



ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี  
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ผลของอายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บผักไทย ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ที่มี  
ต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท

( The effects of Thai vegetable harvesting age and period to the nitrate accumulation in the DFT  
-Deep flow technique Hydroponics system )

โดย

นางสาววิรอรัง ทรงอารมภ์  
นางสาวอรารณ โตดวง

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

( รศ.ดร. อธิสุนทร นันทกิจ )

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 27 เดือน พ.ค. พ.ศ. 47

ภาควิชารับรองแล้ว

( รศ.ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น )

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 27 เดือน พ.ค. พ.ศ. 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของอายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บผักไทย ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ที่มี  
ต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท  
( The effects of Thai vegetable harvesting age and period to the nitrate accumulation in the DFT  
-Deep flow technique Hydroponics system )

โดย

นางสาววิรงรอง ทรงอารมภ์

นางสาวอรรรรม ไตดวง



T099656

ป.พ.

๖๕๗๙๗

๒๕๔๖

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 99656

วันเดือนปี ๒๕๔๖

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. ๒๕๔๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	I
สารบัญภาคผนวก	II
สารบัญกราฟ	III
สารบัญภาพ	IV
บทคัดย่อ	
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์การทดลอง	15
วิธีการทดลอง	19
ผลการทดลอง	20
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	7
2	ปริมาณของกรด $\text{HNO}_3$ ที่ต้องเติมสารละลาย 1,000 ลิตร ของสารละลายเข้มข้น 100 เท่าเพื่อทำลายฤทธิ์ของ Bicarbonate	8
3	ตัวอย่างของพืชที่สามารถปลูกโดยการปลูกไม่ใช้ดิน	10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
1 ตารางแสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	27
2 ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายที่ใช้ปลูกผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	28
3 ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายที่ใช้ปลูกผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	30
4 ตารางแสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	32
5 ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายที่ใช้ปลูกผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	33
6 ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายที่ใช้ปลูกผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	35
7 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	37
8 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	38
9 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยไนเตรท (โดยมวลสด) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 1	39
10 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	40
11 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	41
12 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยไนเตรท (โดยมวลสด) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด ของผลการทดลองที่ 2	42
13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของผักไทยทั้ง 3 ชนิด	43

## สารบัญกราฟ

กราฟ	หน้า
- กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด crop 1 ทั้งในช่วงเช้าและเย็น	47
- กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมลสด) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด crop 1 ทั้งในช่วงเช้าและเย็น	48
- กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมลแห้ง) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด crop 2 ทั้งในช่วงเช้าและเย็น	49
- กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมลสด) ของผักไทยทั้ง 3 ชนิด crop 2 ทั้งในช่วงเช้าและเย็น	50
- กราฟแสดง EC ในสารละลายทั้งก่อนปรับและหลังปรับของ crop 1 และ crop 2	51
- กราฟแสดง EC ในสารละลายทั้งก่อนปรับและหลังปรับของ crop 1 และ crop 2	52

## สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
- รูปแสดงการปลูกผักไทยทั้ง 3 ชนิดในช่วงระหว่างการเจริญเติบโตของการทดลอง	53
- รูปแสดงการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบระบบ DFT	54
- รูปแสดงตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่า EC และ pH ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	ผลของอายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บผักไทย ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ที่มีต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	The effects of Thai vegetable harvesting age and period to the nitrate accumulation in the DFT Deep flow technique Hydroponics system
โดย	นางสาววิรงรอง ทรงอารมภ์ นางสาวอรวรรณ โตดวง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. อธิธิสุนทร นันทกิจ

การทดลองในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บที่มีผลต่อการสะสมของปริมาณไนเตรทของผักไทย 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน ไคโตเกียวและโชนวุ้น โดยทำการทดลองแบ่งเป็น 3 treatment กลุ่มเก็บตัวอย่างผัก โดยเก็บแยกแต่ละ treatment (ช่วงอายุการเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บ) นำมาชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ยน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้น และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง ต่อมาทำการลดระดับ EC ให้ลดลงโดยการหยุดการให้สารละลายธาตุอาหารเป็นเวลา 3 วันแล้วชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกัน ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผักทั้งสามชนิด

จากผลการทดลองพบว่า ชนิดของผักไทยและอายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท เนื่องจากผักแต่ละชนิดจะมีปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน และเมื่อเราเก็บผลผลิตผักที่อายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันร่วมกับการหยุดสารให้สารละลาย แต่เปลี่ยนเป็นให้น้ำแก่พืชเพียงอย่างเดียวเป็นการลดค่า EC จึงทำให้ปริมาณไนเตรทมีค่าลดลง

## คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร. อธิสุนทร นันทกิจ ภาควิชาปรัชญาพิทยาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียเวลาในการช่วยเหลือให้คำแนะนำ ปรึกษาวิชาความรู้ต่างๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองครั้งนี้ จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดีและขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่างๆ กรุณาให้แนวความคิดให้คำปรึกษาแนะนำอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจและเป็นกำลังใจ ในการทำปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปงและ คุณนารี พันธุ์จินตาวรรณ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการภาควิชาปรัชญาพิทยาศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ และขอขอบพระคุณ คุณสมจิตร มั่งนาค ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาปรัชญาพิทยาศาสตร์และผู้มีส่วนร่วมในการทำปัญหาพิเศษนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษให้ลุล่วงและเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นางสาววิรงรอง ทรงอารมภ์

นางสาวอรรววรรณ ไตดวง

ผลของอายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บผักไทย ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ที่มีต่อ  
การสะสมของปริมาณไนเตรท

( The effects of Thai vegetable harvesting age and period to the nitrate accumulation in the  
DFT –Deep flow technique Hydroponics system )

คำนำ

ในปัจจุบันเกษตรกรได้มีการใช้สารปราบศัตรูพืชในปริมาณที่มาก ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคเข้าไปมีการสะสมอยู่ในร่างกายซึ่งก่อให้เกิดพิษและมีอันตรายถึงชีวิตได้ ดังนั้นการปลูกพืชแบบระบบ Hydroponics จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากระบบ Hydroponics เป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินและไม่มีการใช้สารเคมีจึงมีความปลอดภัยสูงกว่าการปลูกพืชแบบธรรมดา และในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเกี่ยวกับปริมาณไนเตรทที่ยังสูงเกินไปสำหรับมาตรฐานการส่งออกในยุโรป โดยจะทำการทดลองลดปริมาณไนเตรทในพืชโดยการเปลี่ยนจากสารละลายธาตุอาหารพืชไปเป็นน้ำ และตรวจสอบความแตกต่างของปริมาณไนเตรท ในช่วงวันอายุการเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวใช้พืชในการทดลองปลูก 3 ชนิดคือ ใตโตเกียว , โข้วจีน และผักบุ้งจีน และการปลูกพืชแบบ Hydroponics นั้นเป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินและจำเป็นต้องรักษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชมากที่สุด โดยเฉพาะในระดับรากพืช ดังนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์

สำหรับการตรวจวัดและควบคุมค่าต่างๆ เช่น pH, EC ตลอดเวลา ดังนั้นระบบควบคุมอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทั่วไปจะเป็นระบบควบคุมเกี่ยวกับการให้สารละลายธาตุอาหารพืชโดยอัตโนมัติ การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้อาจต้องมีการควบคุมการให้ธาตุอาหารให้เหมาะสมตลอดการปลูก สูตรและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องใช้ให้ถูกและเหมาะสมตามชนิดพืช ช่วงการเจริญเติบโต(ช่วงการเจริญทางลำต้น ใบ หรือช่วงให้ผลผลิต) และตามสภาพภูมิประเทศ ( แสงและอุณหภูมิ) ต้องควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสง ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิของอากาศ และของวัสดุปลูกต้องอยู่ในช่วงเหมาะสม ไม่สูงหรือต่ำเกินไป แต่ปัจจัยเหล่านี้ควบคุมได้ยากและต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วัตถุประสงค์การทดลอง

- 1) ศึกษาคุณสมบัติของอายุการเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บ ที่มีต่อการสะสมไนเตรท ในผักไทย
- 2) ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทในผัก โดยการหยุดการให้สารละลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

การจัดการธาตุอาหารพืชจะต้องมีสิ่งที่จะต้องคอยดูแลและควบคุมดังนี้

1. ค่า EC ของสารละลายเป็นค่าบอกความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการปลูกในระบบ Hydroponics ค่าจะอยู่ในช่วง 1-4 mS/sm ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ช่วงอายุในการเจริญของพืช สภาพภูมิอากาศคือ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ฯลฯ
2. ค่า pH เป็นค่าบอกความเป็นกรดและความเป็นด่างของสารละลาย โดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชให้ประโยชน์ได้มากที่สุด
3. ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องมีครบทั้ง 12 ตัว คือ N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mo, B, Fe, Mn, Cu ยกเว้น Cl ซึ่งแม้จะเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ Cl มักจะเจือปนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณที่เพียงพออยู่แล้ว โดยปนมากับน้ำหรือปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ดังนั้นในการคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายจะไม่มีใส่ Cl นอกจากนี้ในสารละลายจะต้องมีธาตุต่างๆ ครบ ธาตุเหล่านี้ต้องควบคุมให้อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดการปลูก
4. อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยที่อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์กันแบบผกผันกันคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนลดลง ดังนั้นในเขตร้อนบ้านเราอุณหภูมิสารละลายในระบบ NFT อาจสูงขึ้นไปถึง 35°C ซึ่งทำให้การละลายตัวของออกซิเจนสูงสุดได้ 6.8 mg/l ดังนั้นปริมาณออกซิเจนในสารละลายเป็นปัญหาสำคัญที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งในการปลูกพืชระบบ NFT ในเขตร้อน โดยทั่วไปจะต้องรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้สูงกว่า 6 mg/l
5. ต้องคอยป้องกันโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งเชื้อโรคที่มีปัญหามากและพบบ่อยในการปลูกในระบบ NFT คือเชื้อ Pythium ซึ่งเป็นสาเหตุให้รากพืชเน่าเป็นสีน้ำตาล - ดำ และเป็นโรคระบาดอย่างรวดเร็วและรุนแรงในระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปเมื่อโรคระบาดนี้ระบาดในสารละลายเป็นการยากมากในการกำจัดหรือรักษาให้หายได้ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดคือการป้องกันโดยการทำความสะอาดระบบปลูกก่อนปลูกทุกครั้ง
6. การกำจัดสารที่รากพืชปล่อยออกสู่สารละลาย พวกสารอินทรีย์ต่างๆ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโดยทั่วไปจะเอาออกจากบริเวณรากพืชโดยการป้อนเวียนสารละลายผ่านรากพืชในอัตราที่เร็วพอ เพื่อป้องกันการสะสมอยู่ในปริมาณที่อาจเป็นพิษต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การควบคุมค่า pH ของสารละลาย

การเปลี่ยนค่า pH ของสารละลายในระหว่างปลูกพืช

ค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสมของพืชต่างๆ ไปควรอยู่ในช่วง 5.5 - 6.0 เมื่อ pH สารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายแก่พืช ในทางกลับกันถ้าสารละลายมีค่า pH สูงกว่า 7 ในเวลาติดต่อกัน 2-3 วัน จะทำให้การดูดฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ไม่เป็นปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH ของสารละลายจะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไปในการปลูกพืชผัก pH ของสารละลายจะสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (Vegetative Growth) พืชจะมีการดูดใช้  $\text{NO}_3^-$  เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ Anion มากกว่า Cation) ดังนั้นการปลดปล่อย  $\text{HCO}_3^-$  ออกมาจำนวนเท่ากันมีผลให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการตรวจสอบค่า pH ตัวอย่างการวัดค่า pH ของสารละลายอยู่ตลอดเวลาและปรับค่า pH อยู่ที่ 6 ตลอดเวลาโดยใช้กรดไนตริกหรือกรดฟอสฟอริก การใช้กรดทั้งสองชนิดนี้ปรับค่า pH ก็จะเป็นการเติม N และ P ให้สารละลายด้วยโดยเฉพาะเมื่อใช้กรด  $\text{H}_3\text{PO}_4$  จะเป็นการเติม P ให้กับสารละลายจนอาจจะมีปริมาณมากเกินไป

และเมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นของ pH อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นการเจริญเติบโตในช่วง Vegetative Growth ซึ่ง pH จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากพืชปล่อยอนุมูลโบคาร์บอนออกมาทำให้เราไม่สามารถควบคุมค่า pH ให้คงที่ได้ เราสามารถปรับค่า pH ได้โดยการเพิ่มปริมาณ  $\text{NH}_4^+$  ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อมีอนุมูล  $\text{NH}_4^+$  อยู่ในสารละลายพืชก็จะมีการดูดใช้  $\text{NH}_4^+$  ซึ่งเป็นการ Cation ก็จะไปปล่อย  $\text{H}^+$  ออกมาในสารละลายด้วยการทำให้ pH น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามต้องไม่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของอนุมูล  $\text{NH}_4^+$  เกินกว่า 10% ความเข้มข้นของอนุมูล  $\text{NO}_3^-$  ในสารละลายเนื่องจาก  $\text{NH}_4^+$  ที่มีความเข้มข้นสูงๆ เป็นอันตรายต่อพืช

ในทางกลับกันถ้าต้องการเพิ่ม pH ของสารละลายให้ใช้ Potassium hydroxide หรือ Potassium bicarbonate และลดปริมาณ  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ลง หรืออาจเปลี่ยนจากการใช้ Monoammonium phosphate (มีฤทธิ์เป็นกรด) มาใช้ Diammonium phosphate

## การจัดการเกี่ยวกับค่า EC

ค่า EC ของสารละลายเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูงคือมีธาตุต่างๆ ละลายอยู่มาก ค่า EC ที่ใช้ในการปลูกพืช โดยไม่ใช้ดินจะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่ และ ชนิดพืชที่ปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT อาจมีการแนะนำให้ใช้ค่า EC ตั้งแต่ 0.8-2.8 mS/cm ส่วน ในมะเขือเทศมีความต้องการค่า EC สูงกว่าในผักสลัดมากอาจแนะนำให้ใช้ตั้งแต่ 0.8-4.0 mS อาหารต่างๆ สมดุลตามความต้องการของพืช เช่น มีค่า EC = 2.8 แต่เมื่อใช้สารละลายนี้ปลูกพืชในระบบ NFT ไประยะหนึ่งเช่น 2 อาทิตย์ ค่า EC ของสารละลายยังคงเท่ากับ 2.8 เหมือนเดิมแต่เมื่อวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าปริมาณ Na ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเราไม่สามารถรู้ได้เลย ถ้าดูเฉพาะค่า EC สารละลายจะเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง

การเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนเร็วมากน้อยแค่ไหนจะขึ้นกับปัจจัยดังนี้

1. สภาพภูมิอากาศ ถ้าสภาพที่ส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้นก็มีผลในการเปลี่ยน EC เร็วขึ้น เช่น หนาวเย็น อากาศแห้ง อุณหภูมิสูงแดดจัด พืชคายน้ำมากค่า EC เปลี่ยนเร็วกว่าในหน้าฝน ที่มีเมฆมากอากาศชื้น
2. สัดส่วนของจำนวนพืชที่ปลูกต่อปริมาตรถังสารละลาย เช่น ถังที่มีขนาดเล็กแต่ปลูกพืชจำนวนมากการเปลี่ยนค่า EC ก็จะเร็วกว่าใช้ถังขนาดใหญ่
3. ค่า EC เริ่มต้นของสารละลาย ถ้าค่า EC เริ่มต้นของสารละลายมีค่าความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็ว เช่น เราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.8 แต่พืชมีความต้องการค่า EC = 1.0 การเปลี่ยนค่า EC จะเร็วกว่าเมื่อเราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.1
4. ความบริสุทธิ์ของน้ำและปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้ามีธาตุที่พืชไม่ต้องการเจือปนอยู่มาก เช่น Na สารละลายก็จะมีการเปลี่ยนค่า EC เร็วกว่าการใช้น้ำและปุ๋ยที่มีปริมาณ Na น้อยเนื่องจากธาตุเหล่านี้พืชจะไม่ดูดใช้ดังนั้นจะเหลือสะสมอยู่ในน้ำทำให้ค่า EC สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

การควบคุมค่า EC ของสารละลายขณะปลูกพืชมีวิธีที่ปฏิบัติแตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายในรูปแบบต่างๆกันดังที่ได้กล่าวถึงดังนี้(ตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นลักษณะการจัดการที่มีผลต่อ EC ของสารละลายซึ่งเป็นลักษณะในช่วงที่พืชมีความต้องการน้ำและธาตุอาหารสูง พืชมีอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการดูดใช้น้ำ ดังนั้นถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่า EC ของสารละลายค่า EC ของสารจะสูงขึ้นเรื่อยๆ)

### สารละลายธาตุอาหารพืช

ค่าใช้จ่ายที่สำคัญที่สุดอันดับหนึ่งในการปลูกพืช โดยไม่ใช้ดิน คือค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับธาตุอาหารพืช เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายอย่างตลอดระยะเวลาการปลูกพืช ซึ่งต่างจากค่าอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งถึงแม้จะมีราคาแพงแต่จะเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช จะต้องสามารถละลายน้ำได้หมดซึ่งปกติจะมีราคาที่มีราคาแพงมาก ดังนั้นต้องหาในรูปของปุ๋ยซึ่งจะมีราคาถูกกว่าสารเคมีทั่วไปแต่บางชนิดก็ต้องใช้เป็นสารเคมีโดยเฉพาะพวกจุลธาตุอาหารทำให้มีราคาแพง แต่เราจะใช้เป็นปริมาณน้อยเท่านั้น นอกจาก เหล็ก ต้องใช้ในรูปแบบ คีแลต ซึ่งมีราคาแพงและต้องใช้ปริมาณมาก

#### 1. คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Water Quality)

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดยต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำที่เหมาะสม ถ้าคุณภาพน้ำไม่ดี เราไม่สามารถที่จะทำการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้เลย โดยทั่วไปคุณสมบัติของน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 1

เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่นำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะเป็นตัวกำหนดว่าการปลูกพืชจะได้ผลหรือไม่ ดังนั้นจะขอกล่าวถึงธาตุแต่ละตัวที่มีโอกาสเจือปนอยู่ในน้ำจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

##### 1) Sodium และ chlorine

ธาตุทั้งสองตัวนี้พืชสามารถดูดใช้ได้ปริมาณที่ไม่มากนัก เมื่อเรานำน้ำที่เกลือของ NaCl มาใช้ในระบบ N.F.T. หรือปลูกในวัสดุปลูก จะมีการสะสมของเกลือทั้งสอง เนื่องจากพืชจะดูดใช้ปริมาณที่น้อย ซึ่งถ้ามีการสะสมเป็นปริมาณมากในวัสดุปลูกหรือในสารละลายก็จะบั่นพิษต่อพืช เราจำเป็นจะต้องใช้น้ำเปล่าที่เกลือที่สะสมออก หรือถ้าเป็นระบบ N.F.T. จะต้องมีการเปลี่ยนสารละลายใหม่ทั้งหมด และการที่จะกำจัดเกลือทั้งสองชนิดนี้ออกจากน้ำเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย ดังนั้นน้ำที่มีเกลือของ NaCl เป็นองค์ประกอบอยู่สูง จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

**ตารางที่ 1** คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

สารที่เจือปนในน้ำ	น้ำหนักโมเลกุล	ค่าสูงสุดของธาตุที่สามารถมีอยู่ในน้ำได้	
		Millimol / Liter	Milligram / Litre (ppm)
Sodium [Na <sup>+</sup> ]	23.0	0.5	11.5
Chlorine [Cl <sup>-</sup> ]	35.5	1.0	35.5
Calcium [Ca <sup>++</sup> ]	40.1	2.0	80.2
Magnesium [Mg <sup>++</sup> ]	24.3	0.5	12.2
Sulfate [SO <sub>4</sub> <sup>++</sup> ]	96.1	0.5	48.1
Bicarbonate [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	61.0	4.0	244.0
		Millimol / Liter	Milligram / Litre (ppm)
Iron [Fe <sup>++</sup> ]	55.9	0.5	28.0
Manganese [Mn <sup>++</sup> ]	54.9	10.0	549.0
	63.5	1.0	63.5
Zinc [Zn <sup>++</sup> ]	65.4	5.0	327.0
Boron [B <sup>+++</sup> ]	10.8	25.0	270.0
Fluorine [F <sup>-</sup> ]	19.0	25.0	475.0
Electric [EC]		0.5 mS/cm 25°C	
Conductivity			

2) Calcium และ Magnesium

ธาตุทั้งสองเป็นธาตุที่พืชต้องการ ดังนั้น จึงไม่เป็นปัญหา ซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชเราสามารถนำปริมาณของธาตุนี้ที่มีอยู่ในน้ำมาหักออกจากปริมาณปุ๋ยที่เราจะเติมเข้าไป

3) Sulphate

เป็นธาตุที่เหมือนกับ Na และ Cl คือพืชดูดใช้ได้ปริมาณจำกัด ดังนั้น ถ้ามีปริมาณมากเกินไปในน้ำ ก็จะมีการสะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) Bicarbonate

อนุมูลไบคาร์บอเนตจะทำให้ค่า pH ของน้ำและสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น ทำให้การละลายตัวของธาตุอาหารบางตัวไม่ดี ระดับ pH ของสารละลายที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารจะต้องอยู่ในช่วง 5.5 – 6 ถ้าค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารสูงเกินไปจะทำให้การละลายตัวของอนุมูล Carbonate และ Phosphate ลดลงโดยจะตกตะกอนกับ Ca และ Mg ซึ่งตะกอนนี้จะไปอุดตันหัวน้ำหยด ระบบท่อ และเครื่องกรอง ทำให้ต้องล้างอยู่เสมอ ๆ นอกจากนี้จะตกตะกอนเป็นแผ่นบาง ๆ หุ้ม electrode ของเครื่อง pH และ E.C. meter และถ้า pH ของสารละลายสูงกว่า 6 พวกเหล็กคีเลต (Iron chelate) Fe-EDTA จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ได้

การกำจัดอนุมูล Bicarbonate ในน้ำทำได้โดยใช้กรด ซึ่งกรดที่ใช้ส่วนใหญ่จะใช้กรด  $\text{HCO}_3$  หรือบางครั้งอาจใช้  $\text{H}_2\text{PO}_4$  แต่จะมีความสามารถในการเป็นกรดน้อยกว่า  $\text{HCO}_3$  ดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณมากกว่าหรืออาจใช้กรด  $\text{H}_2\text{PO}_4$  แต่ไม่ค่อยนิยมใช้เพราะต้องระวังความเข้มข้นของอนุมูล  $\text{SO}_4$  อาจมากเกินไปในสารละลาย

อย่างไรก็ตาม อนุมูล Carbonate หรือ Bicarbonate ในสารละลายธาตุอาหารยังมีประโยชน์ในแง่เป็น pH-Buffer คือช่วยยับยั้งการเปลี่ยน pH ของสารละลายไม่ให้เร็วเกินไป ดังนั้นในสารละลายควรมีอนุมูล Carbonate อยู่ประมาณ 50 ppm หรือ 0.8 mmol ตารางที่ 2 แสดงการสะเทินฤทธิ์ของ Bicarbonate ด้วยกรด  $\text{HNO}_3$

**ตารางที่ 2** ปริมาณของกรด  $\text{HNO}_3$  ที่ต้องเติมลงในสารละลาย 1,000 ลิตร ของสารละลายเข้มข้น 100 เท่า เพื่อทำลายฤทธิ์ของ Bicarbonate

ปริมาณของอนุมูล Bicarbonate ในน้ำ		จำนวนที่ ต้องการเอาออก	จำนวนกรด $\text{HNO}_3$ เข้มข้น60%ที่ต้องใช้
Mg/(ppm)	Millimol	Mg/l	ลิตร
50	0.8	-	-
125	2.1	75	10.54
250	4.1	200	28.11
375	6.2	325	45.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5) Iron

เหล็กที่อยู่ในน้ำถ้ามีปริมาณมากจะเกิดการตกตะกอนเป็น Ferric hydroxide  $[Fe(OH)_3]$  ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ตะกอนที่เกิดขึ้นจะไปเคลือบ Electrode ของเครื่อง pH และ EC และจะไปอุดตันตัวหยดน้ำ ความเข้มข้นของเหล็กที่เกิน 10 micronmol โดยเฉพาะเมื่อน้ำมีอนุมูล Bicarbonate มากกว่า 1 mmol จะเกิดการตกตะกอนของเหล็กเป็นคราบสีน้ำตาลแดงตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องมือและที่รากพืช

### 6) Trace elements

ธาตุตัวอื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วส่วนใหญ่จะเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการทั้งนั้น ยกเว้น Fluoride เมื่อเราเตรียมสารละลายธาตุอาหารก็จะนำปริมาณของธาตุที่มีอยู่แล้วหักออกจากที่ต้องเติมเข้าไป ดังนั้นส่วนใหญ่จะไม่มีปัญหา ยกเว้น Fluoride ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช

## 2. ประโยชน์ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนี้ สามารถปลูกพืชได้ในทุกสถานที่ โดยไม่มีขอบเขตจำกัด ไม่ว่าจะปลูกจำนวนน้อยหรือการปลูกแบบเศรษฐกิจเชิงการค้า สามารถปลูกได้ในเมืองที่แออัดคับแคบ เช่น การปลูกแบบเชิงการค้าในเมืองที่แออัดคับแคบในประเทศญี่ปุ่น และได้หวั่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม เป็นวิธีที่เหมาะสมกับความต้องการสำหรับผู้ปลูกที่มีพื้นที่น้อย พืชที่ปลูกด้วยการให้สารละลายไม่เปื้อนดิน จึงมีความสวยงามน่ารักกว่าการปลูกในดินแล้วยังให้ความเพลิดเพลินตา ความสุขใจแก่ผู้ปลูกและผู้พบเห็น อีกทั้งพืชผลเก็บเกี่ยวมีความน่ารับประทาน

การปลูกเพียงอาศัยวิชาความรู้บ้างเล็กน้อย และปฏิบัติตามกฎเกณฑ์วิธีการที่ย่อมสามารถทำได้ สำหรับการปลูกแบบเล็ก ๆ หรือปลูกไว้ดูเล่นก็มีความยุ่งยากไม่มากนัก คล้ายการทำสวนปกติ แต่สำหรับการปลูกแบบเป็นเชิงการค้านั้นเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่ต้องมีเทคนิคต่าง ๆ ในการควบคุมให้รัดกุมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นวิธีนี้สามารถปลูกได้แม้ตามแฟลต คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ บริเวณหลังบ้านริมหน้าต่าง บนดาดฟ้า สำหรับผู้ปลูกสมัครเล่นต่าง ๆ สามารถนำวิธีนี้มาใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไม่ยากลำบากนัก นอกจากนี้ผู้ปลูกสามารถพัฒนาวิธีปลูกพืชออกเป็นแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ ปลูกอยู่ในวัสดุปลูก และปลูกในสารละลายธาตุอาหาร โดยเพียงแต่ลงทุนลงแรงเพียงเล็กน้อย ก็จะได้พืชผักอนามัยไว้สำหรับรับประทาน ซึ่งเป็นผักที่สะอาดปราศจากสารกำจัดศัตรูพืช

วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถปลูกพืชได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการปลูกพืชแต่ละชนิด สามารถใช้เทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกับพืชได้แทบทุกชนิด ตั้งแต่ผัก ผลไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ พืชไม้เลื้อย จนถึงพืชยืนต้น แต่ส่วนมากจะนิยมปลูกกับพืชผัก ไม้ผลที่เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้นดังตัวอย่างที่แสดงให้เห็นในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 3** ตัวอย่างของพืชที่สามารถปลูกโดยการปลูกโดยไม่ใช้ดิน

พืชผัก	ไม้ผล/ผักรับประทานผล	ไม้ดอก	พืชสมุนไพร	พืชอาหารสัตว์
มะเขือเทศ	ส้ม	กุหลาบ	ว่านหางจระเข้	หญ้า
ผักกาดขาว	สตอเบอรี่	คาร์เนชั่น	พืชสวนครัวต่างๆ	บาร์เลย์
กิ้นช่าย	กล้วย			ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ผักชี	แตงกวา แตงแคนดาอุบ			
ผักบุ้ง	ถั่วฝักยาว			
	พริก			
	มะเขือ			

อนึ่ง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มิใช่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ในปัจจุบันเท่านั้น แต่อาจจะก่อให้เกิดการพัฒนาชีวิตในอนาคต

นอกจากอดีตประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกน แห่งสหรัฐอเมริกาได้กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) จะเป็นเทคโนโลยีที่โดดเด่นใช้ในการผลิตอาหารในอนาคต (Reagan, 1985) แล้วยังมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านกำลังวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) ในด้านต่าง ๆ เช่น มหาวิทยาลัยเพอร์ดู และสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยอลิโซนา กำลังพัฒนาสิ่งที่ใช้ในการช่วยเหลือโครงการให้แก่ออวกาศ (National Aeronautic and Space Administration, NASA) ในโครงการ Controlled Ecological Life Support Systems (CELSS) ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ในโครงการเดินทางอวกาศ เช่น โครงการเดินทางไปยังดาวพุธ (Resh, 1989)

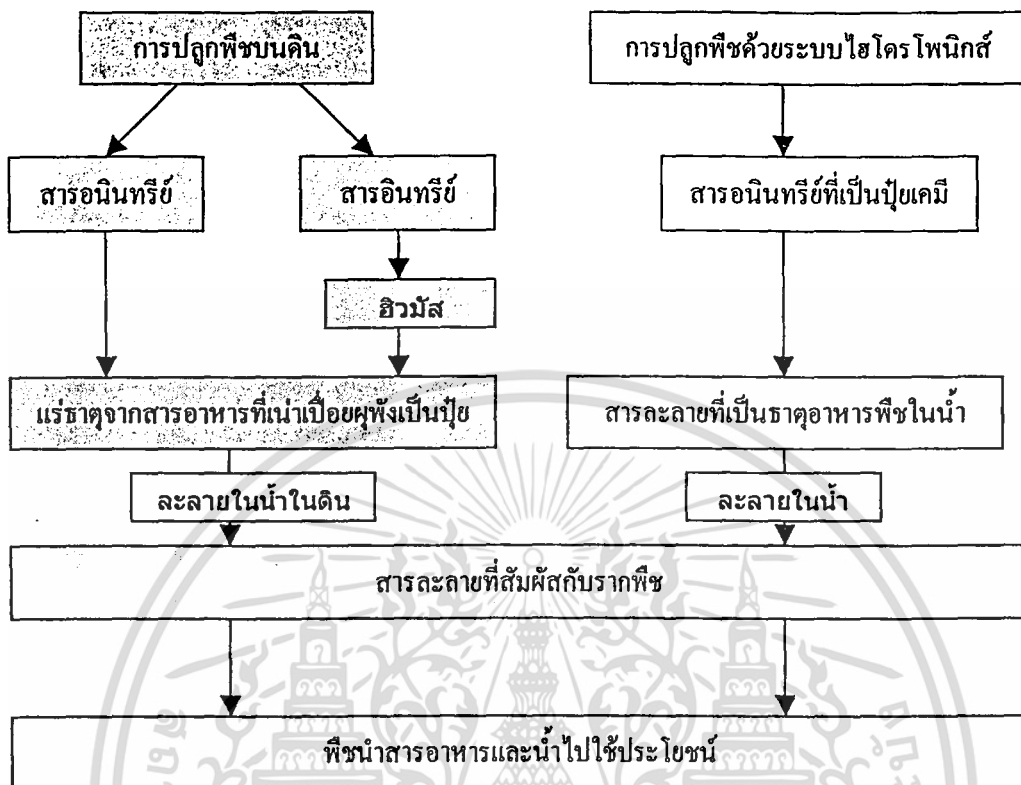
### 3. ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ปกติแล้วพืชตะเจริญเติบโตได้ดีนั้นต้องมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสม คือ แสง น้ำ ธาตุอาหารพืช อุณหภูมิ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งที่รากส่วนเหนือดิน

ในการปลูกพืชบนดินโดยทั่วไป แม้ดินจะมีธาตุอาหารและอากาศอันเป็นปัจจัยที่พืชต้องการนั้นมักมีข้อเสียของดินคือ ดินจะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดินทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH ไม่เหมาะสม ยุ่งยากต่อการปรับปรุงและเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาเหล่านี้ทำให้ได้ผลผลิตไม่แน่นอน

ส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น พืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหาร เรียกว่า สารละลายธาตุอาหารพืช ที่ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เพราะมีการปรับค่า EC และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเป็นประโยชน์ของพืชอยู่ตลอดเวลา หรือกล่าวได้ว่าการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการจัดการเพื่อให้ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชอยู่ตลอดเวลา

อันที่จริงแล้วไม่มีความแตกต่างทางสรีรวิทยาระหว่างพืชที่ปลูกบนดินตามธรรมชาติ ที่สามารถแสดงให้เห็นดังแสดงในภาพ



### ลักษณะของธาตุอาหารที่สำคัญในดินกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

ในการปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติ “สารอาหารในดิน (Soil solution)” เป็นอาหารพืชที่อยู่ในน้ำในดิน มาจากวัตถุที่เป็นสิ่งเน่าเปื่อยผุพังย่อยสลายที่มาจากวัสดุที่เป็นได้ทั้งอนินทรีย์สาร (Inorganic) และวัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร (Organic)

ในขณะที่การปลูกพืชในดินนั้น พืชจะได้รับ “สารละลายธาตุอาหาร (Nutrient solution)” มาจากการละลายของปุ๋ยเคมีในน้ำเรียกว่า “สารละลายธาตุอาหารพืช”

ทั้งสารอาหารในดิน (Soil solution) ของการปลูกพืชบนดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยผุพังตามธรรมชาติ และสารละลายธาตุอาหาร (Nutrient solution) จากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะสัมผัสกับรากพืช ซึ่งพืชจะดูดเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตด้วยกระบวนการต่าง ๆ ต่อไป

พืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินมีในตรรกค้ำงหรือไม่? และสามารถแก้ไขได้หรือไม่?

การตรรกค้ำงของในตรรกสามารถเกิดได้ทั้งผักที่ปลูกโดยใช้ดินหรือไม่ใช้ ซึ่งปกติแล้วประเทศที่มีแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ไม่น่ามีปัญหาเรื่องความเป็นพิษของในตรรกจากพืชเหมือนจากผลิตภัณฑ์สัตว์ การปฏิบัติเพื่อลดการตรรกค้ำงของในตรรกของผู้ผลิตในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด คือ

1. การลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชลง เช่น ลดลงเหลือ 1 ใน 4 ของการให้ตามปกติก่อนหน้าการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์
2. อย่าให้สารละลายธาตุอาหารพืชขาดธาตุโมลิบดีนัม ให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆอย่างเพียงพอโดยเฉพาะ “โมลิบดีนัม” เนื่องจากโมลิบดีนัมนับเป็นธาตุที่ช่วย(หรือ โคแฟกเตอร์)ในการทำงานของเอนไซม์ในตรรกตรรกค้ำง ดังนั้น อย่าให้พืชขาดโมลิบดีนัม เพราะจะทำให้ความสามารถในการทำงานเพื่อลดการสะสมของในตรรกของพืชลดลง
3. การจัดการแสง ให้พืชได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่หรือลดการพลางแสงก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ เพราะเอนไซม์ในตรรกจะถูกกระตุ้นด้วยแสงแดดให้เอนไซม์ทำงาน
4. การลดความเข้มข้นของสารละลาย และการให้น้ำแทนการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ถ้ายังไม่มั่นใจผลจากการปฏิบัติทั้ง 3 ข้อข้างต้น ก็อาจ 1) ลดความเข้มข้นของสารละลายลงในสัปดาห์สุดท้ายและ 2) ให้น้ำเปล่าหรือน้ำปะปาแทนการให้สารละลายก่อนการเก็บเกี่ยว 1-2 วัน ดังเช่นผู้ผลิตในบางประเทศของยุโรปและในประเทศญี่ปุ่นนิยมปฏิบัติกัน แต่ถ้าใช้หลักการนี้กับการปลูกแคนตาลูปอาจทำให้ความหวานลดลงได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหาก็เป็นเรื่องที่ต้องอาศัยงานวิจัยรองรับ

## สรุป

โดยสรุป การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการปลูกเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน โดยการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกหรือไม่ต้องมีวัสดุปลูกก็ได้ เพื่อให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการจากทางรากพืช ดังนั้นความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสารละลายธาตุอาหารพืช ไม่ว่าจะเป็นสูตรการเตรียมและการจัดการสารละลายจะทำให้สามารถทำการผลิตในเชิงธุรกิจประสบผลสำเร็จ

สิ่งที่กล่าวทั้งหมดนี้เป็นเพียงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการและแนวคิดเพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจในการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์ ระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

- 1) ระบบการปลูกพืชของศูนย์เกษตรธรรมชาติบางไทร
- 2) ปลั๊กไฟ
- 3) สายไฟ
- 4) วัสดุปลูก: ฟองน้ำ
- 5) เครื่องชั่งสารเคมีชนิดละเอียด
- 6) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
- 7) เครื่องวัดค่าความเค็ม electrical conductivity
- 8) กระบอกรักษาอุณหภูมิ

### สารเคมี

- 1) Monopotassium (  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  )
- 2) Potassium nitrate (  $\text{KNO}_3$  )
- 3) Magnesium sulfate (  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  )
- 4) Ammonium molybdate [  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  ]
- 5) Boric acid (  $\text{H}_3\text{BO}_3$  )
- 6) Manganese sulfate (  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  )
- 7) Zinc sulfate (  $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  )
- 8) Copper sulfate (  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  )
- 9) Calcium nitrate [  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ]
- 10) Fe-EDTA
- 11) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

### อุปกรณ์

- 1) Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml
- 2) Volumetric pipet ขนาด 1 ml และ 10 ml
- 3) Pipet ขนาด 0.2 ml
- 4) บีกเกอร์ขนาด 100 ml และ 600 ml
- 5) กระจกบอมน้ำกลั่น
- 6) ลูกยาง
- 7) กรวยกรอง
- 8) กระดาษกรอง
- 9) ซ้อนตักสาร
- 10) ขวดสีชา
- 11) แท่งแก้ว
- 12) ครอบป้องกันพลาสติก
- 13) กระดาษกราฟ
- 14) หลอด centrifuge
- 15) หลอดทดลองขนาดกลาง
- 16) เครื่อง Spectrometer
- 17) หลอดหยด
- 18) Lack
- 19) เครื่องชั่งชนิดละเอียด

### สารเคมี

1. Cone.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
2. 5% Salicylic
3. 4  $\bar{M}$  NaOH
4. น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการทดลอง

การเตรียมต้นกล้าเพื่อการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในการทดลองครั้งนี้ ผักที่ใช้ในการทดลอง คือ ผักไทย 3 ชนิด ดังนี้

- 1) ใคโตเกียว
- 2) ผักบุ้งจีน
- 3) โข้วจีน

วัสดุปลูกที่ใช้เพาะกล้า คือ ฟองน้ำ

### การเก็บผลการทดลอง

- 1) pH , EC ของสารละลายธาตุอาหาร

ทำการเก็บผลทุกครั้งเมื่อมีการปรับค่า pH และ EC ของสารละลาย (2-3 วัน/ครั้ง) โดยจะวัดค่า pH และ EC ก่อนและหลังปรับสารละลาย และพร้อมกันนั้นมีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์

- 2) ผลผลิต

ทำการเก็บผลผลิตผักแต่ละชนิดตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างผักและเก็บแยกแต่ละ treatment ( ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว และช่วงเวลาการเก็บ ) นำมาชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ย หรือน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้น และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

- 3) ทำการสุ่มเก็บผลผลิต (หลังจากข้อ 2 แล้ว) เมื่อทำการลดระดับ EC ให้ต่ำลง โดยการหยุดการให้สารละลายธาตุอาหารพืช เป็นเวลา 3 วัน แล้วชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกัน

- 4) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผัก

### สถานที่ทำการทดลอง

คาบฟ้าชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

## แผนการทดลอง

### การวางแผนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้เพื่อดูผลของอายุการเก็บเกี่ยว และช่วงเวลาการเก็บที่มีต่อการสะสมไนเตรทมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังต้องการทราบวาระหว่างผักบุงจีน โจ้วจิ้นและโคโตเกียว ผักชนิดไหนจะมีระดับของไนเตรทสูงหรือต่ำกว่ากันเพียงไร และระหว่างที่ให้สารละลายธาตุอาหารแล้วหยุดให้แต่ให้น้ำแทนเป็นเวลา 3 วัน จะลดปริมาณไนเตรทได้หรือไม่ โดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรเดียวกัน ความเข้มข้นเท่ากัน

จากสิ่งที่ต้องการทราบข้างต้นจึงได้วางแผนแบบการทดลองแบบ “ 3×3×2 factorial experiment in CRD ”

มีดำรับการทดลอง

ตำรับที่ 1 ผักบุง

ตำรับที่ 2 โคโตเกียว

ตำรับที่ 3 โจ้วจิ้น

### ระยะเวลาในการทดลอง

ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2546 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2547

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล ตำรับที่ 1 ชนิดผัก, ตำรับที่ 2 อายุการเก็บเกี่ยว และตำรับที่ 3 ช่วงเวลาการเก็บมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ Duncan's Multiple Rang Test (Dmt) ใช้โปรแกรม SAS (Statistical analysis system)

### วิธีการวิเคราะห์ในเตรท

สารละลายที่ต้องเตรียมในการทดลองมี 2 ประเภท คือ

- 1) เตรียมสาร 5% Salicylic acid ใน Cone  $H_2SO_4$  (W/V)  
ชั่ง Salicylic 15 กรัม ใส่บีกเกอร์ แล้วเติม Cone  $H_2SO_4$  285 ml ลงไป (เตรียมใน hood)  
ใช้แท่งแก้วคนให้สารละลาย ละลายผสมเข้าด้วยกัน เก็บไว้ในขวดแก้วสีชา สามารถ  
เก็บไว้ใช้ได้ภายใน 7 วัน
- 2) เตรียม 4 M NaOH  
ชั่ง NaOH 320 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น 2 ลิตร

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งพืชที่บดแล้ว 0.1 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml
2. เติมน้ำกลั่น 25 ml เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. เข้าเครื่อง centrifuge เป็นเวลา 15-20 นาที
4. นำสารละลายที่ได้มากรอง เก็บไว้ในกระป๋องพลาสติก
5. นำสารสกัดที่ได้มา 0.2 ml ใส่ในหลอดทดลอง
6. จากนั้นเติม 1 ml (5% Salicylic acid) เขย่าทิ้งไว้ 15 นาที
7. จากนั้นเติม 10 ml (4 M NaOH) เติมอย่างช้าๆ เขย่าทิ้งไว้ 20 นาที
8. เตรียม Blank 3 ตัวอย่างโดยใช้ Cone  $H_2SO_4$  แทน 5% Salicylic acid นอกนั้นเตรียม  
เหมือนกันทุกอย่าง
9. เตรียม Standard 5 หลอดโดยมีความเข้มข้น 0,25,50,75 และ 100 ppm
10. จากนั้นนำไปวัดหาค่า %T โดยใช้เครื่อง spectrometer ที่  $\lambda=410$  nm นำค่าที่ได้จากการ  
วัด standard มาเขียนกราฟ antilog จะได้เส้นตรง
11. บันทึกค่าที่ได้เพื่อนำไปคำนวณหาค่าไนเตรทอีกครั้ง

**ผลการทดลอง :** ตารางแสดงปริมาณไนเตรทในผักไทยทั้ง 3 ชนิด

Treatment	CROP1 NO <sub>3</sub> Nitrate content (%by DM)	CROP1 NO <sub>3</sub> Nitrate (mgNO <sub>3</sub> /kgFM)	CROP2 NO <sub>3</sub> Nitrate content (%by DM)	CROP2 NO <sub>3</sub> Nitrate (mgNO <sub>3</sub> /kgFM)
<b>ชนิดของผักไทย</b>				
ผักบุ้ง	7.634 c	6.277.47 a	8.0068 b	5708.9 a
ไคโตเกียว	10.7918 a	4814.03 b	10.4704 a	4846.0 b
โหระขี้	10.0960 b	4849.10 b	9.9676 a	5425.3 ab
Significant				
<b>อายุเก็บเกี่ยว</b>				
20 วัน	10.0677 a	5576.95 a	10.2435 a	5752.7a
23 วัน	9.7867 a	5784.06 b	9.5722 ab	5514.7a
26 วัน	8.7878 b	4552.16 c	8.6289 b	4712.9b
Significant				
<b>ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว</b>				
ช่วงเช้า	10.2378 a	5351.25 a	9.8509 a	5436.3 a
ช่วงเย็น	8.8738 b	5351.25 a	9.1123 a	5217.2 a
Significant				

จากตารางค่านี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

## 1. ความเข้มข้นไนเตรท

จากการทดลองการปลูกผักไทยครั้งที่ 1.(CROPI)

**ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง**

ชนิดของผักไทยที่ใช้ทดลอง พบว่า ไคโตเกียว เป็นผักที่มีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงที่สุด คือมีค่าสูงสุดถึง 10.79% รองลงมาคือ โชว์จิ้นและผักบุ้ง ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งคือ 10.1% และ 7.63% ตามลำดับ (ตารางหน้า 20)

อายุการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในการทดลอง พบว่า เมื่อเราเก็บผักที่มีอายุเก็บเกี่ยวได้ 20 วัน จะมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงที่สุดคือ 10.07 % รองลงมาคืออายุเก็บเกี่ยว 23 วัน และ 26 วัน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง คือ 9.79% 8.79% ตามลำดับ (ตารางหน้า 20)

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพบว่าในช่วงเช้าจะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงกว่าในช่วงเย็นคือ มีค่า 10.24% และ 8.87% ตามลำดับ

**ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด**

ชนิดของผักไทยที่ใช้ในการทดลองพบว่าผักบุ้งเป็นผักที่ค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงที่สุดคือมีค่าสูงถึง 6277.47 mgNO<sub>3</sub> รองลงมาคือ โชว์จิ้นและไคโตเกียว ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด คือ 4849.10 และ 4810.03 mgNO<sub>3</sub> ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

อายุการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในการทดลอง พบว่า เมื่อเราเก็บเกี่ยวผักที่มีอายุเก็บเกี่ยว 23 วัน จะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงสุด คือ 5784.06 mgNO<sub>3</sub> รองลงมาคือ อายุเก็บเกี่ยว 20 วัน และ 26 วัน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด คือ 5576.95 และ 4552.16 mgNO<sub>3</sub> ตามลำดับ (ตารางหน้า 20)

ช่วงเวลาการเกี่ยวพบว่าในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด เท่ากัน คือมีค่า 5351.25 mgNO<sub>3</sub> ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

จากการทดลองการปลูกผักไทยครั้งที่ 2 (CROPI 2)

### ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง

ชนิดผักไทยที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ไคโตเกียว เป็นผักที่มีค่าความเข้มข้นไนเตรท โดยมวลแห้งสูงที่สุดคือ มีค่าสูงถึง 10.47% รองลงมาคือ โชว์จิ้นและผักบุ้งจีน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง คือ 9.97 และ 8.00 % (ตารางหน้า 20)

อายุเก็บเกี่ยวที่ใช้ในการทดลอง พบว่า เมื่อเราเก็บเกี่ยวได้ 20 วัน จะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงที่สุดคือ 10.24% รองลงมาคือ อายุเก็บเกี่ยว 23 วัน และ 26 วัน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง คือ 9.57 และ 8.63% ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพบว่าในช่วงเช้าจะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง สูงกว่าในช่วงเย็นคือมีค่า 9.85 % และ 9.11% ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

### ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด

ชนิดของผักไทยที่ใช้ทดลองพบว่า ไคโตเกียวเป็นผักที่มีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงที่สุดคือ มีค่าสูงถึง 5708.9 mgNO<sub>3</sub> รองลงมาคือ โชว์จิ้นและไคโตเกียว ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดคือ 5708.9 และ 5425.3 mgNo<sub>3</sub> ตามลำดับ(ตารางหน้า20)

อายุเก็บเกี่ยวที่ใช้ในการทดลองพบว่า เมื่อเราเก็บเกี่ยวผักที่มีอายุเก็บเกี่ยว 20 วัน จะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงที่สุดคือ 5752.7 mgNO<sub>3</sub> รองลงมาคืออายุเก็บเกี่ยว 23 วัน และ 26 วัน ซึ่งมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดคือ 5514.7และ 5514.7 mgNO<sub>3</sub> ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพบว่า ในช่วงเช้าจะมีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงกว่าช่วงเย็นคือมีค่า 5436.3 และ 5217.2 mgNo<sub>3</sub>ตามลำดับ(ตารางหน้า 20)

## 2.ผลผลิต

จากผลการทดลองได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตระหว่าง crop 1 และ crop 2 พบว่า crop 1 และ crop 2 มีความแตกต่างทางด้านน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักทั้ง 3 ชนิด (ซึ่งประกอบด้วย ผักบุ้ง ไคโตเกียว โชว์จิ้น) คือ น้ำหนักสดเฉลี่ยของ crop 1 นั้นจะมีค่าที่สูงกว่า crop 2 แสดงให้เห็นว่า การเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูหนาว( crop 1)จะได้ผลผลิตที่สูงกว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูร้อน (crop 2)

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักสดเฉลี่ย(กรัม) ระหว่าง crop 1 และ crop 2

Crop/วันที่เก็บ	20	23	26
1	225.99	303.69	294.51
2	136.61	150.89	176.81

และเมื่อพิจารณาน้ำหนักสดเฉลี่ยของพืชทั้ง 3 ชนิดตามตารางข้างบนในแต่ละcrop จะเห็นได้ว่าในcrop 1 ค่าจะสูงขึ้นในวันที่เก็บที่ 23 และจะมีการลดลงมาในวันที่เก็บที่ 26 ส่วนใน crop 2 ค่าจะสูงขึ้นตามลำดับ

### 3 .ค่าEC และค่าpH

จากผลการทดลองสามารถแสดงค่าได้ดังนี้

#### EC

**crop 1** จากกราฟแสดงค่า EC ในสารละลายทั้งก่อนและหลังปรับค่าcrop 1 ในหน้าที่ นั้น จะเห็นได้ว่าค่าจะมีการลดลงเล็กน้อยในวันที่ 4 ธ.ค.-10 ธ.ค. 46 และค่าจะมีการลดลงไปจากเดิมอีกเล็กน้อยในวันที่ 10ธ.ค.-16ธ.ค.47 ส่วนในวันที่16ธ.ค.-3ม.ค. 47ค่าจะมีการลดลงเท่ากับในวันที่4 ธ.ค.-10 ธ.ค. 46

**crop 2** จากกราฟแสดงค่า EC ในสารละลายทั้งก่อนและหลังปรับค่าcrop 2 ในหน้าที่ นั้น จะเห็นได้ว่าค่าจะมีการลดลงเพียงเล็กน้อยในวันที่ 11-17 ก.พ.47และจะมีค่าลดลงไปอีกเรื่อยๆตั้งแต่วันที่17 ก.พ.47จนถึงวันที่ 23ก.พ.47 และค่าจะมีการเพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกับวันที่11-17 ก.พ.47

หลังการลดค่าECตั้งแต่ตอนเย็นของวันเก็บที่ 20 นั้นทั้งcrop1และ crop 2 ค่าจะมีการลดลงตามลำดับซึ่งแสดงในผลการทดลองครั้งที่ 1 ตารางแสดงค่า ECของสารละลายในระบบDFT วันเก็บเกี่ยวในหน้าที่และผลการทดลองครั้งที่ 2 ตารางแสดงค่า ECของสารละลายในระบบDFT วันเก็บเกี่ยวในหน้าที่ตามลำดับ

ซึ่งการที่ค่า ECมีการลดลงนั้นเนื่องมาจากพืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารจากสารละลายจึงทำให้มีค่า ECที่ลดลง

#### pH

**Crop 1** จากกราฟแสดงค่า pHในสารละลายทั้งก่อนและหลังปรับค่าcrop 1 ในหน้าที่ นั้น จะเห็นได้ว่าค่าจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ตั้งแต่วันที่1 ธ.ค.46-3 ม.ค.47

Crop 2 จากกราฟแสดงค่า pH ในสารละลายทั้งก่อนและหลังปรับค่า crop 1 ในหน้าที่ นั้น จะเห็นได้ว่าค่าจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 11 ก.พ.47-20 ก.พ.47 และจะลดลงแต่ก็จะมีค่าสูงกว่าค่าที่ปรับแล้ว ในวันที่ 23 ก.พ. 47 และค่าจะมีการเพิ่มขึ้นอีกจนถึงวันที่ 26 ก.พ. 47

หลังการลดค่า pH ตั้งแต่ตอนเย็นของวันเก็บที่ 20 นั้นทั้ง crop 1 และ crop 2 ค่าจะมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับซึ่งแสดงในผลการทดลองครั้งที่ 1 ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยวในหน้าที่ และผลการทดลองครั้งที่ 2 ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยวในหน้าที่ตามลำดับ

ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ pH นั้นเนื่องมาจากการที่พืชปล่อยค่าที่เป็นด่างออกมาจึงทำให้มีค่า pH ที่เพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองการปลูกผักไทย ในระบบการปลูกโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ที่มีผลต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท โดยที่กำหนดให้อายุของการเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันร่วมกับการหยุดการให้สารละลายแก่พืช (ลดค่า EC) หลังจากเก็บผลผลิตวันแรกเป็นเวลา 3 วัน แสดงให้เห็นว่าผักไทยทั้ง 3 ชนิด คือ ผักบุ้ง, โดโตเกียว และ โข้วจีน มีปริมาณไนเตรทโดยมวลแห้งและมวลสดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน

แต่เมื่อเปรียบเทียบให้มีช่วงเวลาการเก็บ 2 ช่วง คือ ช่วงเช้าและช่วงเย็นพบว่าค่าของปริมาณไนเตรท โดยมวลแห้งและมวลสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดลองในแต่ละ Treatment สรุปได้ว่าชนิดของผักไทยและอายุการเก็บผักมีผลต่อการสะสมของปริมาณไนเตรท เนื่องจากผักแต่ละชนิดจะมีปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บผักในอายุที่แตกต่างกันร่วมกับการหยุดการให้สารละลาย แต่เปลี่ยนเป็นการให้น้ำแก่พืชเพียงอย่างเดียว เป็นการลดค่า EC จึงทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจและคณะ,เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไร้ดิน รุ่นที่2 , 13-15 ธันวาคม 2542 ,ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ถวิลย์ พัฒนเสถียรพงษ์,2543 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน,พิมพ์ครั้งที่ 1,พรานกรพิมพ์ 511/3 ถ.พรานนก บ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพ.
- ทศนีย์ อัดตะนันท์,สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน.2531 การปลูกพืชไม่ใช้ดิน.วารสารดินและปุ๋ย.
- ทศนีย์ อัดตะนันท์, อนุพร พรหมมาศ และสุรเดช จิตตกานนท์.2535.การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย.คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพิ่มกองทุน.
- Jensen,M.H.1990.Hydroponic Culture for the Topic:opportunities and Alternatives Paper Presented for International seminar on hydroponic culture of high value crops in the topics on November 25-27 ,Malaysia.
- M.Edward Muckle,3<sup>rd</sup> Edition Hydroponic nutrient,Easy Way to make your own.
- J.Benton Jones, practical guide for the soiless grower.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 1**  
**ตารางแสดงค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักไทย 3 ชนิด**

วัน	เวลา	% DW	ชนิดผัก	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)
6/01/47	เช้า	8.36	ผักบุ้ง	168.50	14.08
6/01/47	เช้า	4.22	คะน้า	298.64	12.58
6/01/47	เช้า	4.11	โหระพา	255.87	9.29
6/01/47	เย็น	8.92	ผักบุ้ง	119.79	10.68
6/01/47	เย็น	4.31	คะน้า	255.64	11.02
6/01/47	เย็น	4.85	โหระพา	287.55	13.96
9/01/47	เช้า	8.8	ผักบุ้ง	179.42	15.79
9/01/47	เช้า	4.34	คะน้า	618.88	26.89
9/01/47	เช้า	4.86	โหระพา	359.26	17.45
9/01/47	เย็น	9.01	ผักบุ้ง	267.57	24.11
9/01/47	เย็น	5.5	คะน้า	166.58	8.34
9/01/47	เย็น	5.46	โหระพา	23.48	12.58
12/01/47	เช้า	6.78	ผักบุ้ง	163.44	11.08
12/01/47	เช้า	4.21	คะน้า	368.67	15.53
12/01/47	เช้า	4.39	โหระพา	470.98	20.67
12/01/47	เย็น	7.42	ผักบุ้ง	262.39	19.48
12/01/47	เย็น	4.43	คะน้า	222.89	9.88
12/01/47	เย็น	5.23	โหระพา	278.73	14.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 1**  
**ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายในระบบ DFT**

วันที่	ค่า EC	
	ก่อนปรับค่า	หลังปรับค่า
1/12/46	-	2.5
4/12/46	2.4	2.5
7/12/46	2.4	2.5
10/12/46	2.4	2.5
13/12/46	2.3	2.5
16/12/46	2.4	2.5
19/12/46	2.4	2.5
22/12/46	2.4	2.5
25/12/46	2.4	2.5
28/12/46	2.4	2.5
31/12/46	2.4	2.5
3/01/47	2.4	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 1**  
**ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยว**

วันที่	เวลา	ค่า EC
6/01/47	เช้า	3.0
6/01/47	เย็น	3.0
9/01/47	เช้า	1.7
9/01/47	เย็น	1.7
12/01/47	เช้า	1.8
12/01/47	เย็น	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 1**  
**ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT**

วันที่	ค่า EC	
	ก่อนปรับค่า	หลังปรับค่า
1/12/46	-	5.50
4/12/46	6.44	5.35
7/12/46	6.44	5.50
10/12/46	6.47	5.50
13/12/46	6.30	5.50
16/12/46	6.44	5.25
19/12/46	6.44	5.35
22/12/46	6.47	5.50
25/12/46	6.44	5.50
28/12/46	6.30	5.79
31/12/46	6.44	5.35
3/01/47	6.44	5.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 1**  
**ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยว**

วันที่	เวลา	ค่า pH
6/01/47	เช้า	6.05
6/01/47	เย็น	6.10
9/01/47	เช้า	7.29
9/01/47	เย็น	7.39
12/01/47	เช้า	7.73
12/01/47	เย็น	7.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 2**  
**ตารางแสดงค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักไทย 3 ชนิด**

วัน	เวลา	% DW	ชนิดผัก	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)
27/02/47	เช้า	7.13	ผักบุ้ง	192.70	13.73
27/02/47	เช้า	4.12	ไคโตเกียว	149.67	6.17
27/02/47	เช้า	5.35	โชนว้จิ้น	179.93	9.62
27/02/47	เย็น	2.95	ผักบุ้ง	94.26	2.78
27/02/47	เย็น	5.28	ไคโตเกียว	88.62	4.32
27/02/47	เย็น	6.13	โชนว้จิ้น	114.52	7.02
1/03/47	เช้า	7.05	ผักบุ้ง	155.38	10.96
1/03/47	เช้า	5.46	ไคโตเกียว	93.30	5.09
1/03/47	เช้า	3.71	โชนว้จิ้น	120.37	4.46
1/03/47	เย็น	7.08	ผักบุ้ง	192.63	13.64
1/03/47	เย็น	4.41	ไคโตเกียว	216.65	9.56
1/03/47	เย็น	5.13	โชนว้จิ้น	126.81	6.51
4/03/47	เช้า	7.00	ผักบุ้ง	150.89	10.56
4/03/47	เช้า	4.21	ไคโตเกียว	179.09	7.54
4/03/47	เช้า	2.31	โชนว้จิ้น	151.55	3.50
4/03/47	เย็น	7.60	ผักบุ้ง	200.33	15.22
4/03/47	เย็น	7.20	ไคโตเกียว	152.19	10.95
4/03/47	เย็น	5.47	โชนว้จิ้น	227.03	12.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองครั้งที่ 2

ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายในระบบ DFT

วันที่	ค่า EC	
	ก่อนปรับค่า	หลังปรับค่า
8/02/47	0	2.5
11/02/47	2.4	2.5
14/02/47	2.4	2.5
17/02/47	2.4	2.5
20/02/47	2.3	2.5
23/02/47	2.2	2.5
26/02/47	2.3	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 2**  
**ตารางแสดงค่า EC ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยว**

วันที่	เวลา	ค่า EC
27/02/47	เช้า	3.4
27/02/47	เย็น	3.4
1/03/47	เช้า	2.3
1/03/47	เย็น	2.3
4/03/47	เช้า	1.6
4/03/47	เย็น	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 2**  
**ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT**

วันที่	ค่า EC	
	ก่อนปรับค่า	หลังปรับค่า
8/02/47	0	5.5
11/02/47	6.44	5.5
14/02/47	7.00	5.5
17/02/47	7.35	5.5
20/02/47	7.35	5.5
23/02/47	6.44	5.5
26/02/47	7.30	5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลองครั้งที่ 2**  
**ตารางแสดงค่า pH ของสารละลายในระบบ DFT วันเก็บเกี่ยว**

วันที่	เวลา	ค่า pH
27/02/47	เช้า	5.59
27/02/47	เย็น	5.59
1/03/47	เช้า	6.15
1/03/47	เย็น	6.25
4/03/47	เช้า	7.54
4/03/47	เย็น	7.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1A ความเข้มข้นในเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ	6 ธ.ค. 46		9 ธ.ค. 46		12 ธ.ค. 46	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
ผักบุ้งจีน R1	8.10	7.76	0	7.65	7.87	5.46
	8.72	8.10	7.65	7.87	7.33	6.55
	9.42	8.34	7.98	7.33	7.87	5.79
	$\bar{X}$	8.74	8.06	7.81	7.61	7.68
ไคโตเกี้ยว R1	11.12	11.96	11.96	9.42	10.38	10.41
	12.44	11.53	10.38	8.22	11.53	10.04
	12.95	11.74	11.12	8.59	10.74	9.72
	$\bar{X}$	12.16	11.74	11.15	8.74	10.88
โหระพา R1	10.56	9.02	11.96	10.45	10.07	8.10
	10.38	8.97	12.06	10.21	10.04	8.22
	11.04	9.08	12.64	10.89	9.88	8.17
	$\bar{X}$	10.65	9.02	12.21	10.51	9.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1B** ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ ชนิดผัก	6 ธ.ค. 46		9 ธ.ค. 46		12 ธ.ค. 46	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
ผักบุ้งจีน $\bar{X}$	8.74	8.06	7.81	7.61	7.68	5.93
ไคโตเกียว $\bar{X}$	12.16	11.74	11.15	8.74	10.88	10.05
โชนวุ้น $\bar{X}$	10.65	9.02	12.21	10.51	9.99	8.16



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1C** ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลสด) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ ชนิดผัก	6 ธ.ค. 46		9 ธ.ค. 46		12 ธ.ค. 46	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
ผักนึ่งจิ้น $\bar{X}$	7313.70	7196.14	6878.12	6861.23	5213.43	4402.38
ไคโตเกียว $\bar{X}$	5135.04	5061.42	4840.76	4809.72	4580.85	4456.35
โหวจิ้น $\bar{X}$	4380.61	4374.78	5938.16	5741.60	4389.48	4270.45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2A** ความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 2

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ	27 ก.พ. 47		1 มี.ค. 47		4 มี.ค. 47		
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	
ผักบุ้งจีน R1	10.33	8.69	12.06	8.21	7.35	6.77	
	R2	8.45	8.61	11.68	7.99	7.56	6.74
	R3	7.56	8.88	0.91	7.77	7.77	6.79
	$\bar{X}$	8.77	8.72	8.21	7.99	7.56	6.76
โตโตเกียว R1	12.81	10.03	10.33	10.33	9.79	9.43	
	R2	12.51	9.82	10.64	10.64	9.74	9.11
	R3	12.72	9.74	10.97	10.55	9.94	9.38
	$\bar{X}$	12.67	9.86	10.64	10.50	9.82	9.30
โชนว้จัน R1	11.11	10.64	10.33	9.79	9.74	8.93	
	R2	10.97	10.45	10.20	9.85	9.65	8.45
	R3	10.87	10.20	10.45	9.60	9.54	8.64
	$\bar{X}$	10.98	10.43	10.32	9.74	9.64	8.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2B** ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลแห้ง) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 2

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ ชนิดผัก	6 ธ.ค. 46		9 ธ.ค. 46		12 ธ.ค. 46	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
ผักบุ้งจีน $\bar{X}$	8.77	8.72	8.21	7.99	7.56	6.76
ไคโตเกียว $\bar{X}$	12.67	9.86	10.64	10.50	9.82	9.30
โหระพีน $\bar{X}$	10.98	10.43	10.32	9.74	9.64	8.67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2C ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลสด) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 2

ช่วงวัน-เวลาการเก็บ ชนิดผัก	6 ธ.ค. 46		9 ธ.ค. 46		12 ธ.ค. 46	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
ผักบุ้งจีน $\bar{X}$	0.62	0.61	0.57	0.56	0.52	0.51
ไคโตเกียว $\bar{X}$	0.52	0.52	0.55	0.51	0.41	0.38
โหลวจิน $\bar{X}$	0.58	0.58	0.56	0.52	0.51	0.47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ความเข้มข้น (โดยมวลแห้ง) ของ crop 1**

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ชนิดของผักไทย (A)	2	98.47302027	47.73651013	218.05**
อายุการเก็บเกี่ยว (B)	2	16.22984835	8.11492417	37.07**
ช่วงเวลาการเก็บ (C)	1	24.64321347	24.64321347	112.56**
AB	4	20.70363935	5.17590984	23.64**
AC	2	0.00000000	0.00000000	0.00
BC	2	1.97564625	0.98782313	4.51**
ABC	4	3.20142425	0.80035606	3.66**
ความคลาดเคลื่อน	35	7.66247894	0.21892797	
รวม	52	168.84915429		

\*\* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ความเข้มข้น (โดยมวลสด) ของ crop 1**

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ชนิดของผักไทย (A)	2	24152069.8246830	12076034.91234470	169.37**
อายุการเก็บเกี่ยว (B)	2	15429646.52882410	7714823.26441205	108.20**
ช่วงเวลาการเก็บ (C)	1	159508.40707946	159508.4070946	2.24
AB	4	14850162.83713720	3712540.71678460	52.07**
AC	2	213653.13425899	106826.56712949	1.50
BC	2	4323573.18149257	211786.59074628	2.97**
ABC	4	323443.52358246	80860.88089561	1.13
ความคลาดเคลื่อน	35	2495531.83668160	71300.9096194	
รวม	52	58047589.30374560		

\*\* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ความเข้มข้น (โดยมวลแห้ง) ของ crop 2**

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ชนิดของผักไทย (A)	2	61.00079277	30.50039638	12.89**
อายุการเก็บเกี่ยว (B)	2	23.68368242	11.84184121	5.01**
ช่วงเวลาการเก็บ (C)	1	7.3679601	7.36496401	3.11
AB	4	0.04555230	0.01138808	0.00
AC	2	1.45415773	0.72707886	0.31
BC	2	1.52890856	0.76445428	0.32
ABC	4	5.39496069	1.34874017	0.57
ความคลาดเคลื่อน	36	85.17576870	2.3599357	
รวม	53	185.64878718		

\*\* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

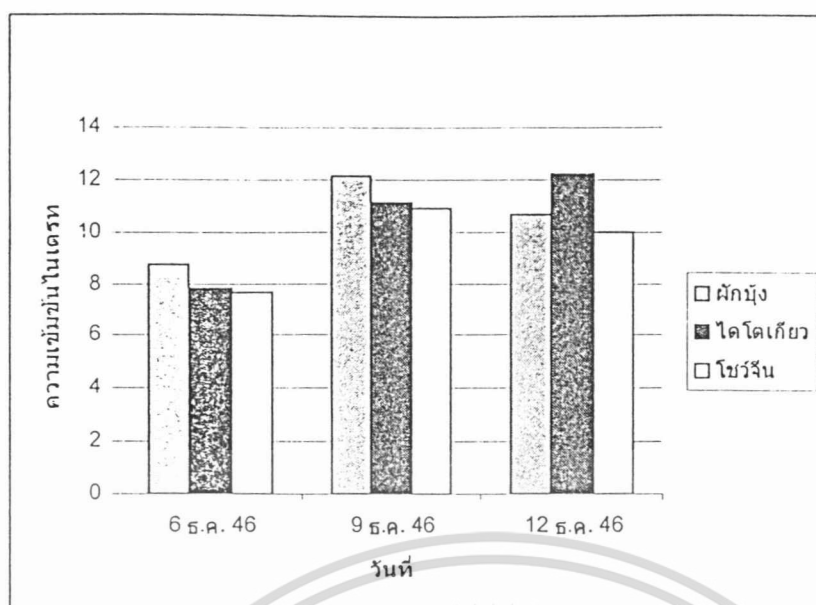
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ความเข้มข้น (โดยมวลสด) ของ crop 2

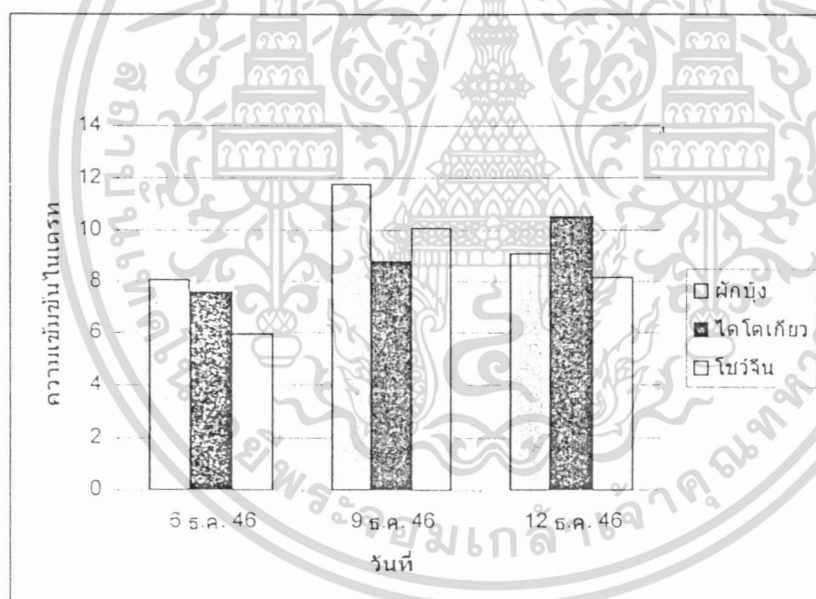
แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ชนิดของผักไทย (A)	2	6963227.89823723	3481613.94911861	2.97
อายุการเก็บเกี่ยว (B)	2	10685038.26450990	5342519.13225496	4.56**
ช่วงเวลาการเก็บ (C)	1	648102.79888201	648100.79888201	0.55
AB	4	1511223.82036996	377805.95509249	0.32
AC	2	38152.09094381	19076.04547191	0.02
BC	2	161270.93678355	80635.46839178	0.07
ABC	4	86829.27552342	21709.8188808	0.02
ความคลาดเคลื่อน	36	42203727.50514690	1172325.76403186	
รวม	53	62297582.59039690		

\*\* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

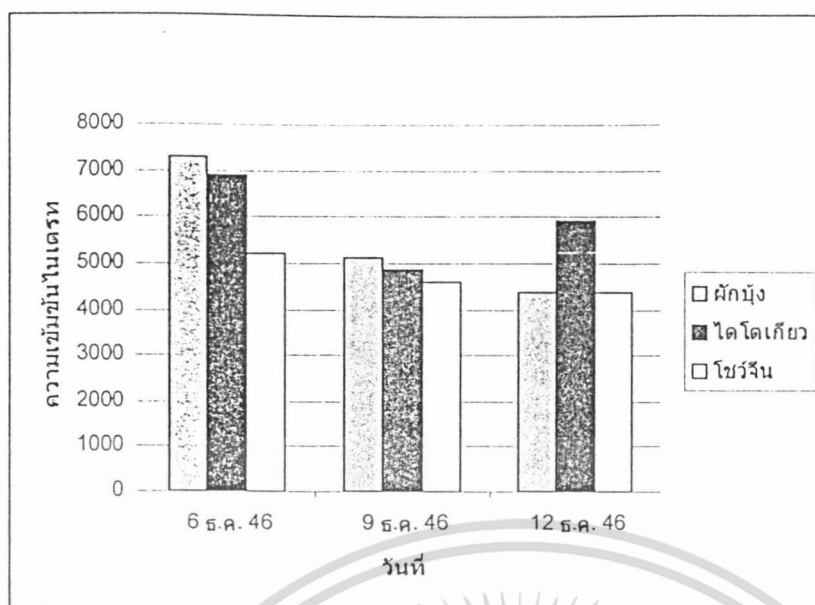


กราฟ 1 แสดง ค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน (โดยมวลแห้ง) ของฝักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1 ช่วงเช้า

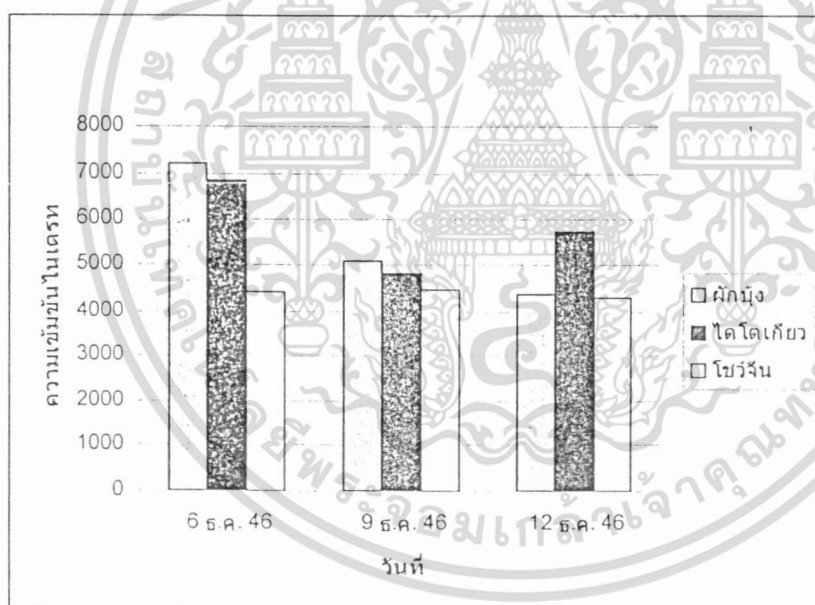


กราฟ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน (โดยมวลแห้ง) ของฝักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 2 ช่วงเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



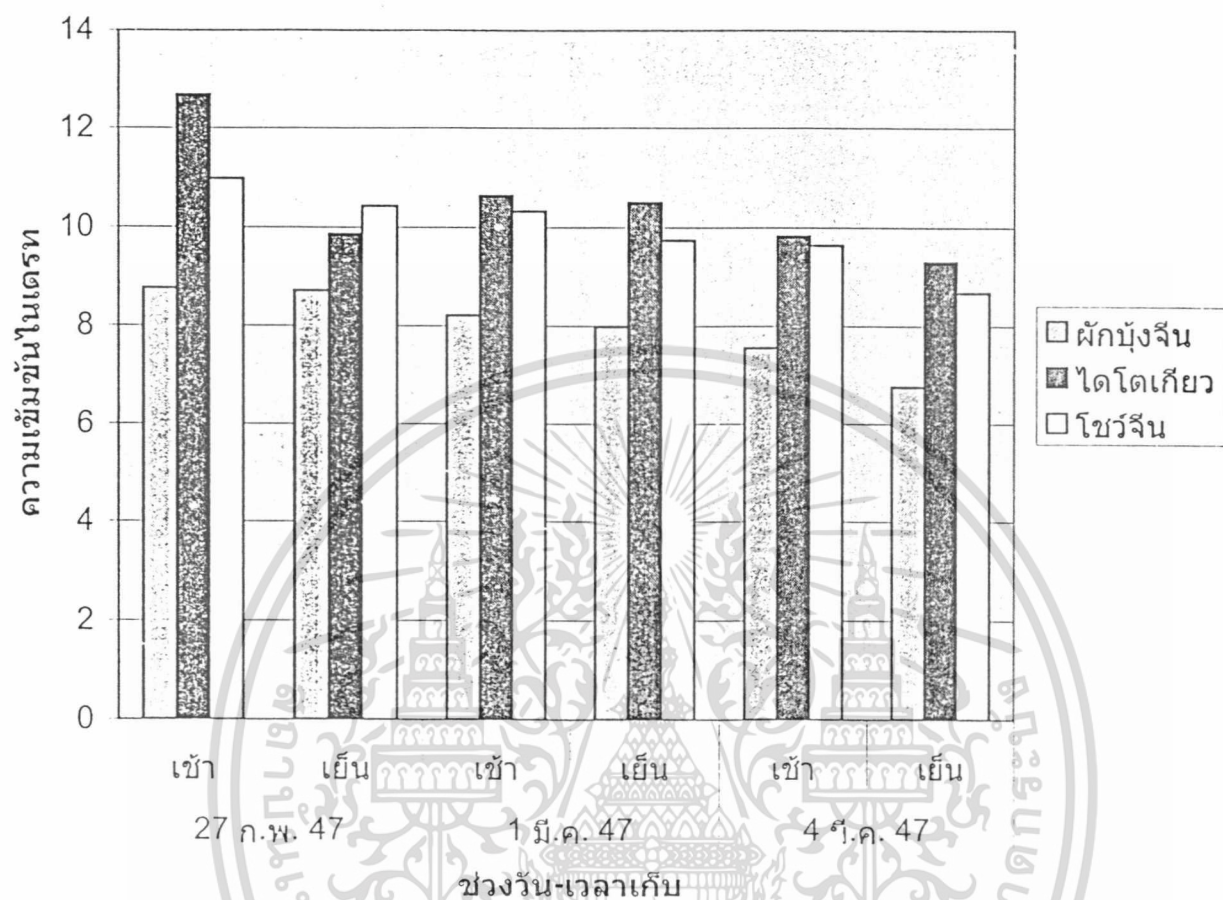
กราฟ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน (โดยมวลสด) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1 ช่วงเช้า



กราฟ 4 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน (โดยมวลสด) ของผักไทยในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT ในการเก็บตัวอย่าง Crop ที่ 1 ช่วงเย็น

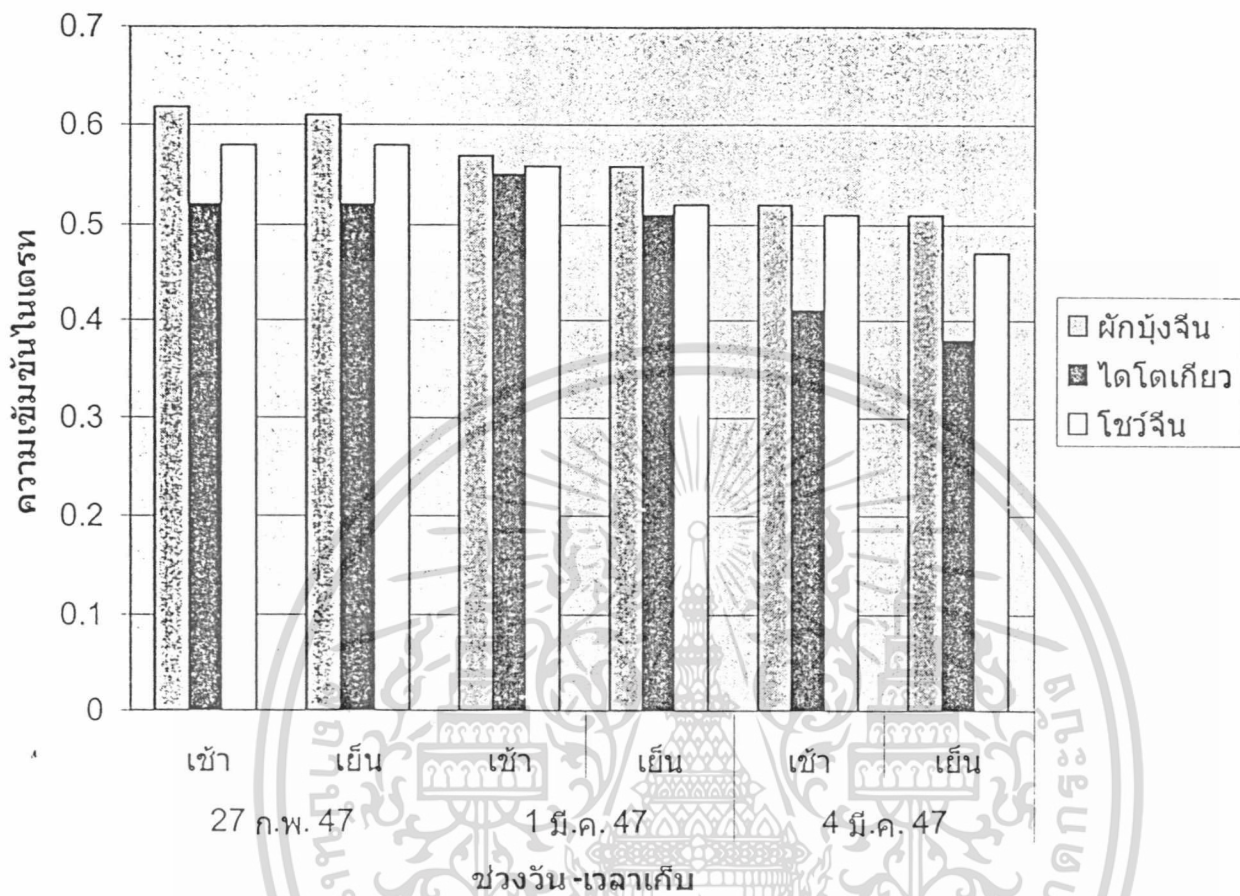
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท  
(โดยมวลแห้ง) Crop 2

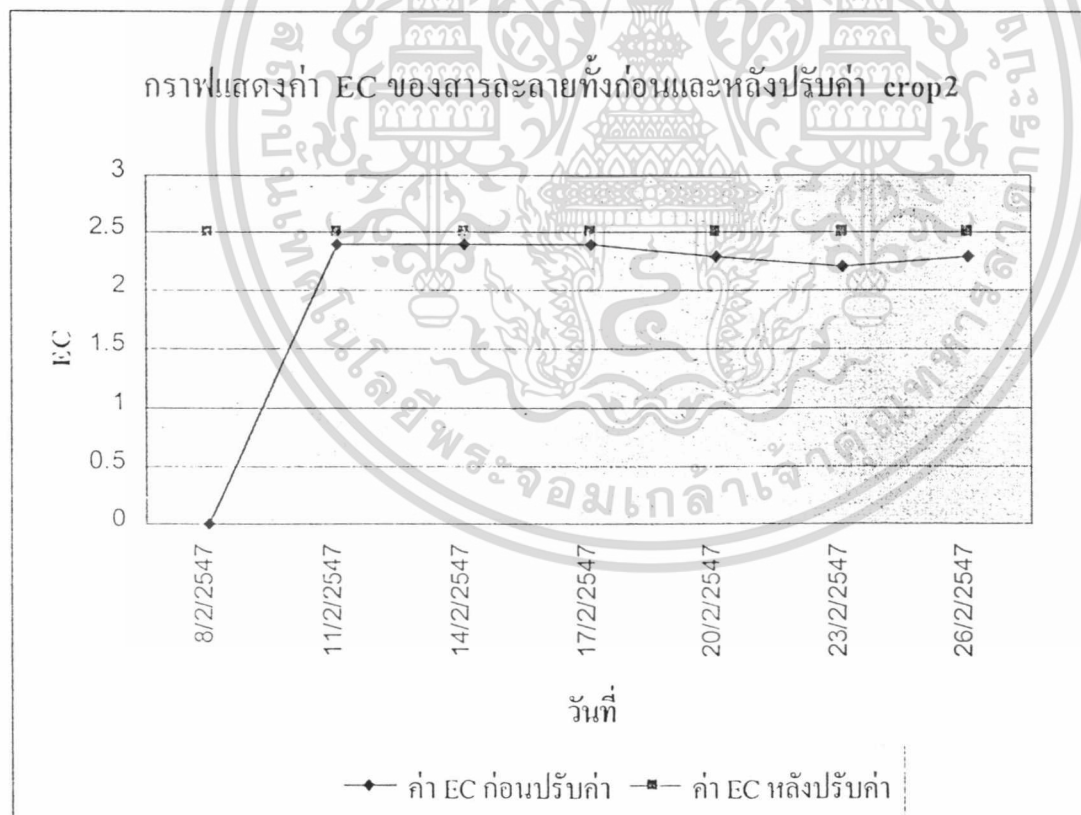
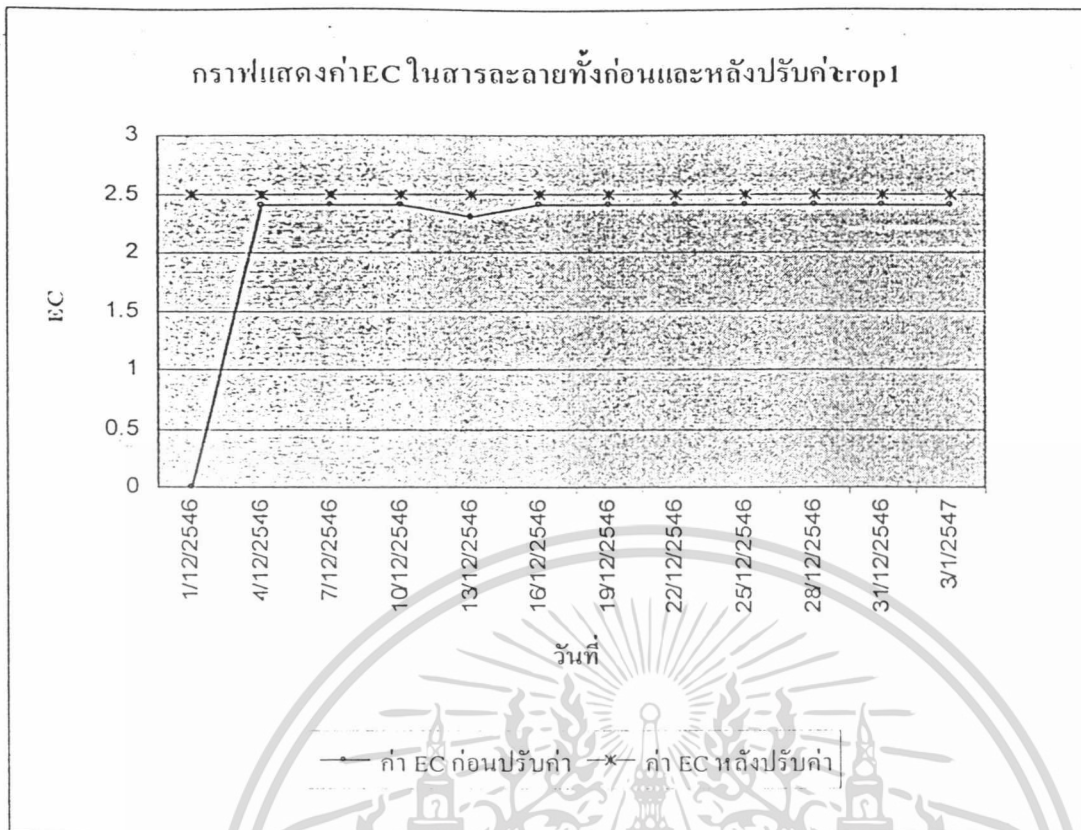


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

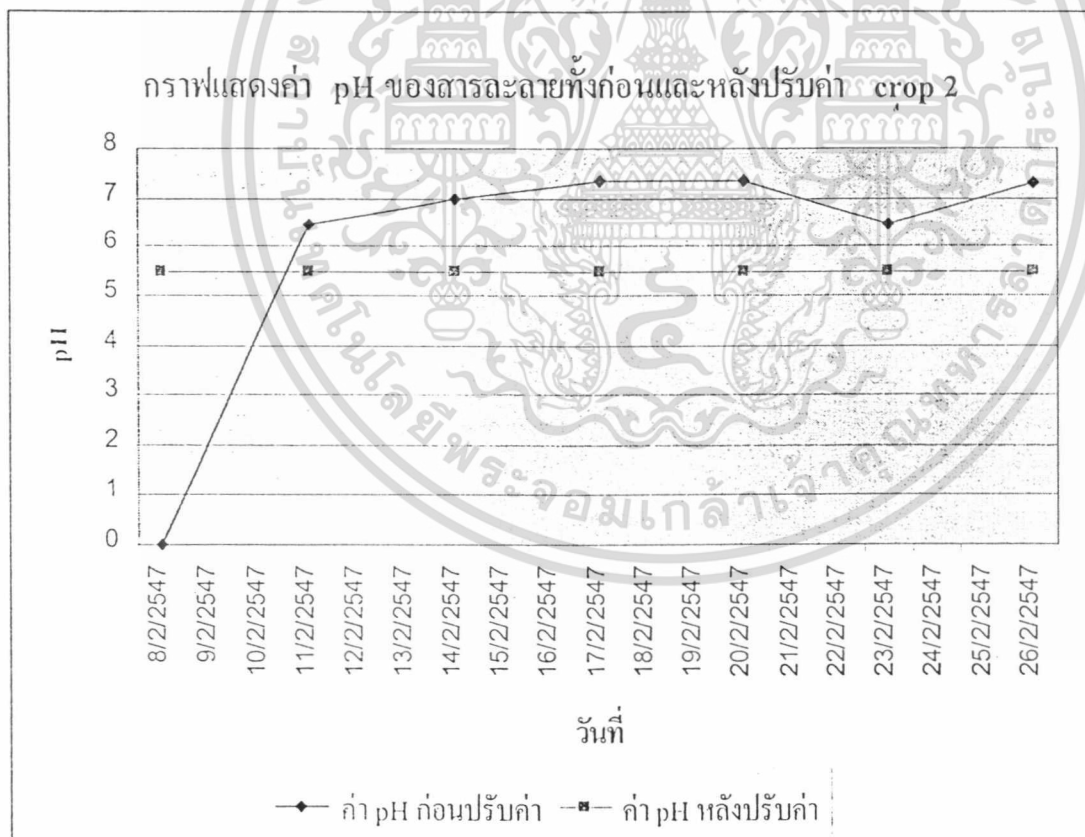
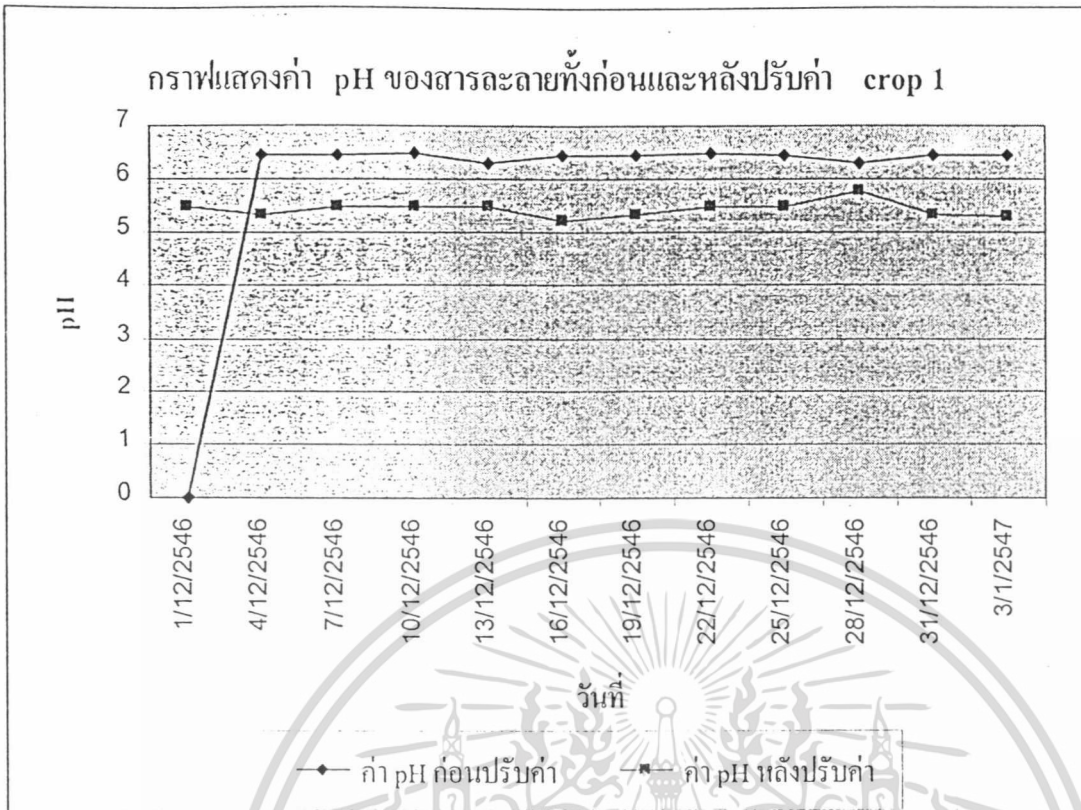
กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรท (โดยมวลสด )  
Crop 2



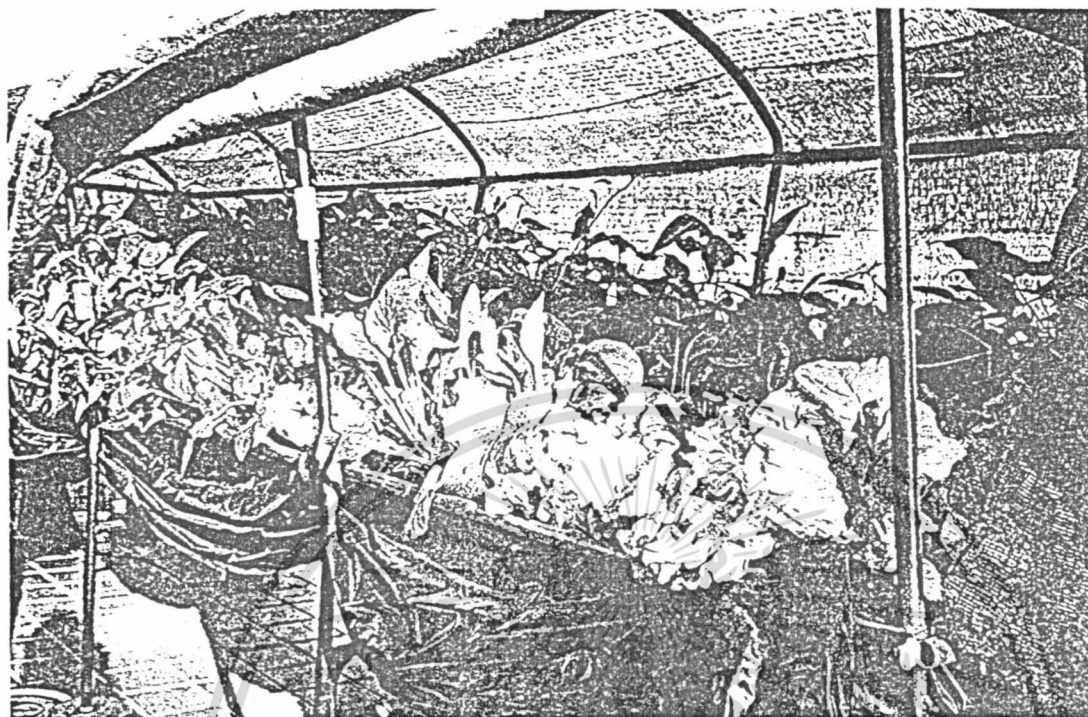
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

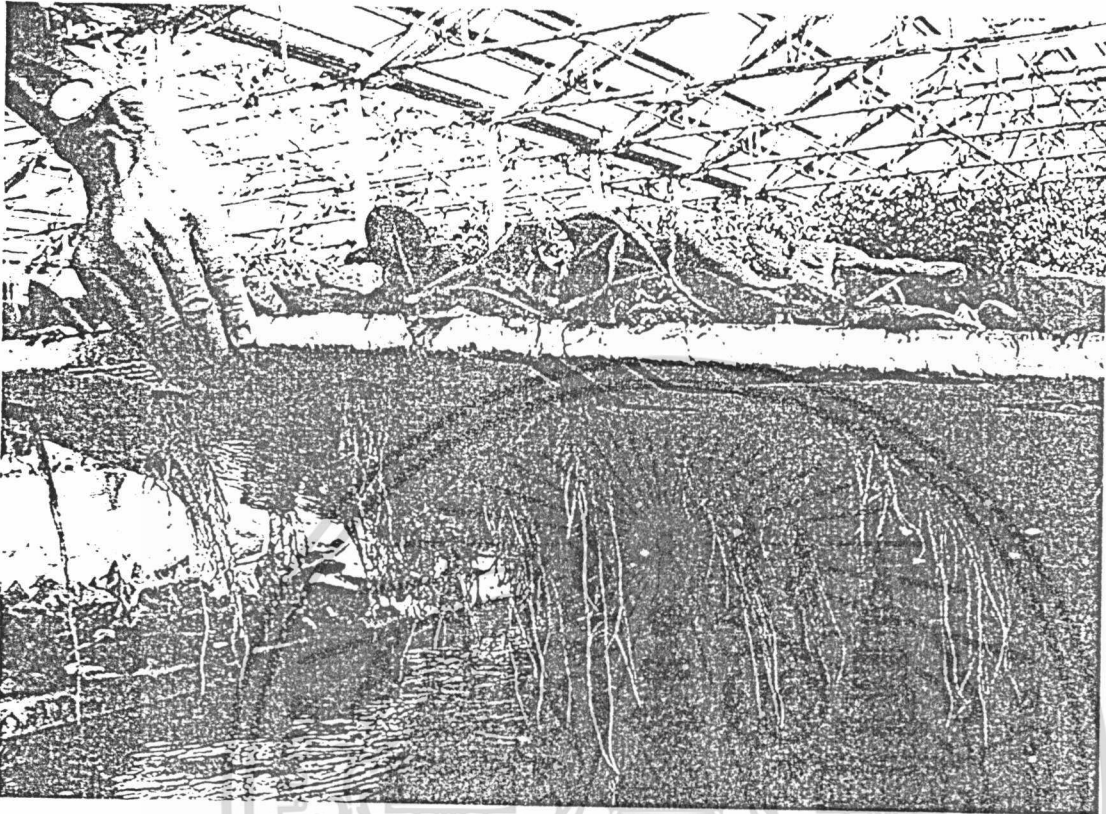


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง การปลูกผักไทยทั้งสามชนิดในช่วงการเจริญเติบโตของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบระบบ DFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่า pH และ EC ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้