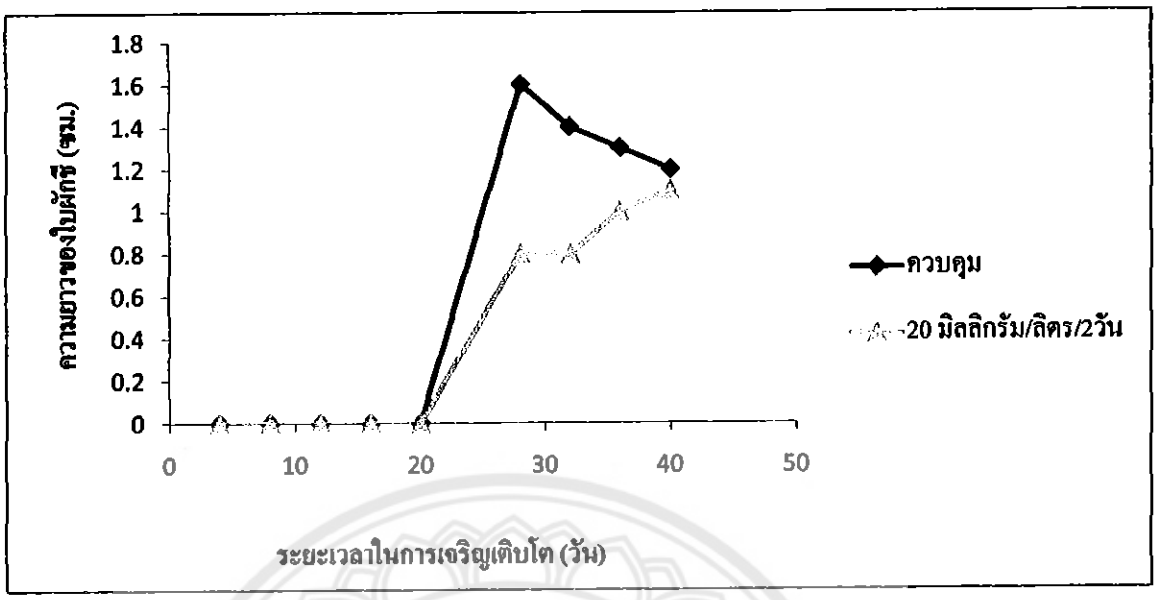
เจริญเติบโตต่อใบของผักชีและเมื่อเทียบกับชุดควบคุมสรุปได้ว่า ชุดควบคุมส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในส่วนของรากมากกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



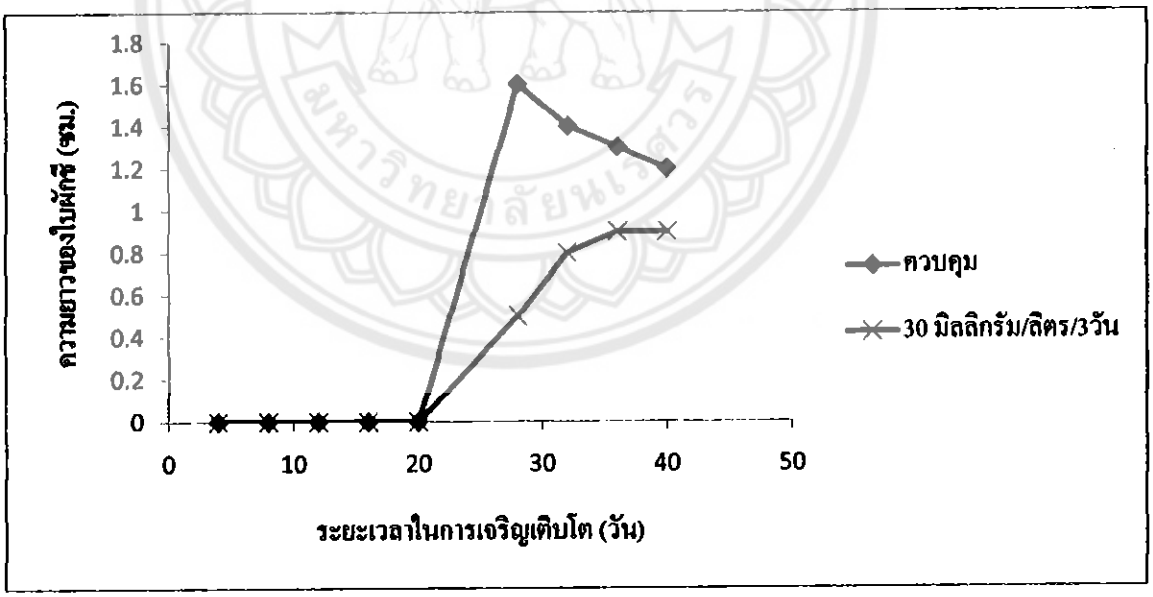
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบที่ได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง



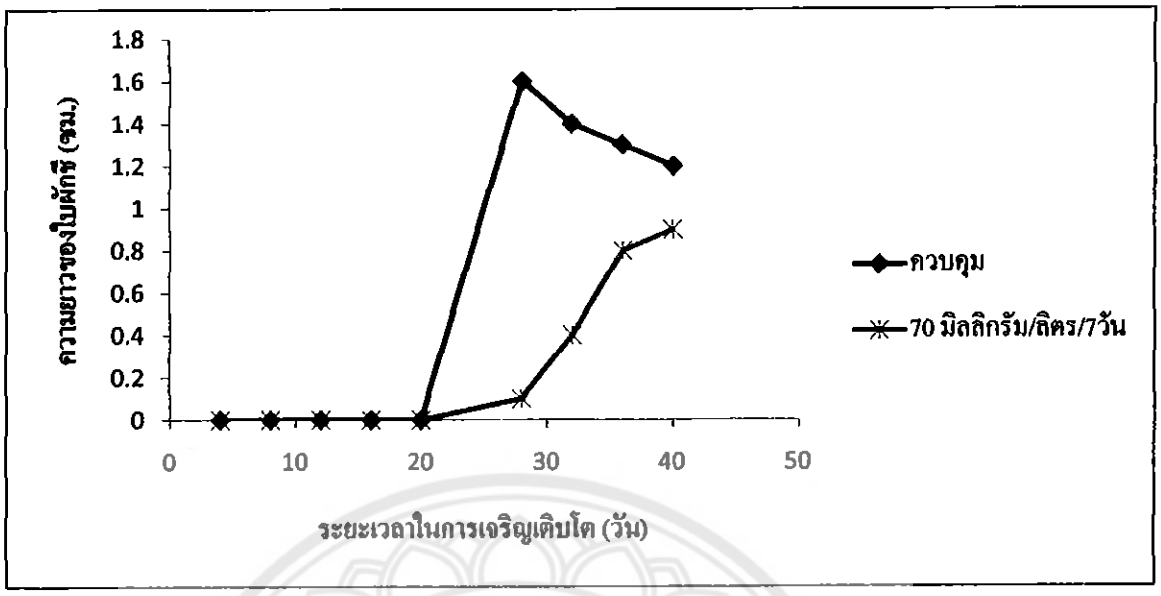
รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่องและชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโตในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 3วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์



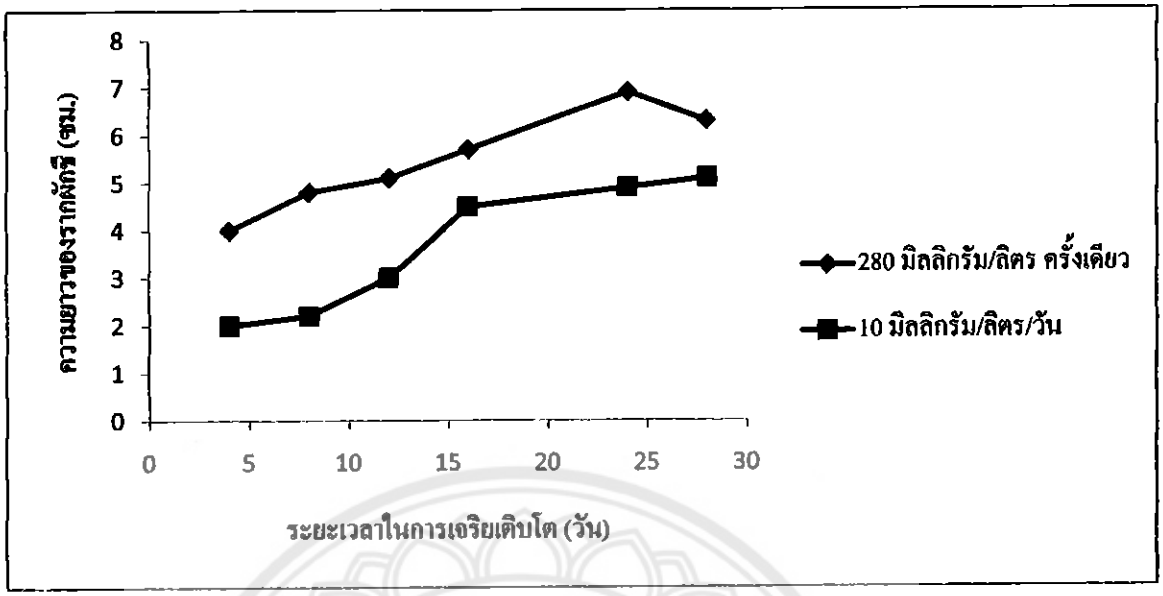
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับ**ระยะเวลาในการเจริญเติบโต**ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 70 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 7**วัน แบบต่อเนื่อง และชุดควบคุม**ที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

4.3 การเปรียบเทียบผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักชีในรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง

ในการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักชีในรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง โดยเลือกชุดข้อมูลที่มีปริมาณการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวเทียบกับชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง ที่มีปริมาณสารเท่ากัน แต่จะเป็นรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่ต่างกัน ซึ่งได้ผลดังนี้

4.3.1 ผลกระทบของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของราก

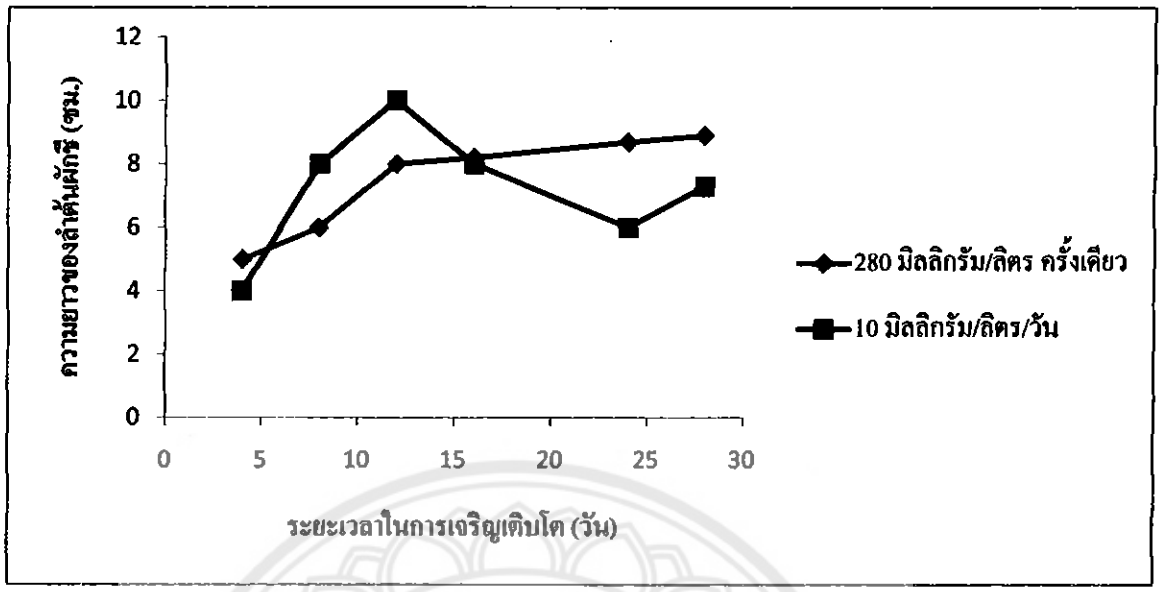
รูปที่4.22 อธิบายได้ว่าตั้งแต่วันที่ 4-28 ชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตรทุกวัน แบบต่อเนื่อง นั้นมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตของรากอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว การเจริญเติบโต มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตของรากอย่างต่อเนื่องเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองชุดนี้จะเห็นได้ว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว ส่งผลที่ทำให้การเจริญเติบโตของรากดีกว่า ชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่อง ดังนั้นจากข้อมูลอธิบายได้ว่า รูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวจะส่งผลทำให้มีการเจริญเติบโตของรากผักชีดีกว่ารูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากผักชี กับ**ระยะเวลาในการเจริญเติบโต**ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบ**ครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสาร**ไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่องที่เท่า**กัน ในรูปแบบที่**แตกต่างกัน

4.3.2 ผลกระทบของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของลำต้น

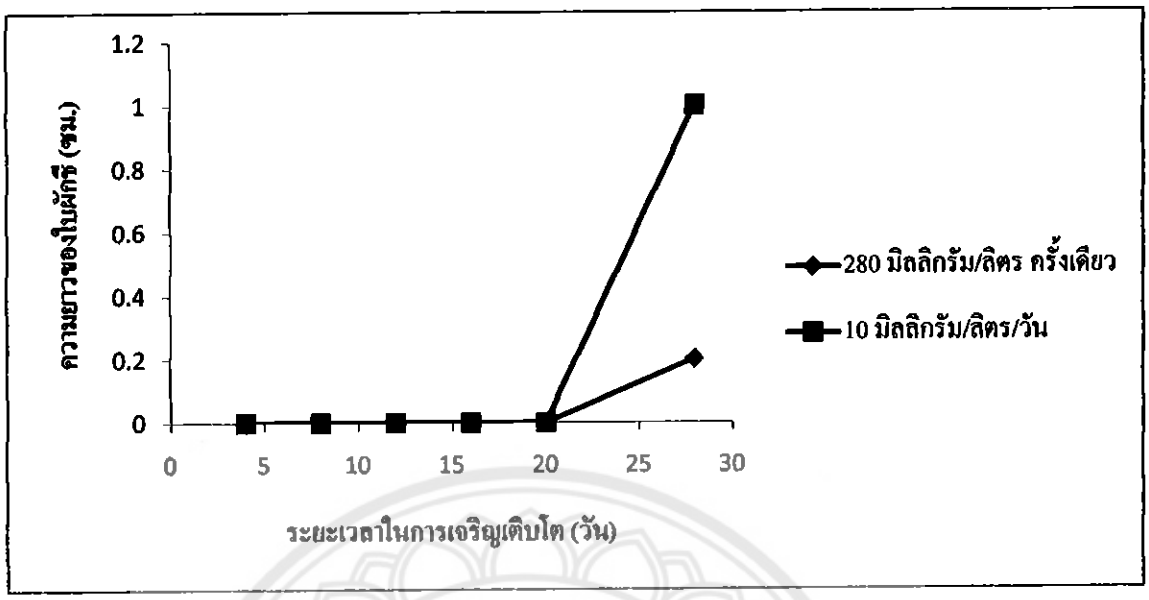
จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร/ทุกวัน แบบต่อเนื่องในช่วงวันที่ 4-12 มีการเจริญเติบโตของลำต้นดีกว่าชุดที่ได้รับสาร**ไททาเนียม**ไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว เมื่อเวลาผ่านมาถึงวันที่16 เป็น**ต้นไปพบว่าชุดที่**ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่อง มีอัตรา**การเจริญเติบโต**น้อยลงกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว แต่อย่างไรก็ดี ในวันที่ 28 ก็มีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น ดังนั้นอธิบายได้ว่า รูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง จะส่งผลที่ดีกว่าต่อการเจริญเติบโตของลำต้นใน 2 สัปดาห์แรก แต่จะส่งผลทำให้มีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียวในช่วงสัปดาห์ที่ 3



รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำต้นผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร ครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน ที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

4.3.3 ผลกระทบของรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและแบบต่อเนื่องต่อการเจริญเติบโตของใบ

จากรูปที่ 4.24 อธิบายได้ว่าในช่วง 1-20 วัน ทั้งสองชุดการทดลองไม่มีผลต่อการเจริญในส่วนของใบเหมือนกัน หลังจากวันที่ 20-28 พบว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตรทุกวัน แบบต่อเนื่องมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่วนชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียวมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่มีอัตราการเจริญเติบโตที่น้อยกว่ารูปแบบการได้รับสารแบบต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลจากกราฟก็เป็นข้อมูลที่ยังไม่เพียงพอที่จะสามารถอธิบายได้ว่า รูปแบบของการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ทั้ง 2 รูปแบบ รูปแบบใดจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของใบผักชีที่มากหรือน้อยกว่ากัน เพราะจากชุดข้อมูลในกราฟทราบค่าความแตกต่างหนึ่งจุดเท่านั้น



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใบผักชี กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต ในรูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบครั้งเดียว และชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน แบบต่อเนื่องที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักชี โดยมีรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ของผักชีที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือลักษณะที่ 1 การเปรียบเทียบชุดที่มีรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวในปริมาณที่แตกต่างกัน ลักษณะที่ 2 คือการเปรียบเทียบได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง ในปริมาณที่แตกต่างกัน และลักษณะที่ 3 คือการเปรียบเทียบชุดที่มีรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวและรูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง ที่มีปริมาณการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ที่เท่ากันภายในเวลาและวันที่ ที่เท่ากัน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ผลการทดลองได้ผลดังนี้

การได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ แบบได้รับครั้งเดียว

- ราก พบว่ามีการเจริญเติบโตของรากที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับการเจริญเติบโตในช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตคงที่เหมือนกัน จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียวในปริมาณที่แตกต่างกันของผักชีนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อรากของผักชี
- ลำต้น พบว่าในสัปดาห์ที่1 การเจริญเติบโตของลำต้นผักชีนั้นมีเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และไม่แตกต่างกัน หลังสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไปอัตราการเจริญเติบโตมีค่าคงที่ ดังนั้นจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ในรูปแบบครั้งเดียวในปริมาณที่แตกต่างกันนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อลำต้นของผักชี
- ใบ พบว่าในสัปดาห์ที่ 1-2 นั้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงของใบในทุกชุดการทดลอง แต่ในสัปดาห์ที่ 3- 4 พบว่าการเจริญเติบโตของใบผักชีมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือผักชีที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

การได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ แบบได้รับต่อเนื่อง

- **ราก พบว่ามีการเจริญเติบโตของรากไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องในรูปแบบที่แตกต่างกันของผักชี ไม่ส่งผลกระทบต่อรากของผักชี**
- **ลำต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างในช่วงสัปดาห์แรกคือการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากสัปดาห์แรกเป็นต้นไปลักษณะการเจริญเติบโตเริ่มมีค่าคงที่เหมือนกัน ดังนั้นจากข้อมูลแสดงให้ทราบว่าการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์** แบบต่อเนื่องในรูปแบบที่แตกต่างกันของผักชี ไม่ส่งผลกระทบต่อ**ลำต้นของผักชี**
- ใบ พบว่าในสัปดาห์ที่ 1-2 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของใบในทุก**ชุดการทดลอง แต่**ในสัปดาห์ที่3-4 พบว่าผักชีที่ได้รับสารไททาเนียม**ไดออกไซด์** 280 มิลลิกรัม/ลิตร มีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้**รับสารไททาเนียม**ไดออกไซด์ ดังนั้นจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไททา**เนียมไดออกไซด์**ในรูปแบบต่อเนื่องในรูปแบบปริมาณที่แตกต่างกันนั้น ส่งผลก**ระทบต่อใบของ**ผักชี คือ ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์มี**การเจริญเติบโตที่**ดีกว่าชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์

การได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ แบบได้รับต่อเนื่องและแบบได้รับครั้งเดียว

- ราก รูปแบบที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิ**ตร แบบครั้งเดียว** มีการเจริญเติบโตของรากที่ดีกกว่า ชุดที่ได้รับสารไททาเ**นียมไดออกไซด์** 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวัน กับ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2 วัน แบบต่อเนื่อง
- ลำต้น รูปแบบการได้รับไททาเนียมไดออกไซด์ 280 มิลลิกรัม/ลิตร แบบต่อเนื่องและชุดที่ได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทุกวันกับ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทุก 2วัน แบบต่อเนื่อง ที่เท่ากันในรูปแบบที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในลำต้น
- ใบ รูปแบบการได้รับสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบต่อเนื่องสะสมทีละน้อยส่งผลต่อการเจริญเติบโตของใบผักชีมากกว่ารูปแบบการได้รับครั้งเดียวสารไททาเนียมไดออกไซด์แบบครั้งเดียว

บรรณานุกรม

Oberdorster, G., Oberdorster, E. and Oberdorster, J., 2005. Nanotoxicology : An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. Environment Health Perspectives, 113 (7), 823-839.

Dechsakulthorn, F., Hayes, A., Bakand, L. J. & Winder Ch.; In vitro cytotoxicity assessment of selected nanoparticles using human skin fibroblasts. AATEX 14, 397-400 (2007).

รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ โอสถสภา อาจารย์พิเศษ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร. สุพิณ แสงสุข. นักวิจัยสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ และฐานการจัดการความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จาก http://www.chemtrack.org/News Detail.asp?TID=5&ID=3

ดร. สุพิณ แสงสุข. นักวิจัยสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ และฐานการจัดการความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จาก http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=5&ID=1

รศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีบูรณาการ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จาก http://www.gsmthaiforum.com/gsm/index.php?topic=5152.0

รศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีบูรณาการ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จาก http://www.anut.smfnew.com/index.php?topic=613.0

ภาคผนวก

ข้อมูลการเก็บตัวอย่างพืชล้มลุก

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 1 ควบคุม

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		1	3.1	-	-	3.1	1	3.4	-	-	3.4	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		1	4.2	-	-	4.2	1	4.3-	-	-	4.3	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		1	5.8	-	-	5.8	1	6.8	-	-	6.8	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		1	5.1	-	-	5.1	1	7.7	-	-	7.7	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	4.8	10.7	5.9	10.0	3	9.1	7.5	11.5	9.4	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	5.7	3.3	3.5	3.9	3	10.6	10.2	12.0	10.9	1	0.5	-	-	0.5	20	
28	16.00		3	5.3	4.3	5.4	5.6	3	5.9	7.8	7.3	7.6	3	1.8	1.3	1.6	1.6	20	
32	16.00		3	5.9	5.1	5.8	5.4	3	6.8	7.2	5.3	6.4	3	1.5	1.4	1.2	1.5	20	
36	16.00		3	4.8	5.6	5.2	5.6	3	7.1	5.3	7.0	6.5	3	1.1	1.2	1.5	1.6	20	
40	16.00		3	5.0	4.3	5.3	4.8	3	10.5	10.5	10.5	10.5	3	1.1	1.4	0.9	1.4	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 2 70 mg/l /ครั้งเดียว

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	2.9	2.7	3.4	3	3	1.9	1.3	1.3	1.5	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	3.5	3	5.5	4	3	7.8	6.7	6.5	7	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	4.4	4.5	4.2	4.3	3	10.5	8.8	9.3	9.5	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	4.8	4.8	4.8	4.8	3	10.4	9.4	9.3	9.7	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	4.5	5.3	5.5	5.1	3	10.9	12	10.7	11.2	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	5.5	5.2	4.5	5	3	9.2	8.9	9.8	9.3	3	1.1	1.5	1.9	1.5	20	
28	16.00		3	5.6	4.6	5.4	5.2	3	11.4	9.5	10.9	10.6	3	1.1	1.2	1	1.1	20	
32	16.00		3	5.3	4.6	5.4	5.1	3	11.2	9.7	10.9	11.6	3	1.1	1.4	1.1	1.2	20	
36	16.00		3	5.5	5.0	5.7	5	3	11.4	9.5	11.8	10.9	3	1.1	1.4	1.1	1.2	20	
40	16.00	ใบเริ่มมีสีเหลือง	3	4	6	5	5	3	11.6	9.8	11.8	11	3	1.1	1.3	1.4	1.3	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 3 140 mg/l/ครั้งเดียว

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	3.2	4.3	3	3.5	3	1.3	1.9	1.3	1.5	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	3	4	4.5	3.8	3	8	7	9	8	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	4	4	4.6	4.2	3	9.8	8.5	8.7	9	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	4	4.5	4.6	4.5	3	9.8	9	9.2	9.3	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	4	4.5	4.6	4.5	3	11	13	12	12	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	4	6	4.4	4.8	3	9.8	9.3	10.3	9.8	3	1	1.5	1.3	1.2	20	
28	16.00		3	4.9	6	4.4	5.1	3	9.8	10.3	10.3	10.8	3	0.7	0.6	1	0.8	20	
32	16.00		3	5.2	6	4.4	5.2	3	10.8	11.4	11	11.8	3	1.3	1	1.5	1.2	20	
36	16.00	ใบเริ่มเหลือง	3	5.2	6	4.4	5.2	3	10.7	12	10.9	11.8	3	1.2	1.2	1	1.1	20	
40	16.00		3	5.1	6	4.5	5.2	3	10.6	11.4	11	11	3	1.2	1.2	1	1.1	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่ 4** 210 mg/l/ครั้งเดียว

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	3.8	3.3	2	3.5	3	2	3.5	3.5	3	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	5	4.5	4	4.5	3	10.5	9.3	8.8	9.5	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	5.2	5.8	5.3	5.5	3	11.4	9.3	10.9	10.5	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	5.6	6	5.8	5.8	3	7.5	8.8	9.3	8.5	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	5.0	6.0	5.3	5.5	3	7	9	8	8	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	7	6.3	5	6.1	3	7	6.6	6.8	6.8	3	0.3	0.2	0.4	0.3	20	
28	16.00		3	7	6.3	5.3	6.2	3	6.5	6.6	6.9	6.7	3	0.7	0.5	0.3	0.5	20	
32	16.00	ใบเริ่มเหลือง	3	6.7	6.1	6.5	6.4	3	7	6.3	8	7.3	3	0.7	0.4	0.4	0.5	20	
36	16.00		3	7	6	5	6	3	7	6.8	7.1	7	3	1	1.2	1.8	1	20	
40	16.00		3	7	6	5	6	3	8	7.5	8.3	7.9	3	1.5	1.2	1.3	1.3	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 5 280 mg/l/ครั้งเดียว

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	3.5	3	5.5	4	3	4.5	4.5	6	5	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	4.5	4.4	5.5	4.8	3	5.5	5.5	7	6	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	4.8	4.9	5.1	5.1	3	7	8	9	8	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	5.8	5.4	5.8	5.7	3	7.7	9	8	8.2	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	5	7.2	7.3	6.5	3	7	8	9	8	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	6	7.2	7.5	6.9	3	8	8.2	10	8.7	3	0	0	0	0	20	
28	16.00		3	5	6.7	6.3	6.3	3	8.4	8.2	10	8.9	3	0.1	0.1	0.3	0.2	20	
32	16.00	ใบเริ่มเหลือง	3	5	7	7.3	6.4	3	9	8.5	10.3	9.2	3	0.5	0.3	0.7	0.5	20	
36	16.00		3	5	6	7	6	3	9.6	10.8	9	9.8	3	0.9	0.8	1	0.9	20	
40	16.00	รากเริ่มมีการเน่า	3	5	6	7	6	3	9.4	10.8	9.2	9.8	3	1.3	1	1.6	1.3	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่ 6** 70 mg/l /สัปดาห์

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ให้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	1.7	2	1.7	1.8	3	2.3	2.5	2.7	2.7	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	1.6	1.5	1.4	1.5	3	8.5	8.7	9.8	9	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	1.8	2	2.2	2	3	10.6	9.5	10.1	10	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	2.7	3.4	2.9	3	3	8.5	8.8	8.2	8.5	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	5.5	5.2	4.5	5.0	3	7.5	8.2	8	7.9	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	5.5	5.4	5.7	5.5	3	8.3	8.7	9.1	8.7	3	2.9	3.4	2.7	3	20	
28	16.00		3	6.4	5.8	6.1	6.1	3	8.3	9.4	9.3	9	3	0.9	0.9	1.2	1	20	
32	16.00		3	6.2	5.9	6.5	6.2	3	8.9	9.4	9.3	9.2	3	0.6	0.3	0.3	0.4	20	
36	16.00		3	6.7	6.2	6.6	6.5	3	9.8	10.2	10.6	10.2	3	0.9	0.6	0.8	0.8	20	
40	16.00	ใบเริ่มเหลืองและเหี่ยว	3	7	6.6	6.8	6.8	3	10.1	10.4	9.8	10.1	3	1.1	0.7	0.9	0.9	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 7 10 mg/l /วัน

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	1.3	2.5	2.3	2	3	5.5	3.5	3	4	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	1.7	2.6	2.3	2.2	3	9	8.9	6	8	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	2	3.5	3.5	2	3	5.5	3.5	3	4	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	4	5	4.5	4.5	3	10	8.9	5	8	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	3	4.5	4.5	4	3	9	8.9	6	8	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	4.2	5.1	5	4.9	3	9	5	4	6	3	0.7	0.8	1.0	0.9	20	
28	16.00		3	5	5.5	5	5.1	3	7	8	6.3	7.3	3	1	1.2	0.8	1	20	
32	16.00		3	5.1	5.8	5.3	5.4	3	6.8	8	6.3	7.1	3	0.7	0.8	1.0	0.9	20	
36	16.00		3	7.9	7.3	7.9	7.7	3	7.6	8.5	7.3	7.8	3	1.2	0.8	1.3	1.1	20	
40	16.00	ใบ เริ่มเหลือง	3	6	5.9	5.5	5.8	3	8.8	7.6	8.3	8.3	3	1.2	0.9	0.9	1	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 8 20 mg/l /2 วัน

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	2.5	2.3	2.7	2.5	3	4.3	3.2	3	3.5	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	2.9	2.8	2.5	2.8	3	6	9	8.9	8	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	2.7	2	2	2.5	3	9.5	10.1	10.6	11.5	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	3	3.5	5.5	4	3	10.5	9.8	9.7	10	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	5.5	3.7	4.5	4.6	3	9.8	8.5	8.7	9	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	4.4	4.6	4.2	4.4	3	10.9	10.5	10.	10.7	3	0.5	0.8	1.4	0.9	20	
28	16.00		3	5	4.9	4.8	4.9	3	10.9	11.5	10.7	11	3	0.9	0.8	0.8	0.7	20	
32	16.00		3	5.3	5.5	4.5	5.1	3	10.9	12	10.7	11	3	0.9	0.8	0.8	0.7	20	
36	16.00		3	5.2	5.5	4.5	5	3	10.1	10.6	9.5	10	3	0.9	0.8	0.8	0.7	20	
40	16.00	ใบเริ่มเหลืองและเหี่ยว	3	5.5	5.2	4.5	5	3	8.5	8.7	8.8	9	3	1.1	1.2	1	1.1	20	

ตารางบันทึก **ชื่อพืช** ผักชี **ชุดที่** 9 30 mg/l /3วัน

วันที่	เวลา	ลักษณะการเจริญเติบโต	ราก					ลำต้น					ใบ					ปริมาณน้ำที่ใช้รด	หมายเหตุ
			จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	จน	1	2	3	cm	ml	
4	16.00		3	1.5	1.9	2.0	1.8	3	3.5	5.5	3	4	3	0	0	0	0	20	
8	16.00		3	2.1	2.3	2.2	2.2	3	9.5	10.6	10.1	10	3	0	0	0	0	20	
12	16.00		3	2.9	2.7	2.8	2.8	3	6.2	6.5	5.9	6.2	3	0	0	0	0	20	
16	16.00		3	3.7	3.5	3.3	3.5	3	8.3	9.3	9.4	9	3	0	0	0	0	20	
20	16.00		3	6.1	5.9	6.6	6.2	3	8.2	8.1	8.3	8.2	3	0	0	0	0	20	
24	16.00		3	5.6	4.8	4.9	5.1	3	7.6	7.1	7.5	7.4	3	0.9	0.9	1.2	1.0	20	
28	16.00		3	5.6	5.2	5.7	5.5	3	8.7	8.5	8.9	8.7	3	0.7	0.4	0.4	0.5	20	
32	16.00	ใบเหลือเหี่ยว	3	5.8	5.4	5.6	5.6	3	9.0	8.8	8.6	8.8	3	0.9	0.5	0.7	0.8	20	
36	16.00	ราก เริ่มเน่า	3	5.6	5.8	5.4	5.6	3	8.7	8.9	9.1	8.9	3	0.9	0.8	1	0.9	20	
40	16.00	เริ่มมีการตาย	3	6	5.8	6.2	6	3	9.3	8.9	9.1	9.1	3	0.7	0.9	1.1	0.9	20	

ดินที่ใช้ในการทดลอง

- ดินมักจุลินทรีย์ EM ตรา น้อยท่าทอง เกษตรชีวภาพ
- ส่วนผสม – ดินร่วน,โบกาฉิ,มูลสัตว์,รำละเอียด,เปลือกถั่ว,ขุยไผ่,ขุยมะพร้าว,ใบจามจุรีย์,แกลบดิบ, แกลบดำ,จุรินทรีย์ EM,กากน้ำตาล,น้ำสะอาด
- ผู้ผลิต – เลขที่ 142/9 ซอยประชาอุทิศ 12/1 ถนนประชาอุทิศ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

เมล็ดผักชี

- เมล็ดผักชี ตราลูกโลก มีอัตราการงอก 80 %

เมล็ดผักกาดเขียวกวางตุ้ง

- เมล็ดผักกาดเขียวกวางตุ้ง ตราเรือบิน มีอัตราการงอก 70 - 80 %

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายเล่ง แซ่จ้าง

ภูมิลำเนา 118 หมู่ที่ 8 ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน

จังหวัดกำแพงเพชร 62180

ประวัติการศึกษา

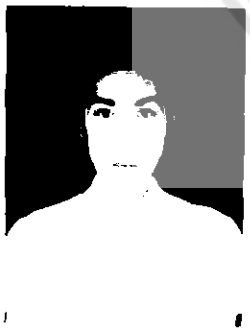
-จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ที่โรงเรียนราชประชานุเคราะห์23

ตำบลเนินเพิ่ม อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

- ปัจจุบันศึกษาที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

E-mail: langsajang@hotmail.com



ชื่อ นางสาวพรสวรรค์ ไชยทน

ภูมิลำเนา 65 หมู่ 3 ต.ศรีดอนชัย อ.เชียงของ จ.เชียงราย 57140

ประวัติการศึกษา

-จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนเชียงของวิทยาคม

-ปัจจุบันศึกษาที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

E-mail: eng_rukjung@hotmail.com