

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การอนุบาลข่าไถ่ต่าง (*Hygrophila polysperma*) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
ในระบบไฮโดรโปนิกส์

A NURSERY OF *HYGROPHILA POLYSPERMA* FROM TISSUE
CULTURE IN HYDROPONICS SYSTEM.

โดย

นายสมประสงค์ สมนำเพชร

รหัส 5007101013

สาขาวิชาการประมง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2552

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การอนุบาลขี้ไก่ต่าง (*Hygrophila polysperma*) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
ในระบบไฮโดรโปนิกส์

A NURSERY OF *HYGROPHILA POLYSPERMA* FROM TISSUE
CULTURE IN HYDROPONICS SYSTEM.

โดย

นายสมประสงค์ สมคำเพชร

รหัส 5007101013

สาขาวิชาการประมง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2552

การอนุบาลขาไก่ดำ (*Hygrophila polysperma*) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
ในระบบไฮโดรโปนิกส์

A NURSERY OF *HYGROPHILA POLYSPERMA* FROM TISSUE
CULTURE IN HYDROPONICS SYSTEM.



ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู)

.....

(อาจารย์ยุทธนา สว่างอารมณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง : การอนุบาลขาไก่ดำ (*Hygrophila polysperma*) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
ในระบบไฮโดรโปนิกส์

A NURSERY OF *HYGROPHILA POLYSPERMA* FROM TISSUE
CULTURE IN HYDROPONICS SYSTEM.

ชื่อผู้เขียน : นายสมประสงค์ สมคำเพชร

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของขาไก่ดำที่ใช้สูตรปุ๋ยแตกต่างกันโดยการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงเริ่มต้นเฉลี่ย 1.35 ± 0.172 , 1.63 ± 0.457 เซนติเมตรและมีจำนวนใบเฉลี่ย 4.87 ± 0.526 , 3.07 ± 0.411 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าขาไก่ดำมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งสองชุดการทดลองโดยมีความสูงสุดท้ายเฉลี่ย 3.54 ± 0.390 และ 10.44 ± 1.142 เซนติเมตร โดยมีความสูงเพิ่มขึ้น 2.19 ± 0.390 และ 8.81 ± 1.142 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนใบของขาไก่ดำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีจำนวนใบสุดท้ายเฉลี่ย 9.41 ± 1.579 และ 17.8 ± 1.778 ใบ/ต้น โดยมีจำนวนใบที่เพิ่มขึ้น 4.54 ± 1.579 และ 14.73 ± 1.778 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าขาไก่ดำที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์มีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดสูงกว่าการปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การศึกษาคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ มีปริมาณสูงและไม่เหมาะสมต่อการดูดซึมธาตุอาหารมาใช้ประโยชน์ได้ของพืช ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำตลอดการทดลองมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มใส่ธาตุอาหารและจะลดลงเรื่อยๆจากการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของพรรณไม้ น้ำ ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารเหลือน้อยและไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

คำสำคัญ : ขาไก่ดำ, ระบบไฮโดรโปนิกส์, ปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ด, ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์กมลวรรณ ศุภวิญญู ซึ่งได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
ปัญหาพิเศษ และอาจารย์ยุทธนา สว่างอารมย์ กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม ให้แก่
ข้าพเจ้า และได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลองตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุ
อุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และช่วยตรวจสอบแก้ไข
จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นรูปเล่มปัญหาพิเศษอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณบุญโรช ศรีละพันธ์ นักวิชาการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์สูตรปุ๋ยไฮโดร
โพนิคส์ที่ใช้ในการศึกษาการทดลองในครั้งนี้ และคุณณิชาพล แก้วชญา นักวิทยาศาสตร์ประจำ
ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ทำการศึกษาดทดลอง
และเก็บข้อมูล ขอขอบคุณโครงการพัฒนาขีดความสามารถให้กับฐานการเรียนรู้ทางการประมง
เชิงบูรณาการ ณ ที่อนุเคราะห์ค้นพันธุ์ชาไก่ต่างเพื่อทำการทดลองในครั้งนี้

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษา
มาโดยตลอดและขอขอบคุณคณะเพื่อนนักศึกษาทุกคนในห้องเรียนเดียวกันที่คอยเป็นกำลังใจให้
ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

สมประสงค์ สมคำเพ็ชร

กันยายน 2552

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	26
วิธีการดำเนินวิจัย	27
เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการศึกษา	32
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	
ภาคผนวก (ก) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	50
ภาคผนวก (ข) ประวัติผู้วิจัย	83

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนการดำเนินงาน	26
2 ความสูงเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	34
3 จำนวนใบ(ใบ/ต้น) เฉลี่ยของขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	35
4 ความเป็นกรด-ด่าง(pH) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	37
5 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	38
6 ไนโตรเจน-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	41
7 ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	43
8 ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	45
ตารางผนวก	
1 ความสูงเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปฏิต่างกัน	56
2 จำนวนใบเฉลี่ย(ใบ/ต้น) ของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปฏิต่างกัน	57
3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	58
4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	59
5 ไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	60
6 ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	61
7 ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปฏิต่างกัน	62
8 ค่า Group Statistics ความสูงของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปฏิต่างกัน	63
9 ค่า Independent Samples T Test ความสูงของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปฏิต่างกัน	64

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
10 ค่า Group Statistics จำนวนใบของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	65
11 ค่า Independent Samples T Test จำนวนใบของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	66
12 ตาราง Oneway Descriptives ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	67
13 ตาราง ANOVA ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	68
14 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1	69
15 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2	69
16 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 3	70
17 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	71
18 ตาราง ANOVA ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	72
19 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1	73
20 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2	73

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
21 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	74
22 ตาราง ANOVA ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำ ในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	75
23 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1	76
24 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	77
25 ตาราง ANOVA ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำ ในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	78
26 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	79
27 ตาราง ANOVA ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำ ในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	80
28 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1	81
29 ตาราง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2	81

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของขาไก่ดำ	2
2	ความสูงเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	32
3	จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	33
4	ความเป็นกรด-ด่าง(pH) ของน้ำในการปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	35
5	แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	37
6	ไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	39
7	ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในการปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	41
8	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในการปลูกขาไก่ดำด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน	43
ภาพผนวก		
1	ชั้นปลูกพรรณไม้น้ำทำจากท่อ PVC	50
2	การปลูกขาไก่ดำในระบบไฮโดรโปนิกส์	50
3	เครื่องให้อากาศ ยี่ห้อ SONIC รุ่น AP 2500	51
4	เครื่อง Spectro photometer ยี่ห้อ Thermo Spectronic	51
5	เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C830	52
6	สารเคมีที่ใช้วัดเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	52
7	สารเคมีที่ใช้วัดเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน	53
8	สารเคมีที่ใช้วัดเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน	53
9	สารเคมีที่ใช้วัดเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	54
10	ปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดที่ใช้ในการทดลอง	54
11	ปุ๋ยน้ำไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง	55
12	ต้นขาไก่ดำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	55

บทที่ 1

บทนำ

พรรณไม้น้ำนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอนาคตสดใส และมีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ต้องการทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ นิยมนำมาประดับตกแต่งตู้ปลา จัดสวนพรรณไม้น้ำให้มีความงดงามอย่างเป็นธรรมชาติ พรรณไม้น้ำนอกจากจะมีรูปทรงและมีสีสันสวยงามแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อปลาอีกด้วย โดยพรรณไม้น้ำมีการสังเคราะห์แสง ให้ออกซิเจนซึ่งปลานำไปใช้หายใจ และช่วยกำจัดของเสียที่จับถ่วงจากตัวปลาโดยนำไปเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ ประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านการเพาะและขยายพันธุ์เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีในการเพาะขยายพันธุ์ ตลอดจนวิธีนำมาประดับตกแต่งในตู้ปลา จะเป็นการกระตุ้นให้เกิดความสนใจอย่างกว้างขวาง และสามารถพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตซึ่งจุดประกายให้ประเทศไทยสามารถก้าวขึ้นสู่ผู้ผลิตพรรณไม้น้ำชั้นนำของโลกได้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ และการปรับปรุงพันธุ์ ทำให้เกิดพรรณไม้น้ำที่มีลักษณะรูปร่าง และมีสีสันแตกต่างกันมากมาย การผลิตพรรณไม้น้ำนั้นมีทั้งแบบดั้งเดิม คือ ปลูกบนดินในที่โล่ง และแบบพัฒนาในโรงเรือนปิด มีการนำเทคโนโลยีการขยายพันธุ์ของพืชมาใช้เช่นวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และได้ปริมาณมาก ในระยะเวลาที่รวดเร็ว

การประยุกต์ใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการขยายพันธุ์ เพื่อให้สามารถผลิตต้นพันธุ์ปลอดเชื้อได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้การศึกษานำดินอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกปลูกแบบไร้ดิน (Soiless Culture) ทำให้ได้ผลผลิตที่สะอาด มีคุณภาพได้มาตรฐานส่งออก ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการพัฒนารูปร่างการผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออกแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์พรรณไม้น้ำของไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของขาไก่ดำ (*Hygrophila polysperma*) ในสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน
2. ศึกษาปริมาณสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ดำ

(*Hygrophila polysperma*)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ขาไก่ดำมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hygrophila polysperma* มีชื่อสามัญว่า Dwarf Hygrophila. Indian water star อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว ขึ้นอยู่ตามที่ลุ่มที่ชื้นแฉะ ลำต้นใต้ดินมีลักษณะเป็นเหง้า มีต้นตั้งตรงหรือเลื้อยไปตามพื้น ใบเรียงตัวตรงข้ามกันและตั้งฉากกับคู่ถัดไป ใบเหนือน้ำกับใบใต้น้ำมีความแตกต่างกันมาก มีดอกออกเป็นกระจุกที่แกนใบ มีผลชนิดแคปซูล จัดเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตช้า มีความสูง 25-30 เซนติเมตร มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น บริเวณทวีปแอฟริกาและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พรรณไม้น้ำที่อยู่ในสกุลนี้ประมาณ 90 ชนิด กลุ่มพรรณไม้น้ำยอดนิยม ได้แก่ ขาไก่ ขาไก่ดำ ดาวกระจาย หรือเขากวาง (ปรัชญา, 2550)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของขาไก่ดำ(*Hygrophila polysperma*)

ลักษณะทั่วไป

ขาไก่ค่างเป็นพรรณไม้น้ำที่กลายพันธุ์มาจากขาไก่ธรรมดาแต่สามารถมองเห็นเส้นใบชัดเจนกว่า เส้นใบจะมีสีขาวตัดกับสีเขียวของแผ่นใบ ทำให้มองเห็นเป็นลวดลายจึงเรียกขาไก่ค่างเมื่อนำมาปลูกได้น้ำจะมีสีสวยงาม คือแผ่นใบด้านบนจะมีสีแดงหรือสีน้ำตาลแดง มองเห็นเส้นใบสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวชัดเจน แผ่นใบด้านล่างสีเขียวอ่อน นิยมนำไปปลูกบริเวณกลางตู้ หรือเด็ดยอดให้ ลั่นลงเพื่อปลูกเป็นกลุ่มหน้าตู้ปลา ในตู้ที่มีแสงสว่างเพียงพอ และมีธาตุอาหารที่พอเหมาะ ใบจะออกสีแดงหรือสีชมพู สดวาวที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงในตู้ คือ อุณหภูมิ 16-30 องศาเซลเซียส pH ของน้ำ 6.2-7.5 ระดับความลึก 30-40 เซนติเมตร (ปรัชญา, 2550)

การจำแนกพรรณไม้น้ำ (ปรัชญา, 2550)

1. **พืชใต้น้ำ** (Submerged plant) จัดเป็นพืชน้ำอย่างแท้จริง เพราะมีส่วนของใบ ราก ลำต้น แขนงลอยอยู่ ใต้ผิวน้ำ เคลื่อนที่ไปโดยกระแส น้ำ เกิดดอกและผลอยู่ใต้น้ำหรือบางชนิดอาจชูดอกขึ้นมาเหนือผิวน้ำ มีลำต้นพอมยาว และใบอ่อนบอบบาง เช่น สาหร่ายพวงชะโด สาหร่ายหางกระรอก สันตะวาหางไก่

2. **พืชท่อน้ำ** (Submerged anchored plant) หรือพืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged plant) เป็นพรรณไม้น้ำที่เติบโตอยู่บริเวณพื้นดินใต้น้ำ โดยมีรากยึดที่พื้นดิน มีลำต้นสั้นแข็งแรง อาจมีใบและดอกอยู่ใต้น้ำ หรือชูขึ้นมาเหนือน้ำ ใบที่อยู่ใต้น้ำมีลักษณะรูปร่างต่างจากใบที่ลอยน้ำหรือใบเหนือน้ำ โดยใบที่อยู่เหนือน้ำมักจะมีขนาดใหญ่กว่า หนา และแข็งแรงกว่า ผิวด้านบนมักมีสารคิวตินเคลือบอยู่บ้าง บางชนิดมีบางส่วนของต้นอยู่เหนือน้ำ เช่น เทป บัว สาหร่ายคาบอมบ้า สาหร่ายจักร ฝอยน้ำ ใส่ปลาไหล

3. **พืชลอยน้ำ (Floating plant)** เป็นพืชที่เจริญอยู่ในระดับผิวน้ำ ลอยน้ำไปได้อิสระ ไม่มีส่วนประกอบส่วนใดแตะดิน แต่ถ้าระดับน้ำลดลงต้นขึ้น รากอาจจะฝังดินและยึดดินได้ เช่น จอก แหน กระเจี๊ยบ วิกเซีย

4. **พืชครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian plant)** เป็นพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณน้ำตื้น หรือใกล้ฝั่ง มีรากยึดดิน ส่วนล่างของต้นอยู่ใต้น้ำ และมีส่วนบนของต้นอยู่เหนือน้ำ อาจจะมีไหลเป็นต้นได้ดินที่แตกออกไปกระจายโดยรอบ เช่น กกอีลิปต์ อเมซอนชนิดต่างๆ และพืชตระกูล Cryptocoryne

5. **พืชชายน้ำ (Marginal plant)** พืชชนิดนี้มักเจริญเติบโตในบริเวณชายน้ำ ริมตลิ่งหนองน้ำ ที่มีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือที่ชื้นแฉะ มักจะไม่มีระยะที่อยู่ใต้น้ำ น้ำเป็นเพียงปัจจัยที่ช่วยในการเจริญเติบโตเท่านั้น พืชในกลุ่มนี้ เช่น ผักบุ้ง ผักแว่น ใบบัวบก ผักเป็ดแดง รากดำใบยาว รากดำใบใหญ่ ขวามอส (ปรัชญา, 2550)

ปัจจัยในการดำรงชีวิตของพรรณไม้น้ำ (วนาวรณ, มปป.)

1. **ความเป็นกรด-ด่าง (pH)** พรรณไม้น้ำสามารถใช้ธาตุอาหารในน้ำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่ กับระดับ pH ของน้ำ ถ้า pH ต่ำหรือสูงเกินไป พรรณไม้น้ำไม่สามารถเจริญได้ดี ส่วนใหญ่จะเจริญงอกงามได้ดีในน้ำที่มีค่า pH ระหว่าง 6.5-7.5 แต่ในช่วงที่มีแสงสว่างหรือในเวลากลางวัน พรรณไม้น้ำจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์ pH

2. **ความขุ่นใสของน้ำ (Turbidity)** ในการปลูกพรรณไม้น้ำจำเป็นต้องใช้น้ำที่สะอาดเพื่อให้สังเคราะห์แสงได้ดี ถ้าน้ำมีความขุ่นก็จะเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงของพืชเนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำสะท้อนหรือดูดซึมแสงเอาไว้

3. **ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness)** โดยทั่วไปพรรณไม้น้ำส่วนใหญ่ชอบน้ำที่มีลักษณะเป็นน้ำกระด้างเล็กน้อยหรือกระด้างปานกลาง

4. แสงสว่างและอุณหภูมิ แสงสว่างมีความสำคัญในการสังเคราะห์อาหาร พรรณไม้น้ำต่างชนิดกันต้องการปริมาณแสงที่แตกต่างกัน ในการปลูกพรรณไม้น้ำหลายชนิดรวมกันจึงควรคัดเลือกพรรณไม้น้ำที่มีความต้องการแสงที่ใกล้เคียงกันจะทำให้เจริญงอกงามได้ดี ส่วนอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อพรรณไม้น้ำเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโต พรรณไม้น้ำส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส

5. อาหาร หรือปุ๋ย พรรณไม้น้ำต้องการนำไปใช้ประโยชน์มักพบว่าจะละลายอยู่ในน้ำจากธรรมชาติอย่างเพียงพอ สำหรับการปลูกพรรณไม้น้ำควรถ่ายน้ำเก่าทิ้งแล้วเติมน้ำใหม่จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารแก่พรรณไม้น้ำวิธีหนึ่ง เว้นแต่มีการปลูกอย่างหนาแน่น จำเป็นต้องมีการเติมอาหารหรือปุ๋ยลงไป เพื่อป้องกันการขาดแคลนธาตุอาหาร ซึ่งอาหารหลักของพรรณไม้น้ำคือคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน รองลงมาคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและที่พรรณไม้น้ำต้องการน้อยที่สุดคือพวกจุลธาตุ

ปุ๋ยเคมี (วินัย, 2551)

คือ ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งมีชีวิตเช่น จากหิน หรือแร่ธาตุต่าง ๆ หรือจากการสังเคราะห์ขึ้น เช่น ปุ๋ยยูเรียแอมโมเนียมซัลเฟต หินฟอสเฟตบด หรือปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปแม้ว่าปุ๋ยเคมีจะมีธาตุอาหารพืชอยู่มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ก็ตามแต่ปุ๋ยเคมีไม่สามารถทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ได้ทั้งหมด เพราะปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้โปร่งและร่วนซุยได้ นอกจากนี้ปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่ก็มักจะไม่มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมครบทุกธาตุเหมือนปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมีทั่ว ๆ ไป จะเกี่ยวข้องกับธาตุอาหารอยู่ 3 ธาตุ คือธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม

ข้อดีของปุ๋ยเคมี

1. มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่อน้ำหนักปุ๋ยสูง ใช้ปริมาณเล็กน้อยก็เพียงพอ
2. ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้เร็ว
3. หาซื้อง่าย เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ผลิตได้จากโรงงาน สามารถผลิตได้จำนวนมาก

ข้อด้อยของปุ๋ยเคมี

1. ไม่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน คือ ไม่ช่วยทำให้ดินโปร่ง
2. ปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ถ้าใช้ในปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น ต้องแก้โดยการใส่ปูนขาว (วินัย, 2551)

การเพาะขยายพรรณไม้น้ำสวยงาม(วันเพ็ญและกาญจนา, 2543)

1. การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการใช้เมล็ด พรรณไม้น้ำที่มีการขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศได้แก่ แอมมาเนียเล็ก แอมมาเนียแดง ขบาแดง ใส่ปลาไหล อเมซอน โรทาล่า ทับทิม เป็นต้น

2. การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เป็นการขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำด้วยการใช้ส่วนต่างๆ ของต้นพันธุ์เช่น ราก ลำต้น ใบ เป็นต้น

2.1 การขยายพันธุ์โดยใช้สปอร์ ได้แก่ รากดำใบยาว

2.2 ลำต้น โดยการตัดยอดจากต้นแม่ให้มีจำนวนข้อไม่น้อยกว่า 2-3 ข้อ นำไปปลูกลง

บนแปลงดิน หรือกรวดขนาดเล็ก เช่น ผักเป็ดแดง ลานไพลิน พรหมมิ ขาไก่ดำ เป็นต้น

2.3 หน่อ เป็นลำต้นใต้ดิน ที่มีลักษณะลำต้นสั้นและใหญ่ โดยการแยกต้นอ่อน

ที่เกิดไปปลูกบนพื้นดินหรือพื้นกรวด เช่น อนุเบียสและโบลิเวีย เป็นต้น

2.4 ไหล เป็นลำต้นพิเศษจะเจริญขนานไปกับผิวดินและกรวด และจะเกิดต้นใหม่ ขึ้น 1 ต้นที่ข้อ การขยายพันธุ์โดยการใช้ไหล จะทำการขุดหรือตัดลำต้นเมื่อเห็นว่ามีรากมากพอ โดยการย้ายไปปลูกตามที่ต้องการ เช่น ไม้ปลาไหล ใบพาย หนุ่ยน้ำและเทป (ณฐกร, 2548)

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปัจจุบันเทคโนโลยี การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีบทบาทอย่างมาก ต่ออุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงพรรณไม้ใบ ราก ดอก ผล หัว หรือเซลล์เพียงเซลล์เดียวจากใบ รวมทั้ง เซลล์ที่ปราศจากผนังเซลล์ที่เรียกว่า โปรโตพลาสต์ นำมาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อจุลินทรีย์ที่มี อาหารสูตรวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้ง อยู่ในสภาวะควบคุมอุณหภูมิและแสง มีผลทำให้ชิ้นส่วนของพืชเหล่านี้ สามารถเจริญเติบโต เกิดเป็นต้นใหม่แล้วจึงทำการตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ ย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่อย่างต่อเนื่องก็สามารถเพิ่ม ปริมาณต้นพืชได้เป็นอีกทวีคูณ และต้นพืชที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ รวมทั้งปราศจาก โรคด้วย ดังนั้นเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงมีผลดีในด้านการควบคุมคุณภาพและเพิ่มปริมาณ มากในระยะเวลาที่สั้น ในด้านการผลิตต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรคด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ในด้านการ ปรับปรุงพันธุ์ โดยการชักนำให้กลายพันธุ์ แล้วคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีไว้ ในด้านการเก็บรักษาพันธุ์ ด้วยการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของสารชะลอการเจริญเติบโต (วันเพ็ญ และกาญจน์รี, 2543)

การปลูกพรรณไม้น้ำในแปลงเพาะพันธุ์ (วันเพ็ญ และกาญจน์รี, 2543)

1. การปลูกแบบครึ่งบกครึ่งน้ำ วิธีนี้เหมาะสำหรับพรรณไม้น้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำและ ประเภทชายน้ำ ซึ่งโดยส่วนใหญ่พรรณไม้น้ำสวยงามมักจัดอยู่ในประเภทนี้ ในธรรมชาติจะเติบโต ได้ดีในที่ลุ่มน้ำขัง ชื้นแฉะ เมื่อนำมาขยายพันธุ์จะปลูกในแปลงที่มีวัสดุปลูกเป็นดินหรือกรวด ขนาดเล็ก มีน้ำและหรือน้ำท่วมแค่โคนต้น บ่อปลูกอาจเป็นบ่อซีเมนต์หรือก่อด้วยอิฐบล็อกเตี้ยๆ ที่กักน้ำได้หรืออาจจัดเป็นกระบะปูด้วยแผ่นพลาสติกยกสูงขึ้นจากพื้น ซึ่งจะสะดวกกับการทำงาน ได้มากขึ้น ด้านบนมีตาข่ายพรางแสงประมาณ 40-60% ขึ้นอยู่กับชนิดพรรณไม้น้ำที่ต้องการแสง

มากน้อยต่างกัน มีระบบน้ำหยดหรือติดตั้งนาฬิกาตั้งเวลาสเปรย์น้ำเป็นเวลาหรือใช้ฝักบัวรด เป็นระยะช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่พรรณไม้น้ำ

2. การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืช โดยการปลูกในกระถาง คล้ายตะกร้าพลาสติกขนาดเล็กโดยใช้วัสดุปลูกเป็นแร่ใยหิน (Rock wool) ซึ่งมีคุณสมบัติอมน้ำ นุ่มไม่เปื่อยง่าย ไม่เกาะกันเป็นก้อน พรรณไม้น้ำที่ปลูกในกระถางจะแช่ไว้ในบ่อหรือกระบะที่มี น้ำ มีการให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์โดยเติม ลงไปกับน้ำและทำการสเปรย์น้ำเป็นระยะเพื่อให้ความชุ่มชื้น มีระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อไม่ให้รากที่แช่อยู่นานๆเกิดการเน่า ข้อดีของการปลูกวิธีนี้คือ สามารถ นำไปจำหน่ายได้เลยและผลผลิตพรรณไม้น้ำ ที่ได้จะมีลักษณะเป็นกลุ่มหรือเป็นกอสวยงามเป็นที่ นิยมของผู้ซื้อ (วันเพ็ญ และกาญจนาภิ, 2543)

การปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน

1. การปลูกในทรายหยาบ (Co sand culture) ซึ่งทรายหยาบมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้น้อยมาก เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ความพรุนระหว่างก้อนมาก และมีอายุการใช้งานนานและ ในการปลูกจะใช้เวลาของทรายหยาบประมาณ 15-20 เซนติเมตร

2. การปลูกในสารละลายพืช (Water culture) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้วัสดุปลูก วิธีนี้ รากพรรณไม้น้ำจะเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช (ณฐกร, 2548)

3. การปลูกพรรณไม้น้ำแบบได้น้ำ วิธีนี้ใช้ในการเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำที่เป็นประเภท พืชได้น้ำ เช่น สาหร่าย เทป สาหร่ายฉัตร สาหร่ายหางกระรอก และสาหร่ายเดนซ่า โดยการตัด ลำต้นมาปักชำในบ่อดินหรือ บ่อซีเมนต์ที่มีวัสดุปลูกเช่นดินหรือกรวด เติมน้ำสูง 30 เซนติเมตร มีการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ชนิดละลายน้ำเช่นเดียวกับวิธีการปลูกชนิดอื่นๆ โดยละลายปุ๋ยในถังก่อน เติมน้ำลงในน้ำในอัตรา 5-15 กรัม/น้ำในบ่อ 1,000 ลิตร เมื่อพรรณไม้น้ำเจริญเติบโตแล้วจึงเด็ดยอด ไปจำหน่าย (วันเพ็ญ และกาญจนาภิ, 2543)

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (อานัฐ, 2548)

การปลูกโดยไม่ใช้ดินจัดเป็นการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกชนิดต่างๆ แทนดินหรือปลูกในน้ำโดยตรงที่เรียกว่า ไฮโดรโพนิกส์ นั้นมีอยู่มากมายหลายระบบ เนื่องจากการพัฒนารูปแบบกันมาเป็นเวลานาน ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของประเทศต่างๆ อย่างไรก็ตามระบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมักมีพื้นฐานมาจากระบบหลักๆ ตามลักษณะการให้สารละลายธาตุอาหาร บริเวณรอบๆรากพืช ได้แก่

1. การปลูกพืชในสารละลาย (water culture)

จัดเป็นระบบการปลูกพืชที่เรียกว่าไฮโดรโพนิกส์อย่างแท้จริงและได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่นๆ และใช้ได้ในพื้นที่ที่มีแสงแดดจัด วิธีการหลักคือการนำรากพืชจุ่มลงในสารละลายโดยตรง รากพืชไม่มีการเกาะยึดกับวัสดุใดๆ และสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ ดังนั้นจึงมักใช้การยึดเหนี่ยวในส่วนของลำต้นไว้แทนเป็นการรองรับรากของต้นพืชเพื่อการทรงตัว

1.1 ระบบเอ็นเอฟที: การใช้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆ (Nutrient Filmtechnique, NFT) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เป็นการปลูกพืชโดยใช้รากแช่อยู่ (โดยทั่วไปมักกำหนดให้น้ำที่ไหลผ่านมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) สารละลายจะไหลหมุนเวียนผ่านรากตลอดเวลา ความยาวของระบบมีตั้งแต่ 5-20 เมตร แต่ไม่ควรเกิน 20 เมตร เนื่องจากจะทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนระหว่างหัวและท้ายได้ ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลายจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของรากพืชระบบเอ็นเอฟทีสามารถแบ่งได้เป็นรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1.1.1 ระบบการปลูกในราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้า (ขาวและดำ) หนา 80-200 ไมครอน หรือจากพีวีซีขึ้นรูป เป็นรางสำเร็จ หรือทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรืออะลูมิเนียมภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากสารละลาย ต้นพืชจะลอยอยู่ในรางได้โดยใช้วัสดุห่อหุ้มต้นหรือใช้รากพืชเกาะกับวัสดุรองรับรากที่สามารถดูดซับน้ำได้ สำหรับประเทศไทยควรใช้วัสดุหาได้ในประเทศไทย สารละลายจะถูกดูดขึ้นจากถังเก็บสารละลาย

แล้วปล่อยเป็นฟิล์มบางๆ ผ่านรากด้วยความเร็วประมาณ 2 ลิตรต่อนาที ทั้งนี้เพื่อให้รากพืชได้รับออกซิเจนเพียงพอ ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของราง จะมีรางรองรับน้ำสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วไปรวมที่ถังเพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

1.1.2 ระบบปลูกในร่อง ระบบนี้ทำการสร้างร่องน้ำให้ลึกลงไปบนพื้นประมาณ 5 ซม. ปลูกต้นกล้าด้วยพลาสติกสีดำ ปรับระดับให้มีการลาดเอียงของร่องน้ำ 0.5-1.0%

1.1.3 ระบบปลูกในท่อ ระบบการปลูกในท่อนี้อาจจะออกแบบให้มีขนาดเล็ก มีความกะทัดรัด ง่ายและสะดวกในการปฏิบัติเพื่อใช้ปลูกผักหลังบ้าน โดยระบบจะประกอบด้วยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว ยาวประมาณ 1 เมตร ตัดด้านบนออกตามแนวยาว ปิดด้านหัวและท้ายของท่อด้วยหัวปิดเพื่อเป็นที่เก็บกักน้ำ วางท่อน้ำไว้ระดับลงมาแต่ละท่อต่อเชื่อมกันด้วยท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว (6 หุน) สารละลายถูกดูดบ่มขึ้นจากถังเก็บสารละลาย ที่อยู่ระดับต่ำกว่าท่อ ส่งผ่านท่อพีวีซีขนาดเล็ก(ท่อไมโคร)ไปยังท่อบนสุดของชั้น เมื่อสารละลายไหลผ่านท่อจนถึงท่อน้ำล้นก็จะไหลลง ผ่านท่อที่สองและสามไหลลงไปยังถังเก็บสารละลายหมุนเวียนไปเรื่อยๆ (อานัฐ, 2548)

ข้อดี – ข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (อารักย์, 2544)

ข้อดี

1. สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่ จำกัดขอบเขตแม้ในที่ ที่ดินมีสภาพไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้ประโยชน์ เช่น ดินเค็ม

2. ควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสม แนนอนและรวดเร็ว ได้แก่ การควบคุมปริมาณธาตุอาหาร pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ซึ่งการปลูกพืชแบบทั่วไปทำได้ยากทำให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้สม่ำเสมอ คงที่ และสูงกว่าการปลูกในดินมาก

3. ใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ลดปริมาณน้ำที่ใช้ลงประมาณ 10 เท่า และลดการสูญเสียธาตุอาหารพืช (ปุ๋ยเคมี) ลงประมาณ 40% ของการปลูกพืชในดิน

4. พืชเจริญเติบโตได้เร็วกว่าและได้ผลผลิตที่มากกว่าการปลูกพืชในดิน เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูก โดยเฉพาะส่วนรากได้ดีกว่าและจัดเตรียมสัดส่วนและปริมาณธาตุอาหารได้สมดุลและพอเหมาะกับความต้องการของพืช

5. ประหยัดเวลา เนื่องจากสามารถย่นอายุการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงกว่าการปลูกพืชในดิน ประหยัดค่าใช้จ่าย ด้านแรงงาน ในการปลูกและการบำรุงรักษา ประหยัดต้นทุนค่าขนส่ง

6. ควบคุมปัญหาโรค – แมลงศัตรูได้ง่ายกว่าเพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน และปัญหาหลักของศัตรูพืชส่วนใหญ่เกิดจากดิน

7. ใช้พื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ปลูกพืชชนิดเดิมในพื้นที่เดียวกันได้ตลอดปี และปลูกได้ต่อเนื่อง รวมทั้งปลูกพืชได้ปริมาณหนาแน่นกว่าการปลูกพืชในดิน

8. ผลผลิตที่ได้สะอาดและปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมเพราะมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินน้อย

ข้อเสีย

1. เป็นระบบที่มีต้นทุนการผลิตเริ่มต้นค่อนข้างสูงกว่าการปลูกพืชในดิน เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์มีราคาแพง

2. วัสดุปลูกบางชนิดเน่าเปื่อยหรือเน่าสลายด้วยยาก ทำให้มีปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฟองน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้สารอาหารพืชที่ใช้แล้วหากไม่มีการจัดการที่ดี ก็อาจสร้างปัญหาให้แก่ น้ำ เช่น ไนเตรท เป็นต้น

3. ต้องการความรู้ทักษะมากพอ ในการจัดการควบคุมดูแล ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เช่น ถ้าเกลือสะสมมากในวัสดุปลูกหรือรากพืช จะทำให้รากพืชดูดน้ำไม่ได้

4. มีข้อจำกัดเรื่องชนิดของพืชปลูก เนื่องจากการลงทุนสูงกว่าการปลูกพืชในดิน จึงต้องเลือกปลูกพืชที่มีราคาหน่วยคุ้มค่าการลงทุน

5. ต้องมีตลาดรองรับผลผลิตมากพอ จึงจะดำเนินการได้ เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้ ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชสม่ำเสมอ

6. กรณีปลูกพืชด้วยระบบน้ำหมุนเวียนการเกิดโรคที่ระดับรากพืชจะระบาดสู่ต้นอื่นได้ง่ายควบคุมได้ยาก

7. สาเหตุอื่นที่อาจทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ไฟฟ้า อุปกรณ์ชำรุด การขาดอุปกรณ์สำรอง

8. การทำเป็นเชิงการค้า ต้องเลือกแหล่งผลิตที่มีคุณภาพน้ำที่ดี และต้องมีบุคลากรที่มีความรู้สารถพัฒนาระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน

ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (อาร์กซ์, 2544)

1. **แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร** เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่นๆ ด้วยการนำรากพืชจุ่มแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง ทั้งนี้รากพืชสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ด้วยกัน คือ ดูดออกซิเจนและดูดอาหาร รากส่วนที่ดูดออกซิเจนอยู่บริเวณโคนราก ซึ่งจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง ส่วนรากดูดอาหารอยู่บริเวณปลายรากซึ่งจะจุ่มแช่อยู่ในสารละลายและสามารถพัฒนาไปเป็นรากดูดอากาศได้ การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1.1 แบบสารละลายไม่หมุนเวียน

1.2 แบบสารละลายหมุนเวียน โดยใช้ปั๊มในการทำให้สารละลายมีการไหลเวียน เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรงและช่วยรักษามิให้ธาตุต่างๆ เกิดการตกตะกอน ต้นพืชจะได้รับธาตุอาหารอย่างเต็มที่ระบบนี้เหมาะสำหรับการปลูกพืชเชิงการค้า

2. แบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ (Aeroponics) เป็นการปลูกพืชโดยส่วนของรากลอยอยู่กลางอากาศและนิคสารละลายธาตุอาหารเป็นฟอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา รูปร่างของโครงสร้างปลูกพืชในระบบนี้อาจมีได้หลายรูปแบบ เช่น แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบกระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น พืชในระบบนี้มีการเจริญเติบโตดีตั้งตัวเร็วหลังจากการย้ายปลูก เนื่องจากพืชไม่กระทบกระเทือน การแพร่กระจายของรากดี เนื่องจากไม่มีสิ่งกีดขวางเหมือนในดินและรากได้รับอากาศเต็มที่ การปลูกในระบบนี้เหมาะกับพืชต้นเดี่ยว เช่น พืชผักต่างๆ ถ้าพืชต้นสูงจำเป็นต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึดระบบนี้ เหมาะสำหรับงานศึกษาวิจัยทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตหรือปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อรากเพราะเห็นการพัฒนาของรากได้ตลอด แต่ต้องลงทุนค่าใช้จ่ายในด้านวัสดุค่อนข้างสูง ถ้าระบบการฉีดพ่นอุดตันจะทำให้รากพืชแห้งตายได้ ไม่เหมาะจะปลูกเป็นการค้า

3. แบบปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) เป็นการปลูกใช้วัสดุปลูกทำหน้าที่แทนดินสำหรับใช้ยึดรากและค้ำจุนต้นพืช วัสดุปลูกที่นิยมใช้มักมีความเป็นกลาง ไม่มีธาตุอาหาร ไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชและหาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น แกลบ ขุยมะพร้าว จี้เลื่อย เปลือกไม้ ทราย กรวด ใบหิน เพอร์ไลต์ เวอร์มิคิวไลต์ เป็นต้น โดยจะเรียกชื่อระบบตามวัสดุปลูกนั้นๆ เช่น Sand culture

ข้อดีของระบบนี้ คือ แม้ว่าระบบการให้น้ำชำระ วัสดุปลูกจะสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บน้ำให้พืชได้ เป็นระบบที่ทำได้ค่อนข้างง่าย พืชมีการเจริญเติบโตดี จากการทดลองปลูกพืชในวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับระหว่างวัสดุปลูกอินทรีย์เช่น ทราย ขุยมะพร้าว ฯลฯ ที่สามารถหาได้ในประเทศกับวัสดุปลูกที่ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศได้แก่ rock wool และฟองน้ำจากประเทศเบลเยียม พบว่าการเจริญเติบโตของพืชไม่แตกต่างกัน แสดงว่าวัสดุปลูกภายในประเทศสามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ดี

ข้อเสียของการปลูกพืชในวัสดุปลูกระบบนี้ จะมีความยุ่งยากในการเตรียมวัสดุปลูก และวัสดุบางอย่างมีน้ำหนักมาก ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายและหลังจากปลูกพืชแล้วมักมีปัญหาในการนำไปทิ้งโดยเฉพาะถ้าปลูกในเขตเมืองใหญ่

วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น (อารักษ์, 2544)

1. โรงเรือน เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพื่อที่จะสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติให้เป็นไปได้ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช โดยเฉพาะลม ฝน และการรบกวนจากแมลงศัตรูพืช

2. ภาชนะที่ใช้ในการปลูก ควรคำนึงถึงความสะดวก ความแข็งแรง ความทนทาน และสะดวกติดตั้งในการใช้งาน

3. วัสดุที่ใช้ในการปลูก เป็นวัสดุที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการให้ออกซิเจน และธาตุอาหาร รวมทั้งช่วยในการส่งเสริมให้รากพืชเจริญเติบโต

4. วัสดุรองรับต้นพืช เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ทำให้ต้นพืชทรงตัวอยู่ได้ เช่น เชือกป่าน ลวด โฟม เพื่อช่วยค้ำพยุงมิให้ต้นเคลื่อนไหวไปมา

5. ธาตุอาหารพืช นับเป็นหัวใจของการปลูกพืชเพราะธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชไม่ได้รับธาตุอาหารนั้นพืชไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติ จนครบวงจรชีวิต

6. น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญ เพราะเป็นทั้งตัวทำละลายและนำธาตุอาหารไปให้พืชใช้ ตลอดทั้งยังเป็นส่วนประกอบในส่วนต่างๆของพืช น้ำที่จะนำมาใช้ปลูกพืชต้องมีทั้งปริมาณและคุณภาพที่ดีคุณภาพของน้ำที่ดีจะต้องมีความเหมาะสมทั้งทางกายภาพ ชีวภาพและทางเคมี

7. ปุ๋ย เป็นอุปกรณ์สำคัญในการก่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลายธาตุอาหาร และให้ออกซิเจนแก่รากพืช

8. ไฟฟ้า เพื่อเป็นต้นกำลังของพลังงานที่ขาดไม่ได้ถ้าต้องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทางการค้าจำเป็นต้องจัดหาต้นกำลังสำรองไว้

9. เมล็ดพันธุ์พืชหรือกล้าพืชที่จะใช้ปลูก ควรเป็นพันธุ์ไม้ที่ตลาดต้องการ ต้นกล้ามีความสำคัญต่อความสำเร็จในการผลิตมากเพราะจะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตและตั้งตัวได้เร็ว

10. วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น เครื่องชั่ง ภาชนะใส่สารละลายเข้มข้น ปุ๋ยหรือธาตุอาหาร เครื่องมือตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity meter) ถังใส่สารละลาย ถังมือ อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัดปริมาณสารอาหาร เป็นต้น (อารักษ์, 2544)

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชปลูก (อารักษ์, 2544)

1. ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม

ยีน (gene) เป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ ของพืช เช่นการเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง ขนาด ความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช

2. ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

อุณหภูมิ ที่เหมาะสมสำหรับพืชทั่วไปอยู่ระหว่าง 15- 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็วและช่วงการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิ มีผลกระทบโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ สำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลง ทำให้ไม่มีออกซิเจนเพียงพอต่อการหายใจของราก

ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก และเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร

แสง ตามธรรมชาติจะใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบหรือส่วนที่มีสีเขียว โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ให้เป็นกลูโคสและก๊าซออกซิเจน ทั้งคุณภาพแสง ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

อากาศ พืชใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปพลังงานเคมีให้เป็นพลังงาน เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกระบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆ แต่สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์โดยเฉพาะระบบ Water culture และ Liquid culture รากพืชมักจะขาดออกซิเจน จึงจำเป็นต้องให้ออกซิเจนในจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยการให้ในรูปของฟองอากาศที่แทรกอยู่ในสารละลายด้วยการใช้ปั๊มลมหรือการใช้น้ำระบบหมุนเวียน ถ้าในดินหรือวัสดุปลูกมีออกซิเจนไม่เพียงพอพืชจะมีรากยาว สีขาว และมีรากฝอยมาก

ความเป็นกรดต่าง (pH) มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตเพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช นั่นคือ pH 5.5-6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทุกธาตุมีประโยชน์สำหรับพืช สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุหลักและสังกะสีจะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลายหรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH หรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง (อารักษ์, 2544)

การปรับค่า pH ของสารละลาย

เมื่อเตรียมสารละลาย ที่ pH ตั้งต้นไว้ ประมาณ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป pH ของสารละลาย จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้ เนื่องมาจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น พืชจะมีการดูดใช้ NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นก็จะปลดปล่อย HCO_3^- ออกมาในจำนวนที่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ pH ของ สารละลายเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ ค่า pH ของสารละลายสูง สามารถลด pH ให้ต่ำลงได้โดยใช้ ☐ สารเคมี เช่น กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) หรือกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) เมื่อปรับด้วย กรดไนตริก (HNO_3) จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนในสารละลาย หากปรับด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) จะมี อันตรายต่อ ☐ อณู ☐ ไช ☐ สูงควรใช้ ☐ ด ☐ วยความระมัดระวัง หากปรับด้วยการใช้กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) จะช ☐ วยเพิ่มฟอสฟอรัส ในสารละลายที่มี pH ต่ำเกินไป (< 5.5) ควรเพิ่ม pH โดยใช้ ☐ โซเดียมคาร์ ☐ โบเนต (sodium carbonate) คอสดิก โซดา (Caustic soda) โพแทสเซียมคาร์ ☐ โบเนต (Potassium bicarbonate) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ☐ (Potassium hydroxide) และ คอสดิก โพแทส (caustic potash) สารที่นิยมใช้ ☐ คือ โซเดียมคาร์ ☐ โบเนต (sodium carbonate) ซึ่งมี pH 8.2 และช ☐ วยเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายได้ ☐ ไม่ ☐ ควรใช้ ☐ ในรูปของเกลือโซเดียม เนื่องจากพืชไม่ ☐ ต ☐ องการธาตุนี้ (นิพนธ์, 2551)

การดูดซึมธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในดินและไฮโดรโปนิกส์

พืชที่ปลูกในดินและพืชที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์มีลักษณะการดูดซึมธาตุอาหาร ที่เหมือนกัน แต่พืชที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิกส์ จะได้รับธาตุอาหารจากการดูดซึมทางรากได้รวดเร็ว กว่าพืชที่ปลูกในดิน เนื่องจากรากพืชที่จุ่มอยู่ในสารละลายจะดูดธาตุอาหารที่ละลายอยู่อย่างอิสระ โดยไม่มีแรงดึงจากเมื่อดินมาหน่วงการไหลของน้ำเข้าสู่ราก จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชที่ปลูกใน ระบบไฮโดรโปนิกส์ได้รับปริมาณน้ำและธาตุอาหารต่อวันมากกว่าพืชที่ปลูกในดิน พืชที่ปลูกใน ระบบไฮโดรโปนิกส์จึงเจริญเติบโตเร็วกว่า (นภดล, 2550)

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต (อาร์กีย์, 2544)

1. **ธาตุคาร์บอน (C)** คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่จำเป็นซึ่งพืชขาดไม่ได้ พืชได้รับธาตุคาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศที่มีความเข้มข้น 300 ppm (0.03 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่พืชได้ทางช่องปากใบ เพื่อทำปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงกับโมเลกุลน้ำภายในคลอโรพลาสต์ ได้สารคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของพืช

2. **ธาตุออกซิเจน (O)** พืชดูดซึมก๊าซออกซิเจนส่วนใหญ่ทางช่องปากใบ และบางส่วนทางช่องเลนติเซล (lenticel) ซึ่งจะอยู่ตามผิวของลำต้นและกิ่ง พืชใช้ออกซิเจนในการหายใจโดยออกซิไดซ์สารพวกน้ำตาลให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงและได้พลังงานที่เก็บไว้ในสารเหล่านั้นมาใช้ในเซลล์ของพืช ทำให้พืชมีชีวิตและเจริญเติบโต (อาร์กีย์, 2544)

3. **ธาตุไฮโดรเจน (H)** เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์คู่กันกับธาตุคาร์บอนทำหน้าที่เป็น H^+ ในกระบวนการเคลื่อนย้ายพลังงานและการแลกเปลี่ยนไอออนบวกระหว่างสิ่งแวดล้อมกับเซลล์พืช จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง พืชได้รับในรูปของโมเลกุลน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ผ่านทางราก และไหลไปตามท่อน้ำของพืชไปสู่ใบ (นกดล, 2550)

4. **ธาตุไนโตรเจน (N)** เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างโมเลกุลสารอินทรีย์ที่สำคัญ คือ กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก รงควัตถุคลอโรฟิลล์ และสารพวกโคเอนไซม์หลายชนิด ปริมาณความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืช ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุของพืช และฤดูกาล นอกจากนี้เนื้อเยื่อแต่ละส่วนของพืชก็ต้องการปริมาณธาตุไนโตรเจนต่างกัน โดยทั่วไปธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของโครงสร้างพืชทุกส่วน พืชที่ขาดธาตุไนโตรเจนจะแคระแกร็น ใบอ่อนเล็กเรียว ใบแก่เหลืองซีด กิ่งและต้นบอบบาง ถ้าพืชขาดธาตุไนโตรเจนในช่วงเวลานานเกินไป ใบทั้งหมดจะแสดงอาการเหลืองซีดและแห้งตายไปในที่สุด (นกดล, 2550)

5. ธาตุแคลเซียม (Ca) แคลเซียมเป็นส่วนประกอบของสารเชื่อมผนังเซลล์ของเซลล์ให้ติดกัน และยังช่วยเป็นปัจจัยร่วมของเอนไซม์ในปฏิกิริยาสังเคราะห์โปรตีนและปฏิกิริยาของเอนไซม์อีกหลายชนิดในเซลล์ที่มีชีวิต เป็นสารกระตุ้นเอนไซม์ ช่วยคงสภาพโครงสร้างของเมมเบรนให้ทำงานปกติ ช่วยการดูดซึมธาตุโพแทสเซียม ช่วยลดพิษของธาตุแมกนีเซียมทำให้พืชดูดซึมแมกนีเซียมมากขึ้นและนำไปสร้างรงควัตถุคลอโรฟิลล์ พืชที่ขาดธาตุอาหารแคลเซียมจะแสดงลักษณะรากกุด การแตกแขนงรากน้อย ยอดค้ำ ขอด้าน ใบเล็ก ทำให้แลดูต้นแคระแกร็น

6. ธาตุแมกนีเซียม (Mg) เป็นส่วนประกอบสำคัญของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ พืชสีเขียวจึงต้องการใช้ธาตุแมกนีเซียมเพื่อสร้างคลอโรฟิลล์สำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสง ธาตุแมกนีเซียมช่วยคงสภาพโครงสร้างของไรโบโซม ให้สามารถทำการผลิตโปรตีนอย่างปกติ ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ที่ช่วยเคลื่อนย้ายฟอสเฟต เป็นองค์ประกอบสำคัญของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ พืชสีเขียวจึงต้องใช้ธาตุแมกนีเซียม เพื่อสร้างคลอโรฟิลล์สำหรับการเจริญเติบโต พืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียมมักมีอาการเหลืองซีดที่ใบอ่อนหรือใบแก่ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (นภดล, 2550)

7. ธาตุฟอสฟอรัส (P) เป็นส่วนประกอบสำคัญของฟอสโฟลิปิดของกรดนิวคลีอิก และสารพวกโคเอนไซม์ โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์น้ำตาลฟอสเฟต และสาร adenosine triphosphate(ATP) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารพลังงานและใช้พลังงานของเซลล์ที่มีชีวิต พืชสามารถดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสทางราก ในรูปของเกลือฟอสเฟตและรากพืชยังดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสในรูปของกรดนิวคลีอิกได้ พืชใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและแคลเซียม ระดับความเข้มข้นที่พอเหมาะของธาตุฟอสฟอรัส ในสารละลายธาตุอาหารอยู่ในช่วง 50-100 ppm เช่นเดียวกับธาตุแมกนีเซียม(อารักษ์, 2544)

8. ธาตุโปตัสเซียม (K) โปตัสเซียมเป็นสารโคเอนไซม์หรือสารกระตุ้น(activator) การทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ไพรูเวต ไคเนส(pyruvate kinase) ในการสังเคราะห์โปรตีน เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช พบมากในบริเวณส่วนอ่อนของพืชเช่น ในเนื้อเยื่อเจริญ บริเวณยอดของต้น ปลายราก ตาข้าง ใบอ่อน ในเนื้อใบ ในใจกลางของต้นและในท่ออาหาร พืชที่ขาดธาตุโปตัสเซียม จะแสดงอาการต้นลีบ ใบลีบและ บอบบางอย่างเห็นได้ชัด (นภดล, 2550)

9. กำมะถัน (S) พบในพืชประมาณ 0.15-0.5 % กำมะถันเป็นส่วนสำคัญของกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอนไซม์ (Co-enzyme) ความสัมพันธ์ระหว่างกำมะถันกับไนโตรเจนมีความสำคัญกับพืชมากกว่าตัวกำมะถันเดี่ยวๆ ดังนั้นไนโตรเจนต่อกำมะถัน (N/S) น่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเพียงพอหรือขาด ได้ดีกว่าปริมาณกำมะถันทั้งหมด

10. โบรอน (B) พบอยู่ในพืชระหว่าง 10-50 ppm น้ำที่ของโบรอนยังไม่แน่ชัด โบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต การสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้

11. สังกะสี (Zn) มีอยู่ในพืชประมาณ 15-50 ppm แต่ส่วนใหญ่อยู่ประมาณ 15 ppm สังกะสีมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เพราะมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร IAA (indole acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างแป้งในพืช

12. ทองแดง (Cu) ทองแดงเป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืชนอกจากนี้ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และช่วยในการสร้างวิตามินเอในพืช

13. เหล็ก (Fe) ช่วยเป็นตัวพาอะตอมของออกซิเจน ในกระบวนการออกซิเดชันและรีดักชัน เป็นส่วนประกอบของสารไซโตโครม ทำหน้าที่พาอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงและกระบวนการหายใจ เป็นส่วนประกอบของสารเฟอร์รีดอกซินและเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืชและยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงพืช

14. แมงกานีส (Mn) พืชใช้ธาตุแมงกานีสเป็นสารกระตุ้นเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์ไขมัน สังเคราะห์สาร DNA, RNA และเอนไซม์ไอโซซิเตรต ดีไฮโดรจีเนส ที่ทำงานในวัฏจักรคัลวินที่ไวต่อการขาดแมงกานีส มักจะไวต่อความเป็นพิษของแมงกานีสด้วย น้ำที่ของแมงกานีสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation-reduction) ในกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนและเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (นภคณ, 2550)

15. โมลิบดีนัม (Mo) พบในพืชต่ำมาก ประมาณ 0.5- 1 ppm โมลิบดีนัมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส(nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ถ้าพืชขาดโมลิบดีนัม จะทำให้มีไนเตรทสะสมในพืชและยังมิผลให้พืชขาดไนโตรเจนได้

16. คลอรีน (Cl) ปริมาณคลอรีนในพืชแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ปริมาณ 20 ppm จนถึง 0.15 % ถ้าความเข้มข้นคลอรีนสูงกว่า 1% ส่วนใหญ่จะเป็นพิษกับพืช

17. โซเดียม (Na) มีประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงของพืช แต่โซเดียมมีอยู่มากในสภาพแวดล้อมทั่วไป

18. นิกเกิล (Ni) มีประโยชน์ต่อพืชตระกูลถั่วและธัญพืชเมล็ดเล็กต่างๆ เพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ที่จำเป็นต่อการใช้ยูเรียของพืช

19. เวเนเดียม (V) สามารถใช้ทดแทนโมลิบดีนัม ในกระบวนการเมตาโบลิซึมไนโตรเจน (อาร์กย์, 2544)

การจัดการธาตุอาหารพืช (อาร์กย์, 2544)

1. ค่า EC ของสารละลายเป็นค่าบอกความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการปลูกในระบบ Hydroponics ค่าจะอยู่ในช่วง 1-4 mS/cm ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ช่วงอายุการเจริญของพืช สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง

2. ค่า pH เป็นค่าบอกความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย โดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

3. ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องมีครบทั้ง 12 ตัว คือ N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mo, B, Fe, Mn, Cu ยกเว้น Cl ซึ่งถึงแม้จะเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็น

ต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ CI มักจะมีเจือปนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณที่เพียงพออยู่แล้ว โดยจะปนมากับน้ำหรือปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย

4. อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยที่อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนลดลง ดังนั้นในเขตร้อน อุณหภูมิสารละลายอาจขึ้นสูงถึง 35 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้การละลายตัวของออกซิเจนสูงสุดได้ 6.8 mg/l

5. การกำจัดสารที่รากพืชปล่อยออกสู่สารละลาย พวกสารอินทรีย์ต่างๆ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโดยทั่วไปจะเอาออกจากบริเวณรากพืชโดยการหมุนเวียนสารละลายผ่านรากพืชในอัตราที่เร็วพอ เพื่อป้องกันการสะสมอยู่ในปริมาณที่อาจเป็นพิษต่อพืช

การจัดการธาตุอาหารในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบปิด (Closed system)

ปัญหาที่ยุ่งยากที่สุดในการปลูกพืชในระบบปิดคือ การจัดการธาตุอาหารพืชในขณะที่ปลูก เนื่องจากการทำงานของระบบนี้สารละลายจะถูกปั๊มจากถังผสมสารละลายขึ้นสู่ถาดปลูกหรือรางปลูกและปล่อยให้ไหลผ่านรากพืชและกลับลงสู่ถังผสมใหม่และไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา ขณะที่สารละลายไหลผ่านรากพืช พืชก็จะดูดธาตุอาหารที่ต้องการตามอัตราส่วนที่พืชต้องการด้วย ดังนั้นถ้าสารละลายมีธาตุบางตัวที่พืชไม่ต้องการ เช่น Na พืชก็จะไม่ดูดใช้ ดังนั้นธาตุอาหารเหล่านี้ก็จะมีการสะสมในสารละลายจนถึงระดับเป็นพิษต่อพืช (อารักษ์, 2544)

การถ่ายสารละลายทิ้ง

เมื่อธาตุอาหารต่างๆในสารละลายอยู่ในสภาพไม่สมดุลหรือเมื่อมีการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการเป็นจำนวนมากจนอาจเป็นอันตรายต่อพืช สิ่งที่ต้องทำคือการถ่ายสารละลายในถังทิ้ง และเติมสารละลายที่เตรียมใหม่เข้าไป ซึ่งการถ่ายสารละลายโดยทั่วไปจะมีการถ่ายสารละลายเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น 2, 3, 4 สัปดาห์ โดยทั่วไปต้องการถ่ายสารละลายให้น้อยที่สุด แต่การถ่ายสารละลายช้าเกินไปจะเกิดผลเสียต่อพืชอย่างมาก ซึ่งช่วงเวลากการถ่ายสารละลายที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการปลูก

1. **ฤดูกาลที่ปลูก** ในน้ำร้อนต้องมีการถ่ายสารละลายเร็วกว่าหน้าหนาว เนื่องจากพืชมีการคายน้ำมากและอากาศร้อนมีผลโดยตรงต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของราก

2. **คุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย** น้ำที่ใช้มีความบริสุทธิ์มากๆ เช่น น้ำฝน น้ำ RO (Reverse Osmosis) จะเป็นน้ำที่มีสิ่งเจือปนโดยเฉพาะธาตุที่พืชไม่ต้องการปนอยู่น้อย ดังนั้นโอกาสสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการจึงมีน้อย ทำให้การถ่ายสารละลายทิ้งช่วงได้นานขึ้น

3. **ความบริสุทธิ์ของปุ๋ยและสารที่ใช้เตรียมสารละลาย** ถ้าใช้ที่มีความบริสุทธิ์น้อย มีสิ่งเจือปนอยู่มาก โดยเฉพาะ Na ซึ่งจะปนมากับปุ๋ยอยู่เสมอๆ ก็จะต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย

4. **สูตรและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ปลูก** มีความเหมาะสมกับความต้องการของพืชหรือไม่ ถ้าไม่ตรงกับความต้องการของพืชที่ปลูกก็จะไม่เกิดความสมดุล จำเป็นต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย

5. **อายุการเจริญเติบโต และชนิดของพืชที่ปลูก** พืชบางชนิดแสดงอาการผลกระทบจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารอย่างรุนแรง ก็ต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อยขึ้น และช่วงการเจริญเติบโตของพืชก็เช่นกัน

6. **สัดส่วนระหว่างขนาดถังสารละลายต่อจำนวนพืชที่ปลูก** ถังสารละลายมีขนาดใหญ่ การถ่ายสารละลายจะช้ากว่าเมื่อใช้ถังขนาดเล็ก (อารักษ์, 2544)

ข้อควรระวังในการถ่ายสารละลายทิ้ง

แม้จะถ่ายสารละลายในถังผสมทิ้งทั้งหมด และเติมสารละลายที่เตรียมใหม่ทั้งหมด แต่ไม่ได้หมายความว่าสารละลายในถังสารละลายจะเป็นสารละลายในถังใหม่ทั้งหมด เนื่องจากการปลูกแบบ NFT ปริมาณสารละลายประมาณมากกว่า 80% จะเหลืออยู่ในรางปลูกพืช ดังนั้น สารละลายที่เราเติมในถังสารละลายจะผสมกับสารละลายที่ค้างอยู่ในรางทำให้สารละลายสุดท้ายจะแตกต่างกับที่เพิ่งเติมเข้าไปใหม่ (อาร์กย์, 2544)

วัฏจักรไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์คือเป็นส่วนประกอบของสารโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมันบางชนิด แหล่งไนโตรเจนขนาดใหญ่คือ N_2 ในโตรเจนในอากาศ เปลี่ยนรูปมาเป็นสารประกอบเพื่อที่พืชหรือสัตว์นำไปใช้ประโยชน์มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ 1. ขบวนการ electrochemical fixation เกิดโดยปฏิกิริยาของฟ้าแลบหรือฟ้าผ่า 2. ขบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนเตรตและแอมโมเนียด้วย bacteria และ สาหร่ายสีเขียวที่เรียกว่า Nitrogen fixation 3. ขบวนการสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการสังเคราะห์ไนโตรเจนมาเป็นปุ๋ยที่ใช้ในด้านการเกษตร และมีขบวนการอีกขบวนการหนึ่งเรียกว่า Denitification เป็นการเปลี่ยนไนเตรตและไนไตรท์ให้เป็นไนโตรเจนกลับเข้าไปในบรรยากาศโดย Denitrifying bacteria ในแหล่งน้ำซากพืช-สัตว์ที่ถูกย่อยสลายแล้วจะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนียในแหล่งน้ำ แอมโมเนียสามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสแลในที่มี pH สูงและจะถูกเติมออกซิเจน(oxidation) ให้เป็น NO_2^- และเปลี่ยนเป็น NO_3^- ต่อไป นอกจากจะละลายน้ำแล้วอาจจะระเหยเข้าสู่บรรยากาศได้ ในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำและ pH ต่ำแอมโมเนียจะเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+ (ธีระ, 2535)

วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนเป็นสารประกอบที่สำคัญของคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ซึ่งเป็นสารอาหารของสิ่งมีชีวิต แหล่งสะสมคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดคืออยู่ในบรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พืชหรือสาหร่ายสีเขียวและแบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์แสงได้จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง คาร์โบไฮเดรตจะถูกถ่ายทอดไปยังเซลล์ต่างๆในรูปของสารอาหารอื่นๆ เช่น น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินและเกลือแร่ ในกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์จะเป็นการกินสภาพ CO_2 กลับเข้าสู่บรรยากาศ นอกจากนี้พืชและสัตว์เมื่อถูกย่อยสลายหรือถูกเผาไหม้ก็จะกลับไปเป็น CO_2 ในอากาศ (ธีระ, 2535)



บทที่ 3

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ต้นพันธุ์ชาโก๋ดำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
2. กถ้องพลาสติกสี่ขนาดความกว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 44 เซนติเมตร ลึก 23 เซนติเมตร

จำนวน 6 ใบ

3. เครื่องให้อากาศ ยี่ห้อ SONIC รุ่น AP 2500 จำนวน 6 เครื่อง
4. สายยางจำนวน 10 เมตร
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BPP 3100 S
6. ชันปลุกพรรณไม้ที่ทำจากท่อ PVC จำนวน 6 ชุด
7. แผ่นใยแก้วเพื่อหุ้มรากของต้นพันธุ์ชาโก๋ดำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. เครื่องวัด pH ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C 830
2. เครื่อง Spectro photometer ยี่ห้อ Thermo Spectronic รุ่น EDUCATOR

OPERTER'S TM

3. กระดาษกรอง Whatman @ No.1
4. เครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ
5. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการดำเนินวิจัย

1.วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลต้นขาไก่ต่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยสูตรปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ด

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลต้นขาไก่ต่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยสูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมระบบไฮโดรโปนิกส์

2.1.1 ล้างทำความสะอาดกล่องพลาสติกแล้วทำให้แห้ง

2.1.2 เติมน้ำใส่ในกล่องพลาสติก 6 กล่อง ปริมาตรของน้ำ 20 ลิตร

2.1.3 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำในกล่องพลาสติก 6 กล่อง เพื่อดูดสารละลายทำการหมุนเวียนของน้ำ โดยเปิดตลอด 24 ชั่วโมง

2.2 การเตรียมต้นพันธุ์ไก่ต่าง

2.2.1 นำต้นพันธุ์ไก่ต่างที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกมา เปิดฝาดังไว้ 48 ชั่วโมง เพื่อให้ขาไก่ต่างปรับความสมดุลกับสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.2.2 เอาต้นพันธุ์ไก่ต่างออกจากขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อ นำไปแช่ไว้ในน้ำที่สะอาด และล้างอาหารวุ้นที่ติดมากับรากออกก่อนจึงนำไปปลูก

2.3 การเตรียมปุ๋ย

2.3.1 สูตรปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ด ชุດการทดลองที่ 1 สูตร 25-5-5 N-P₂O₅-K₂O

ไนโตรเจนทั้งหมด (N).....25%

ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์(P₂O₅).....5%

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ(K₂O).....5%

2.3.2 สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ชุดการทดลองที่ 2

ถึง A ประกอบด้วย	ถึง B ประกอบด้วย
1. แคลเซียมไนเตรท Ca(NO ₃) ₂	1. แอมโมเนียมโมลิบเดต (NH ₄) ₆ MoO ₇ O ₂₄
2. โพแทสเซียมไนเตรท KNO ₃	2. โพแทสเซียมไนเตรท KNO ₃
3. เหล็กไกลูเตต Fe-EDTA	3. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต KH ₂ PO ₄
-	4. แมกนีเซียมซัลเฟต MgSO ₄ ·7H ₂ O
-	5. คอปเปอร์ซัลเฟต CuSO ₄ ·5H ₂ O
-	6. ซิงค์ซัลเฟต ZnSO ₄ ·7H ₂ O
-	7. โบรอน B
-	8. แมงกานีสคลอไรด์ MnCl ₂ ·4H ₂ O

2.4 การปลูกข่าไถ่ต่างด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

2.4.1 คัดเลือกต้นพันธุ์ข่าไถ่ต่างที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีขนาดสมบูรณ์

2.4.2 นำแผ่นใยแก้วมาห่อหุ้มรากเพื่อให้ต้นพันธุ์ที่ยึดเกาะแล้วนำไปปลูกบนชั้นปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

2.5 การเติมสารละลายธาตุอาหาร

2.5.1 ชุดการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดสูตร 25-5-5 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

2.5.2 ชุดการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ สูตร A และ B อย่างละ 150 ml/น้ำ 20 ลิตร วิธีการใส่คือต้องใส่ปุ๋ยสูตร A ก่อน 1 ชั่วโมง แล้วจึงใส่ปุ๋ยสูตร B ตามลงไป

2.6 การเปลี่ยนถ่ายสารละลายธาตุอาหาร

2.6.1 เปลี่ยนถ่ายสารละลายทั้ง 2 ชุดการทดลองทุก 15 วัน โดยดูดน้ำออกทั้งหมดแล้วเติมน้ำใหม่ให้เท่าเดิมแล้วจึงเติมสารละลายธาตุอาหารลงไป

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วัดการเจริญเติบโตของข่าไถ่ต่างโดยการนับจำนวนใบและวัดความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก 15 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

3.2 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเวลา 10.00 น. วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหลังจากเติมสารละลายธาตุอาหารใหม่ 1 วัน(เริ่มต้น)และหลังจากเติมสารละลายธาตุอาหารใหม่ 15 วัน(สิ้นสุด) จนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของน้ำดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH), ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจนและค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำทุกชุดการทดลอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโต (จำนวนใบและความสูงที่เพิ่มขึ้น) ของข่าไถ่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน โดยวิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independence Sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ปลูกข่าไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกันโดยวิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย

เวลา	เริ่มดำเนินการ	มีนาคม	2552
	เสร็จสิ้น	สิงหาคม	2552
สถานที่	ทดลองและเก็บข้อมูล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร	
	เขียนรายงาน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร	

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	มี.ค. 2552	เม.ย. 2552	พ.ค. 2552	มิ.ย. 2552	ก.ค. 2552	ส.ค. 2552	ก.ย. 2552
1. ส่งชื่อเรื่อง	↔						
2. ค้นคว้าหาข้อมูล	↔	↔					
3. เขียนโครงร่าง	↔	↔					
4. เตรียมอุปกรณ์		↔					
5. ทำการทดลองและบันทึกผล			↔	↔			
6. สรุปผลการทดลอง				↔	↔	↔	
7. นำเสนอผลการทดลอง							↔

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการศึกษา

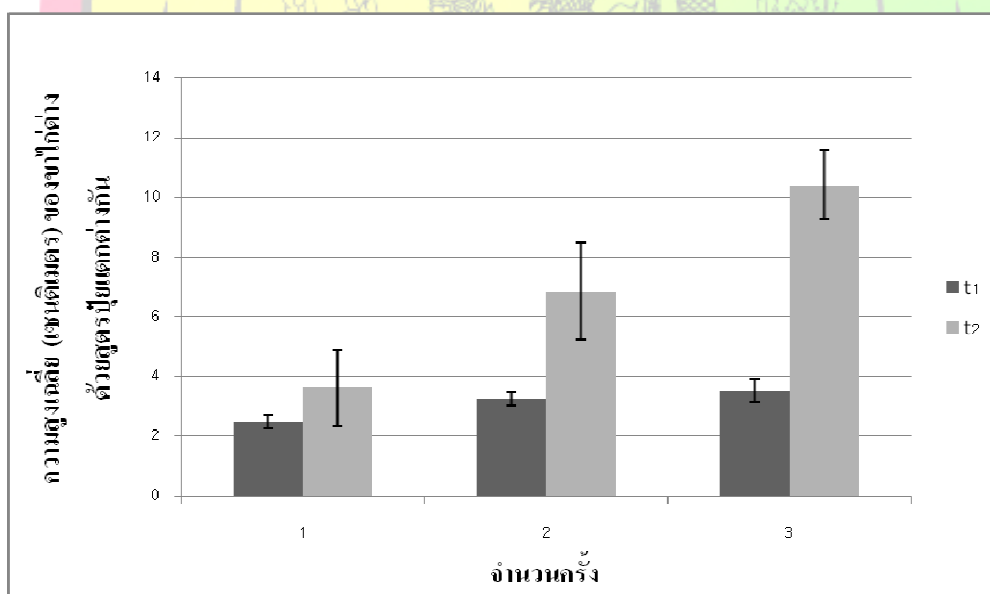
ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของขาไก่ดำที่ใช้สูตรปุ๋ยแตกต่างกันโดยการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงเริ่มต้นเฉลี่ย 1.35 ± 0.172 , 1.63 ± 0.457 เซนติเมตรและมีจำนวนใบเฉลี่ย 4.87 ± 0.526 , 3.07 ± 0.411 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อวัดการเจริญเติบโตครั้งที่ 1 หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 2.50 ± 0.227 และ 3.64 ± 1.272 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 7.72 ± 0.581 และ 7.37 ± 1.108 ใบ/ต้น ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อวัดการเจริญเติบโตครั้งที่ 2 หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงเฉลี่ย 3.27 ± 0.203 และชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงเฉลี่ย 6.86 ± 1.614 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันในส่วน of จำนวนใบ ($P < 0.05$) โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 8.64 ± 0.301 และ 11.9 ± 1.148 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าขาไก่ดำมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งสองชุดการทดลอง โดยมีความสูงสุดท้ายเฉลี่ย 3.54 ± 0.390 และ 10.44 ± 1.142 เซนติเมตร (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2) และมีความสูงเพิ่มขึ้น 2.19 ± 0.390 และ 8.81 ± 1.142 เซนติเมตร ตามลำดับ มีจำนวนใบสุดท้ายเฉลี่ย 9.41 ± 1.579 และ 17.8 ± 1.778 ใบ/ต้น (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3) มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 4.54 ± 1.579 และ 14.73 ± 1.778 ใบ/ต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าชุดการทดลองที่ 2 โดยใช้ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ มีความสูงและจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากชุดการทดลองที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมเป็นส่วนใหญ่และมีการปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้อย่างรวดเร็วกว่า (วินัย, 2551) แต่ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ปุ๋ยน้ำไฮโดรโปนิกส์ประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นจำนวนมาก (อารักษ์, 2544) จึงทำให้พรรณไม้ที่ปลูกโดยการใช้น้ำที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าพรรณไม้ที่ปลูกโดยการใช้น้ำที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จากการทดลองพบว่ารากของพืชมีการแตกแขนงน้อยและไม่สามารถแทงออกมาจากใบแก้วได้ เกิดจากค่า pH ที่สูงทำให้ธาตุอาหารตกตะกอนไปเกาะบริเวณรากทำให้รากพืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

โดยอิทธิสุนทร (2544) กล่าวว่าพืชสามารถดูดธาตุอาหารเข้าไปในเซลล์ได้โดยตรง พืชที่ได้รับธาตุอาหารอย่างพอเพียง ทำให้เกิดการเพิ่มของสารนิวคลีอิก เกิดการแบ่งเซลล์เพิ่มมากขึ้น จำนวนใบของพืชจึงเพิ่มมากขึ้นและใบมีความสวยงาม แต่หากระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูงเกินไป จะมีผลให้รากพืชมีการสูญเสียน้ำโดยการเกิด เมทาบอลิซึมในเซลล์ ทำให้พืชเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร เมทาบอลิซึมของพืชจะมีการสังเคราะห์สารประกอบทางเคมีเพื่อการเจริญเติบโตของพืชได้โดยการดูดซึมธาตุอาหารเพื่อนำมาสังเคราะห์สารต่างๆพวก ไกมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดนิวคลีอิก แอลคาลอยด์ ในกระบวนการเมทาบอลิซึมจากอากาศจะได้ออกซิเจนมาใช้ในการหายใจและได้คาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนไนโตรเจนได้จากการตรึงไนโตรเจนของพืช โดยจะนำไนโตรเจนไปเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน พืชจะดูดมาใช้ในการรูปของโปรตีนหรือแอมโมเนียมไอออน เพื่อใช้ในการสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์(วันเพ็ญ, 2540) พืชสีเขียวนำเอาพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของ CO₂ และนำไปเป็นคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลหรือแป้ง รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนออกมาซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะนำไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมเพื่อสร้างสารประกอบต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เซลล์พืชต้องมีการหายใจ โดยการออกซิไดซ์สารอาหารให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำพร้อมกับปลดปล่อยพลังงานออกมาเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเมทาบอลิซึม เนื่องจากกลูโคสเป็นสับสเตรตที่สำคัญในกระบวนการหายใจของพืชเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานภายในเซลล์ สารสับสเตรตที่สำคัญได้แก่ กลูโคส ฟรักโทส ซูโครส มอลโทส กาเล็กโทส แป้ง อินซูลินและพอลิแซ็กคาไรด์ กรดอินทรีย์ต่างๆเช่น กรดมาลิก กรดไกลคอลิก กรดอะมิโนและโปรตีน ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นสารอื่นๆเข้าสู่กระบวนการไกลโคลิซิสและวัฏจักรเครบส์ และจะปล่อยพลังงานออกมา เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆของเซลล์ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต (ชวนพิศ, 2544) สอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนาและณฐกร (2547) ซึ่งนำต้นอ่อนอนุเบียสที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ นำมาปลูกเลี้ยงโรงเรือนแบบปิด โดยใช้วิธีการปลูกแบบไรดิ้น มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 1.76 ± 0.321 กรัม/ต้น ความสูงเฉลี่ย 3.54 ± 0.294 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 6.09 ± 1.422 ใบ/ต้น เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าอนุเบียสมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยมีน้ำหนักสุทธิเฉลี่ย 7.34 ± 1.293 กรัม ความสูงเฉลี่ย 7.91 ± 8.878 เซนติเมตรและมีจำนวนใบเฉลี่ย 12.53 ± 2.524 ใบ/ต้น

ตารางที่ 2 ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ครั้งที่	ความสูงเฉลี่ยของขาไก่ต่าง (เซนติเมตร)		P-Value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	
1	2.50±0.227 ^a	3.64±1.272 ^a	0.200
2	3.27±0.203 ^a	6.86±1.614 ^a	0.059
3	3.54±0.390 ^a	10.44±1.142 ^b	0.001

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

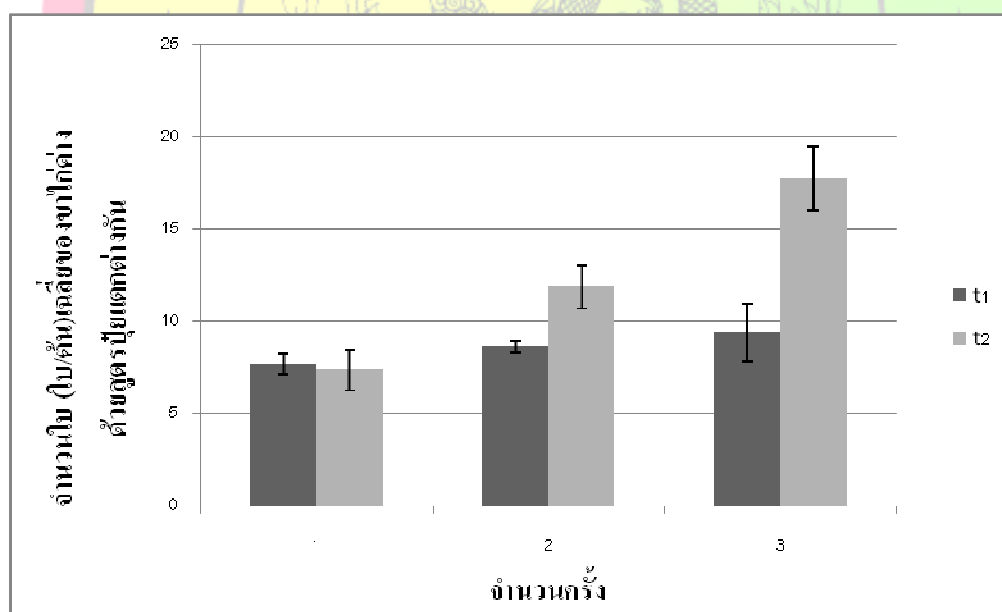


ภาพที่ 2 ความสูงเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 จำนวนใบ (ใบ/ต้น) เกลี้ยงของขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ครั้งที่	จำนวนใบ(ใบ/ต้น) เกลี้ยงของขาไก่ต่าง		P-Value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	
1	7.72±0.581 ^a	7.37±1.108 ^a	0.656
2	8.64±0.301 ^a	11.9±1.148 ^b	0.009
3	9.41±1.579 ^a	17.8±1.778 ^b	0.004

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)



ภาพที่ 3 จำนวนใบ(ใบ/ต้น) เกลี้ยงของขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ผลการศึกษาคุนภาพน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสูตรปุ๋ย

แตกต่างกัน พบว่า

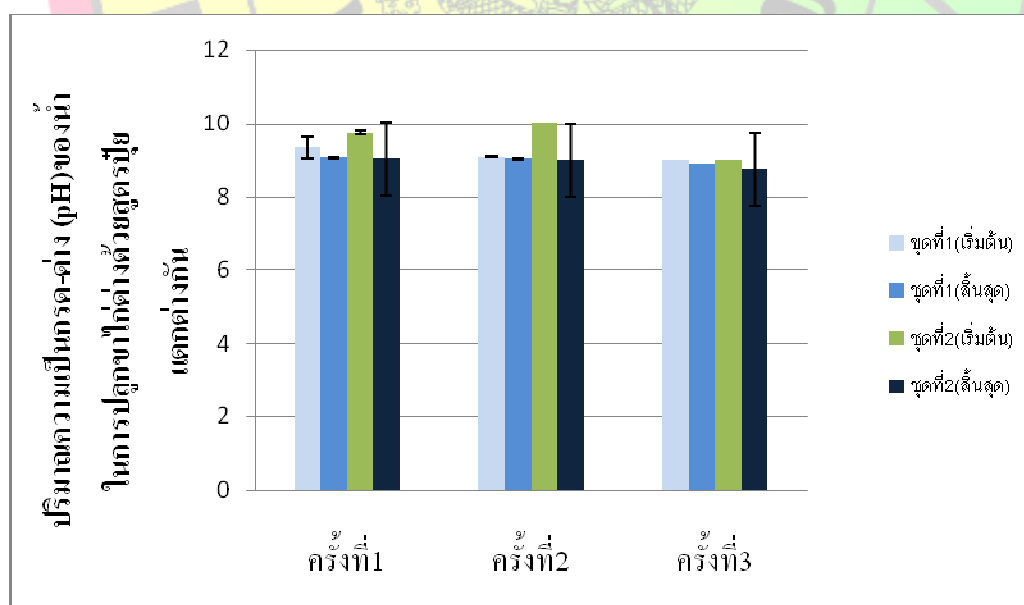
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสูตรปุ๋ยที่ต่างกัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ทั้ง 2 ชุดการทดลองโดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 10.02 ± 0.000 และค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 8.73 ± 0.058 (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4) ซึ่งปริมาณความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มต้นใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชุดการทดลองและจะมีปริมาณลดลงหลังจากการนำไปใช้ของดินขาไก่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 8-10 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำ เนื่องจากในตอนกลางวันพรรณไม้ น้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการสังเคราะห์แสง คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ จึงถูกใช้ไปทำให้เกิดการลดลงของกรดคาร์บอนิก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจึงสูงขึ้น (ณัฐกรและกาญจนา, 2547) โดยฉวี (2534) รายงานว่า ปกติปุ๋ยคอกเมอร์เชิลเกรดหรือปุ๋ยสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทดลอง อาจมีแร่ธาตุเสริมอยู่ด้วยในส่วนผสมที่ไม่บริสุทธิ์ ดังนั้นธาตุโลหะต่างๆ ที่มากเกินไปพืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากเกิดการตกตะกอนเมื่อ pH ของน้ำสูงขึ้นและเป็นพิษต่อพืช ทำให้ผลผลิตลดลง อารี (2540) รายงานว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารที่สูงเกินไปมีผลทำให้การละลายของโบรอนและฟอสเฟตลดลง โดยจะตกตะกอนกับแคลเซียมและแมกนีเซียม นอกจากนี้เหล็กก็เล็ดจะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ทำให้มีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืช โดยระดับ pH 5.5-6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทุกธาตุ มีประโยชน์สำหรับพืช สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินความเป็นประโยชน์ของธาตุหลักและสังกะสีจะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลายหรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส (อารักษ์, 2544)

ตารางที่ 4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง					
ครั้งที่	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		P-Value
	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	
1	9.33±0.289 ^b	9.06±0.012 ^{ab}	9.73±0.058 ^c	9.03±0.017 ^a	0.001
2	9.08±0.006 ^c	9.02±0.006 ^b	10.02±0.000 ^d	9.00±0.000 ^a	0.000
3	9.00±0.000 ^c	8.90±0.000 ^b	9.00±0.000 ^c	8.73±0.058 ^a	0.000

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)



ภาพที่ 4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

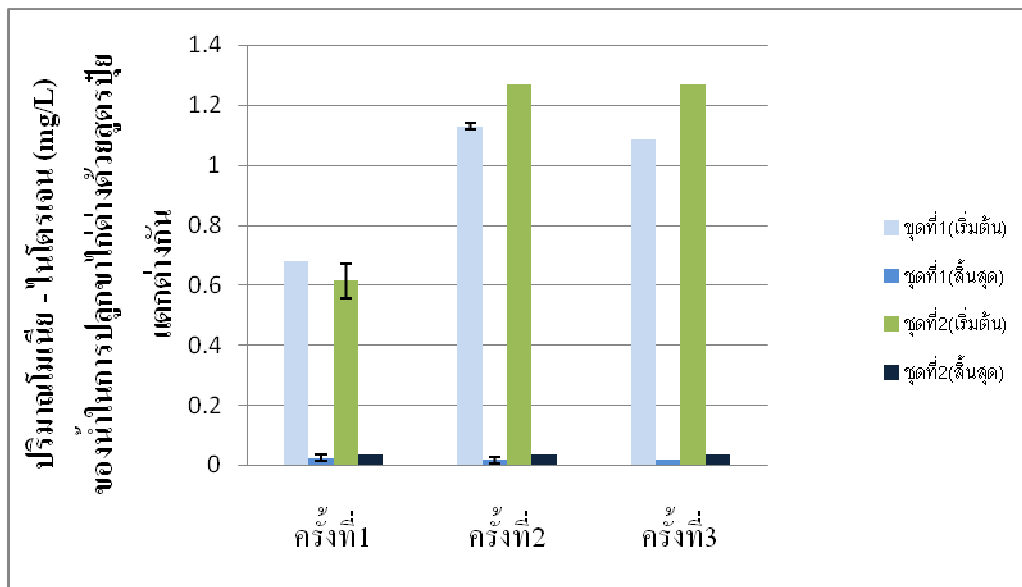
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสุตรปุ๋ยที่ต่างกัน พบว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเริ่มต้นสูงสุดเท่ากับ 1.27 ± 0.000 และ 1.13 ± 0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.04 ± 0.000 และ 0.02 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 5) ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำจะมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มต้นใส่ปุ๋ย ทั้ง 2 ชุดการทดลองและจะมีปริมาณลดลงหลังจากการนำไปใช้ของต้นขาไก่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แอมโมเนียเกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในโตรเจน ซึ่งพืชนำเอาแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างโปรตีน ถ้ามีปริมาณมากเกินไปความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท (มันลิน, 2540) ซึ่งใกล้เคียงกับ ผลการศึกษาของณฐกร และกาญจน์ (2547) ซึ่งมีการนำต้นอ่อนชบาน้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ออกปลูกทดสอบในบ่อขำน้ำ พบว่าแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.0621 - 1.8437 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ต้นชบาน้ำมีการเจริญเติบโตได้ดี

ตารางที่ 5 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
ครั้งที่	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		P-Value
	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	
1	0.68±0.000 ^c	0.02±0.011 ^a	0.61±0.058 ^b	0.04±0.000 ^a	0.000
2	1.13±0.011 ^b	0.02±0.000 ^a	1.27±0.000 ^c	0.04±0.000 ^a	0.000
3	1.09±0.000	0.02±0.000	1.27±0.000	0.04±0.000	-

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)



ภาพที่ 5 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกข้าวไร่ด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

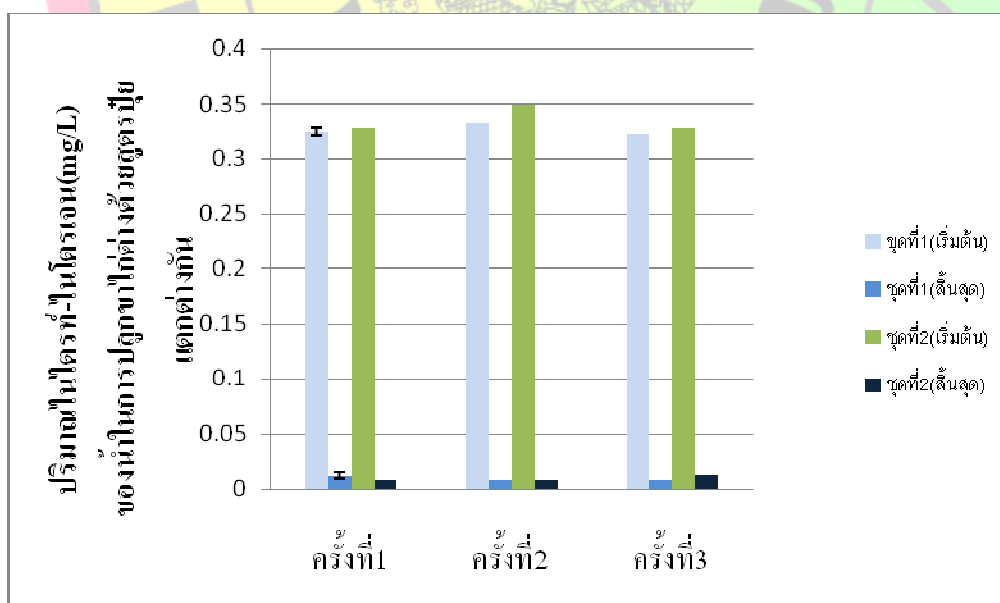
ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสูตรปุ๋ยที่ต่างกัน พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีค่าเริ่มต้นสูงสุดเท่ากับ 0.35 ± 0.000 และ 0.33 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.01 ± 0.003 และ 0.01 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 6) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนของน้ำจะมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มต้นใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชุดการทดลองและจะมีปริมาณลดลงหลังจากการนำไปใช้ของต้นขาไก่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากสูตรอาหารของพืชแต่ละสูตรไม่สามารถใช้ได้กับพืชทุกชนิด เพราะความต้องการธาตุอาหารของพืชมีช่วงกว้าง รวมทั้งพืชมีความสามารถในการปรับตัวตามความแตกต่างของธาตุอาหาร(ถวัลย์, 2534) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิดคือไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศและไนเตรทรีดักเตส(nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนโตรเจน เมื่อ pH เพิ่มขึ้น จะทำให้มีไนเตรทสะสมในพืชและยังส่งผลให้พืชขาดไนโตรเจนได้ (อารักษ์, 2544) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ของไนโตรเจนและโปตัสเซียม โดยการทดลองปลูกข้าวบาร์เลย์โดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณมากๆ ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ ถ้าหากปริมาณของโปตัสเซียมไม่เหมาะสม(MacLeod, 1969) ซึ่งกรมวิชาการเกษตร (2521) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางใบไม่ควรให้เข้มข้นเกินไป ข้อควรคำนึงถึงคือต้องใส่ในปริมาณและวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสมกับชนิดและอายุของพืชนั้นๆอย่างไรก็ตามนนุช (2544) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจน น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 6 ไนโตรที่-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรที่-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
ครั้งที่	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		P-Value
	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	
1	0.32±0.003 ^b	0.01±0.003 ^a	0.33±0.000 ^c	0.01±0.000 ^a	0.000
2	0.33±0.000	0.01±0.000	0.35±0.000	0.01±0.000	-
3	0.32±0.000	0.01±0.000	0.33±0.000	0.01±0.000	-

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 6 ไนโตรที่-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

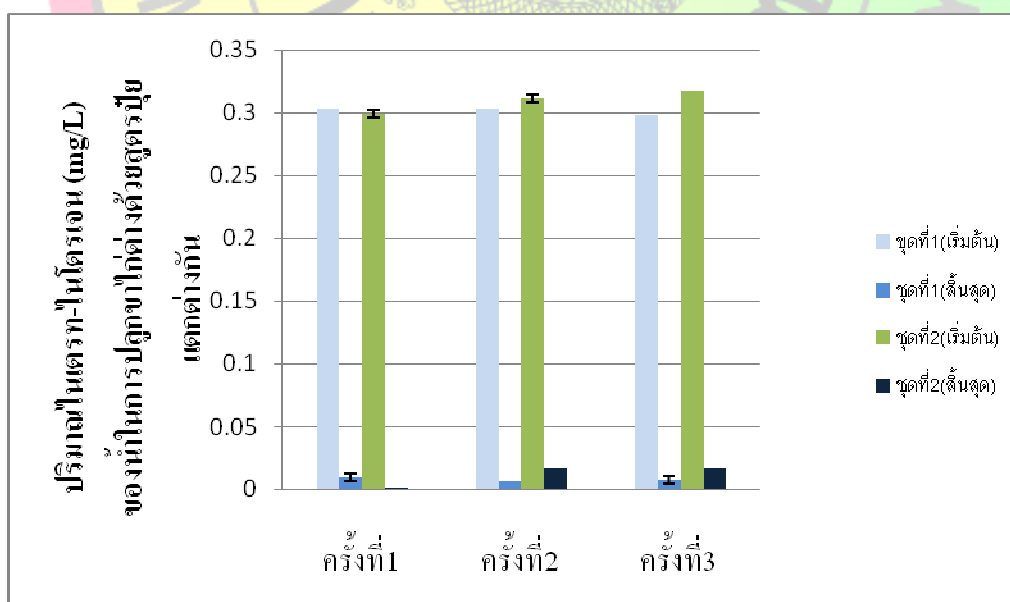
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสูตรปุ๋ยที่ต่างกัน พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าเริ่มต้นสูงสุดเท่ากับ 0.32 ± 0.000 และ 0.30 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.02 ± 0.000 และ 0.01 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 7) ซึ่งปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำจะมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มต้นใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชุดการทดลองและจะมีปริมาณลดลงหลังจากการนำไปใช้ของต้นขาไก่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ค่า Standard Deviation = 0 จึงวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติไม่ได้ จากการทดลองพบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนทั้ง 2 ชุดการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน เนื่องจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น พืชจะมีการดูดใช้ NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นก็จะปลดปล่อย HCO_3^- ออกมาในจำนวนที่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น (นิพนธ์, 2551) ซึ่งไนเตรทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชทุกส่วน โดยสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรท ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน พืชสามารถสังเคราะห์อาหารได้จากคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนในอากาศ ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนรูปมาเป็นสารประกอบที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยจะถูกถ่ายทอดไปยังเซลล์พืชในระดับต่างๆ ในรูปของสารอาหารเช่น น้ำตาล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามินและเกลือแร่ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี (มันสิน, 2540)

ตารางที่ 7 ไนเตรท-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกข้าวไค่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)					
ครั้งที่	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		P-Value
	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	
1	0.30±0.000	0.01±0.003	0.30±0.003	0.00±0.000	-
2	0.30±0.000	0.01±0.000	0.31±0.003	0.02±0.000	-
3	0.30±0.000	0.01±0.003	0.32±0.000	0.02±0.000	-

หมายเหตุ อักษร a, b, c ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)



ภาพที่ 7 ไนเตรท-ไนโตรเจน(mg/L) ของน้ำในการปลูกข้าวไค่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

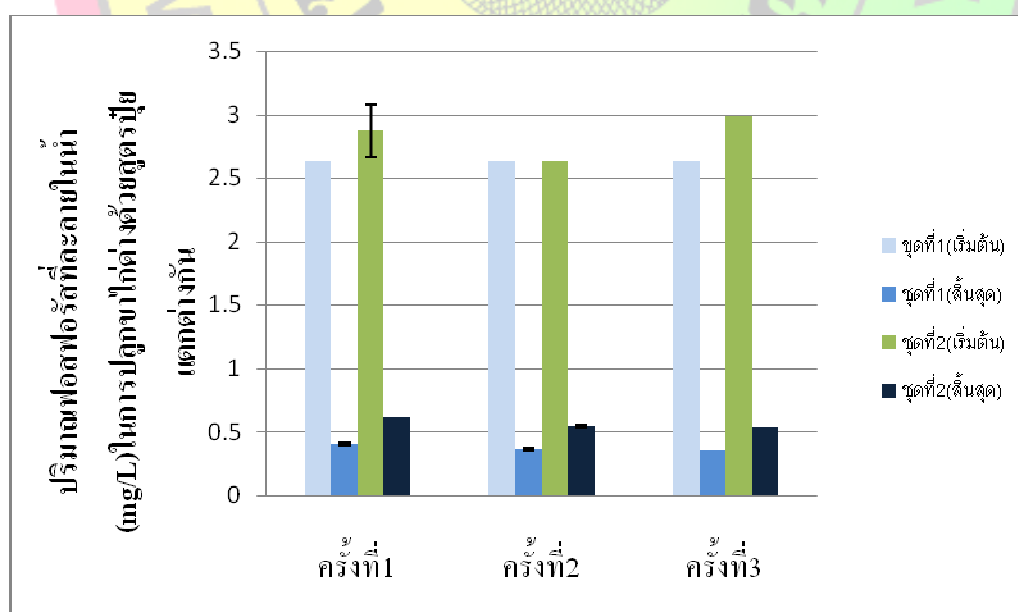
ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ

ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขาไก่ต่างในสูตรปุ๋ยที่ต่างกัน พบว่า ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีค่าเริ่มต้นสูงสุดเท่ากับ 2.99 ± 0.000 และ 2.64 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.62 ± 0.000 และ 0.36 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 8) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำจะมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มต้นใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชุดการทดลองและจะมีปริมาณลดลงหลังจากการนำไปใช้ของต้นขาไก่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ฟอสฟอรัสจะรวมอยู่กับธาตุใดนั้นขึ้นอยู่กับค่า pH คือถ้าเป็นค่าเล็กน้อยจะรวมกับ Ca ได้เป็น CaPO_4 ถ้าเป็นค่ามากจะรวมตัวกับ Na ได้เป็น Na_2PO_4 จะอยู่ในรูปของเฟอริกฟอสเฟตจะละลายน้ำได้ยาก แต่ถ้า pH เป็นกรดจะรวมกับ Fe ได้เป็น $\text{Fe}(\text{PO}_4)_3$ จะอยู่ในรูปของเฟอริกฟอสเฟต จะละลายน้ำได้ง่าย และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าน้ำที่มี pH สูงมาก ฟอสเฟตจะถูกออกซิไดซ์ ทำให้เฟอริกฟอสเฟตเปลี่ยนเป็นเฟอริกฟอสเฟตแล้วตกตะกอนทำให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (ธีระ, 2535) ซึ่งใกล้เคียงกับ ผลการศึกษาการนำต้นอ่อนขาน้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ออกปลูกทดสอบในบ่อขาน้ำ พบว่าสารประกอบฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีคืออโรฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.0153-1.2773 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (ณฐกร และกาญจน์, 2547)

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(mg/L) ในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)				P-Value
	ในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน				
	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		
	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	(เริ่มต้น)	(สิ้นสุด)	
1	2.64±0.000 ^c	0.40±0.010 ^a	2.87±0.203 ^d	0.62±0.000 ^b	0.000
2	2.64±0.000 ^c	0.36±0.010 ^a	2.64±0.000 ^c	0.54±0.010 ^b	0.000
3	2.64±0.000	0.36±0.000	2.99±0.000	0.53±0.000	-

หมายเหตุ อักษร a, b, c, d ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)



ภาพที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(mg/L) ในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเจริญเติบโตของขาไก่ดำที่ใช้สูตรปุ๋ยแตกต่างกันโดยการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าขาไก่ดำที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์มีความสูงเฉลี่ยและจำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่าการปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ย 10.44 ± 1.142 เซนติเมตรและมีความสูงที่เพิ่มขึ้น 8.81 ± 1.142 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 17.8 ± 1.778 ใบ/ต้นและมีจำนวนใบที่เพิ่มขึ้น 14.73 ± 1.778 ใบ/ต้น การตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ มีปริมาณสูงและไม่เหมาะสมต่อการดูดซึมธาตุอาหารมาใช้ประโยชน์ได้ ของพืช ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำตลอดการทดลองมีปริมาณสูงเมื่อเริ่มใส่ธาตุอาหารและจะลดลงเรื่อยๆจากการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของพรรณไม้ น้ำ ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารเหลือน้อยและไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

บรรณานุกรม

- กาญจน์รี พงษ์ฉวี และณัฐกร ประดิษฐ์สรรพ. 2547. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการ
เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนุเบียส. เอกสารวิชาการ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ
เกษตรกลาง เขตจตุจักร. กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2521. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินและปุ๋ย. กองพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร.
120 หน้า.
- ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาชีววิทยา. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์
สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา. กรุงเทพฯ. 380 หน้า
- ณัฐกร ประดิษฐ์สรรพ และกาญจน์รี พงษ์ฉวี. 2547. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขบ่าน้ำ. เอกสารวิชาการ
สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำเกษตรกลาง เขตจตุจักร. กรุงเทพฯ.
- ณัฐกร ประดิษฐ์สรรพ. 2548. พรรณไม้น้ำสวยงาม. มหาวิทยาลัยศิลปากร, เพชรบุรี. 73 หน้า
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลุกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ. 127 หน้า
- ธีระ เล็กชอุท. 2535. นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพฯ. 165 หน้า
- นงนุช เลหาะวิสุทธิ. 2544. ระบบการเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน.
ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไม่ใช้ดินรุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา,
คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
กรุงเทพฯ. หน้า 138-150.
- นภดล เรียบเลิศศิริ. 2550. การปลูกพืชไร้ดิน. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 172 หน้า
- นิพนธ์ ไชยมงคล . 2551, การปรับค่าpH ของสารละลาย. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม
จาก:<http://www.doae.go.th/library/html/detail/warter/warter1.htm>.
- ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2550. การปลูกและดูแลรักษาพรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์ เพชรกระรัต จำกัด.
กรุงเทพฯ. 103 หน้า
- มันสิน ตันทุลเทศ. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม,
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 351 หน้า
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2546. การขยายพันธุ์ใบพายเขาใหญ่โดยวิธีเลี้ยงเนื้อเยื่อ. เอกสารวิชาการ
สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง จตุจักร. กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ ภูติจันทร์. 2540. **พฤกษศาสตร์(BOTANY)**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
246 หน้า

วันเพ็ญ มินกาญจน์ และกาญจน์รี พงษ์ฉวี. 2543. **พรรณไม้น้ำสวยงาม**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำ
สวยงามและ สถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรุงเทพฯ. 122 หน้า

วนาวรณ จันทร์หนูหงษ์. ม.ป.ป. **พรรณไม้น้ำในตู้กระจก**. บริษัทเจเนรัลบุ๊คส์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

วินัย นาคปาน. 2551. **ข้อดี ข้อด้อย ของการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ และ ปุ๋ยเคมี**. [ออนไลน์].

เข้าถึงเมื่อ: 22 เมษายน

จาก:<http://www.panmai.com/Tip/Tip01/Tip01.shtml>.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. **พรรณไม้น้ำในประเทศไทย**. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.
312 หน้า

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. **การปลูกพืชในระบบ NFT(nutrient film technique)**. ใน: เอกสาร
ประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชไม่ใช้ดินรุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยี
การเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 134 หน้า

อานัฐ ตันโช. 2548. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. Trio Advertising & Media Co.,Ltd. เชียงใหม่.
167 หน้า

อารีย์ เสนานันทสกุล. 2540. **การคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 93 หน้า

อารักษ์ ชีรอำพน. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. ฝ่ายปรับปรุงและถ่ายทอดเทคโนโลยี
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 130 หน้า

MacLeod, L.B. 1969. Effect Of N, P and K and their interaction on the yield and kernel

Weight of barley in hydroponic culture. Agron. J.61:26-29



ภาคผนวก (ก)



ภาพผนวกที่ 1 ชั้นปลูกพรรณไม้น้ำทำจากท่อ PVC



ภาพผนวกที่ 2 การปลูกขาไก่ดำในระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 3 เครื่องให้อากาศ ยี่ห้อ SONIC รุ่น AP 2500



ภาพผนวกที่ 4 เครื่อง Spectro photometer ยี่ห้อ Thermo Spectronic



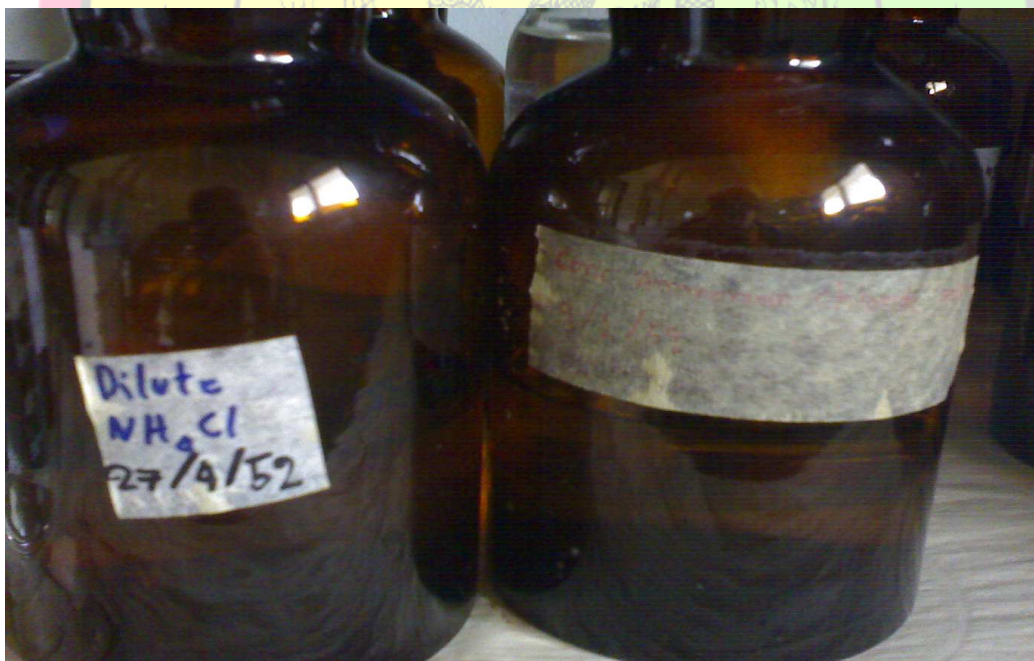
ภาพผนวกที่ 5 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C830



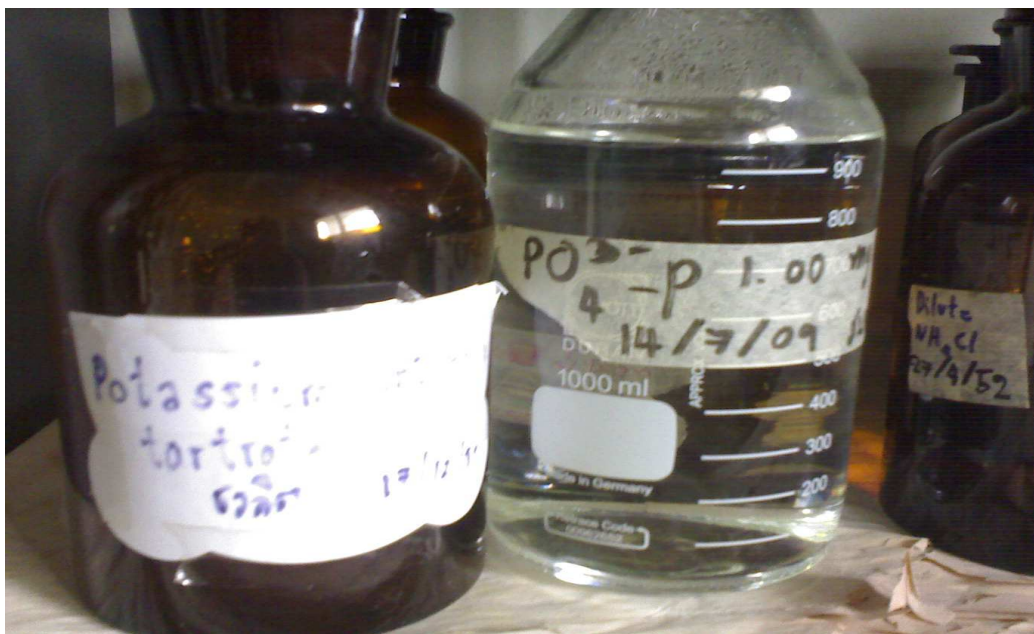
ภาพผนวกที่ 6 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน



ภาพผนวกที่ 7 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน



ภาพผนวกที่ 8 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน



ภาพผนวกที่ 9 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ



ภาพผนวกที่ 10 ปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 11 ปู้น้ำไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 12 ต้นขาไก่ต่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 ความสูงเฉลี่ย(เซนติเมตร)ของขาไถ่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ครั้งที่	1	2	3
T_1R_1	2.24	3.11	3.09
T_1R_2	2.60	3.5	3.75
T_1R_3	2.66	3.21	3.78
ค่าเฉลี่ย	2.5	3.27	3.54
Standard Deviation	0.227	0.203	0.390
T_2R_1	2.6	5.64	10.7
T_2R_2	5.06	8.69	11.43
T_2R_3	3.27	6.25	9.19
ค่าเฉลี่ย	3.64	6.68	10.44
Standard Deviation	1.272	1.614	1.142

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนใบเฉลี่ย(ใบ/ต้น) ของขาไก่ค่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

ครั้งที่	1	2	3
T_1R_1	7.07	8.33	8.13
T_1R_2	7.9	8.93	8.93
T_1R_3	8.19	8.67	11.18
ค่าเฉลี่ย	7.72	8.64	9.41
Standard			
Deviation	0.581	0.301	1.579
T_2R_1	6.5	10.71	18.8
T_2R_2	8.62	13	18.86
T_2R_3	7	12	15.75
ค่าเฉลี่ย	7.37	11.90	17.80
Standard			
Deviation	1.108	1.148	1.778

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ของน้ำในการปลูกขาไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ครั้งที่	1		2		3	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
T ₁ R ₁	9	9.07	9.07	9.02	9	8.9
T ₁ R ₂	9.5	9.05	9.08	9.02	9	8.9
T ₁ R ₃	9.5	9.05	9.08	9.01	9	8.9
ค่าเฉลี่ย	9.333	9.057	9.077	9.017	9	8.900
Standard Deviation	0.289	0.012	0.006	0.006	0	0
T ₂ R ₁	9.7	9.05	10.02	9	9	8.7
T ₂ R ₂	9.7	9.02	10.02	9	9	8.7
T ₂ R ₃	9.8	9.02	10.02	9	9	8.8
ค่าเฉลี่ย	9.733	9.03	10.02	9	9	8.733
Standard Deviation	0.058	0.017	0	0	0	0.058

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวที่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ครั้งที่	1		2		3	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
T ₁ R ₁	0.68	0.02	1.12	0.02	1.08	0.02
T ₁ R ₂	0.68	0.02	1.14	0.02	1.08	0.02
T ₁ R ₃	0.68	0.03	1.12	0.02	1.08	0.02
ค่าเฉลี่ย	0.680	0.023	1.128	0.017	1.085	0.017
Standard Deviation	0	0.011	0.011	0	0	0
T ₂ R ₁	0.68	0.03	1.27	0.03	1.27	0.03
T ₂ R ₂	0.58	0.03	1.27	0.03	1.27	0.03
T ₂ R ₃	0.58	0.03	1.27	0.03	1.27	0.03
ค่าเฉลี่ย	0.613	0.035	1.269	0.035	1.269	0.035
Standard Deviation	0.058	0	0	0	0	0

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 5 ไนโตรที่-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไค่ด่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ครั้งที่	1		2		3	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
T ₁ R ₁	0.32	0.01	0.33	0.01	0.32	0.01
T ₁ R ₂	0.32	0.01	0.33	0.01	0.32	0.01
T ₁ R ₃	0.33	0.01	0.33	0.01	0.32	0.01
ค่าเฉลี่ย	0.324	0.012	0.333	0.008	0.322	0.008
Standard Deviation	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0
T ₂ R ₁	0.33	0.01	0.35	0.01	0.33	0.01
T ₂ R ₂	0.33	0.01	0.35	0.01	0.33	0.01
T ₂ R ₃	0.33	0.01	0.35	0.01	0.33	0.01
ค่าเฉลี่ย	0.327	0.008	0.349	0.008	0.327	0.013
Standard Deviation	0	0	0	0.000	0.000	0

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 6 ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไค้ต่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ครั้งที่	1		2		3	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
T ₁ R ₁	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01
T ₁ R ₂	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01
T ₁ R ₃	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01
ค่าเฉลี่ย	0.303	0.009	0.303	0.006	0.298	0.007
Standard Deviation	0	0.003	0	0.000	0	0.003
T ₂ R ₁	0.30	0.00	0.31	0.02	0.32	0.02
T ₂ R ₂	0.30	0.00	0.31	0.02	0.32	0.02
T ₂ R ₃	0.30	0.00	0.31	0.02	0.32	0.02
ค่าเฉลี่ย	0.299	0.001	0.311	0.016	0.317	0.016
Standard Deviation	0.003	0	0.003	0.000	0	0

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 7 ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน

ครั้งที่	1		2		3	
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
T ₁ R ₁	2.64	0.41	2.64	0.36	2.64	0.36
T ₁ R ₂	2.64	0.39	2.64	0.36	2.64	0.36
T ₁ R ₃	2.64	0.41	2.64	0.37	2.64	0.36
ค่าเฉลี่ย	2.636	0.402	2.636	0.361	2.636	0.355
Standard Deviation	0	0.010	0	0.010	0	0
T ₂ R ₁	2.64	0.62	2.64	0.53	2.99	0.53
T ₂ R ₂	2.99	0.62	2.64	0.55	2.99	0.53
T ₂ R ₃	2.99	0.62	2.64	0.55	2.99	0.53
ค่าเฉลี่ย	2.870	0.619	2.636	0.543	2.987	0.531
Standard Deviation	0.203	0	0	0.010	0	0

หมายเหตุ T คือ ชุดการทดลอง R คือจำนวนซ้ำ

ตารางผนวกที่ 8 ค่า Group Statistics ความสูงของขาไถ่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

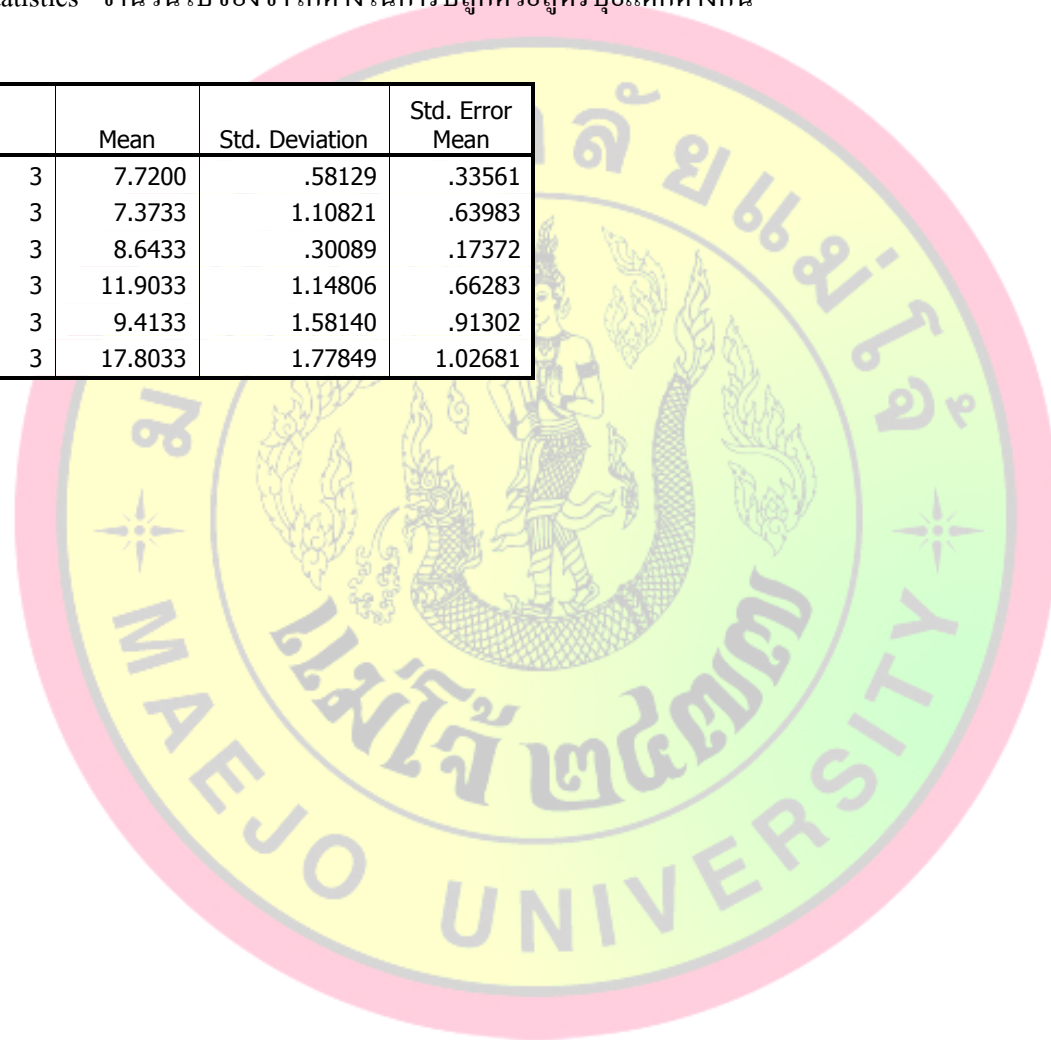
	TREAT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ความสูง1	1.00	3	2.5000	.22716	.13115
	2.00	3	3.6433	1.27178	.73426
ความสูง2	1.00	3	3.2733	.20257	.11695
	2.00	3	6.8600	1.61391	.93179
ความสูง3	1.00	3	3.5400	.39000	.22517
	2.00	3	10.4400	1.14241	.65957

ตารางผนวกที่ 9 ค่า Independent Samples T Test ความสูงของขาไก่อ่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ความสูง1	Equal variances assumed	6.237	.067	-1.533	4	.200	-1.1433	.74589	-3.21424	.92758
	Equal variances not assumed			-1.533	2.127	.258	-1.1433	.74589	-4.17520	1.88853
ความสูง2	Equal variances assumed	9.047	.040	-3.819	4	.019	-3.5867	.93910	-6.19403	-.97930
	Equal variances not assumed			-3.819	2.063	.059	-3.5867	.93910	-7.51132	.33799
ความสูง3	Equal variances assumed	3.042	.156	-9.900	4	.001	-6.9000	.69695	-8.83503	-4.96497
	Equal variances not assumed			-9.900	2.460	.005	-6.9000	.69695	-9.42062	-4.37938

ตารางผนวกที่ 10 ค่า Group Statistics จำนวนใบของขาไก่ต่างในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

	TREAT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
จำนวนใบ 1	1.00	3	7.7200	.58129	.33561
	2.00	3	7.3733	1.10821	.63983
จำนวนใบ 2	1.00	3	8.6433	.30089	.17372
	2.00	3	11.9033	1.14806	.66283
จำนวนใบ 3	1.00	3	9.4133	1.58140	.91302
	2.00	3	17.8033	1.77849	1.02681



ตารางผนวกที่ 11 ค่า Independent Samples T Test จำนวนใบของขาไก่ดำในการปลูกด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
จำนวนใบ1	Equal variances assumed	1.912	.239	.480	4	.656	.3467	.72250	-1.65932	2.35266
	Equal variances not assumed			.480	3.023	.664	.3467	.72250	-1.94276	2.63609
จำนวนใบ2	Equal variances assumed	2.622	.181	-4.758	4	.009	-3.2600	.68522	-5.16247	-1.35753
	Equal variances not assumed			-4.758	2.273	.032	-3.2600	.68522	-5.89318	-.62682
จำนวนใบ3	Equal variances assumed	.142	.726	-6.106	4	.004	-8.3900	1.37403	-12.20492	-4.57508
	Equal variances not assumed			-6.106	3.946	.004	-8.3900	1.37403	-12.22557	-4.55443

ตารางผนวกที่ 12 ตาราง Oneway Descriptives ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกข่าไก่อ่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ครั้งที่1	1.00	3	9.3333	.28868	.16667	8.6162	10.0504	9.00	9.50
	2.00	3	9.0567	.01155	.00667	9.0280	9.0854	9.05	9.07
	3.00	3	9.7333	.05774	.03333	9.5899	9.8768	9.70	9.80
	4.00	3	9.0300	.01732	.01000	8.9870	9.0730	9.02	9.05
	Total	12	9.2883	.32130	.09275	9.0842	9.4925	9.00	9.80
ครั้งที่2	1.00	3	9.0767	.00577	.00333	9.0623	9.0910	9.07	9.08
	2.00	3	9.0167	.00577	.00333	9.0023	9.0310	9.01	9.02
	3.00	3	10.0200	.00000	.00000	10.0200	10.0200	10.02	10.02
	4.00	3	9.0000	.00000	.00000	9.0000	9.0000	9.00	9.00
	Total	12	9.2783	.44825	.12940	8.9935	9.5631	9.00	10.02
ครั้งที่3	1.00	3	9.0000	.00000	.00000	9.0000	9.0000	9.00	9.00
	2.00	3	8.9000	.00000	.00000	8.9000	8.9000	8.90	8.90
	3.00	3	9.0000	.00000	.00000	9.0000	9.0000	9.00	9.00
	4.00	3	8.7333	.05774	.03333	8.5899	8.8768	8.70	8.80
	Total	12	8.9083	.11645	.03362	8.8343	8.9823	8.70	9.00

ตารางผนวกที่ 13 ตาราง ANOVA ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกข่าไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ครั้งที่1	Between Groups	.961	3	.320	14.717	.001
	Within Groups	.174	8	.022		
	Total	1.136	11			
ครั้งที่2	Between Groups	2.210	3	.737	44200.667	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	2.210	11			
ครั้งที่3	Between Groups	.143	3	.048	57.000	.000
	Within Groups	.007	8	.001		
	Total	.149	11			

ตารางผนวกที่ 14 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกชาไล่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4.00	3	9.0300		
2.00	3	9.0567	9.0567	
1.00	3		9.3333	
3.00	3			9.7333
Sig.		.830	.051	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 15 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกชาไล่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2

TREAT	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4.00	3	9.0000			
2.00	3		9.0167		
1.00	3			9.0767	
3.00	3				10.0200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 16 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการปลูกข้าวไร่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 3

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4.00	3	8.7333		
2.00	3		8.9000	
1.00	3			9.0000
3.00	3			9.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 17 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ครั้งที่1	1.00	3	.6800	.00000	.00000	.6800	.6800	.68	.68
	2.00	3	.0233	.00577	.00333	.0090	.0377	.02	.03
	3.00	3	.6133	.05774	.03333	.4699	.7568	.58	.68
	4.00	3	.0300	.00000	.00000	.0300	.0300	.03	.03
	Total	12	.3367	.32567	.09401	.1297	.5436	.02	.68
ครั้งที่2	1.00	3	1.1267	.01155	.00667	1.0980	1.1554	1.12	1.14
	2.00	3	.0200	.00000	.00000	.0200	.0200	.02	.02
	3.00	3	1.2700	.00000	.00000	1.2700	1.2700	1.27	1.27
	4.00	3	.0300	.00000	.00000	.0300	.0300	.03	.03
	Total	12	.6117	.61507	.17755	.2209	1.0025	.02	1.27
ครั้งที่3	1.00	3	1.0800	.00000	.00000	1.0800	1.0800	1.08	1.08
	2.00	3	.0200	.00000	.00000	.0200	.0200	.02	.02
	3.00	3	1.2700	.00000	.00000	1.2700	1.2700	1.27	1.27
	4.00	3	.0300	.00000	.00000	.0300	.0300	.03	.03
	Total	12	.6000	.60466	.17455	.2158	.9842	.02	1.27

ตารางผนวกที่ 18 ตาราง ANOVA ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไร่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ครั้งที่1	Between Groups	1.160	3	.387	459.380	.000
	Within Groups	.007	8	.001		
	Total	1.167	11			
ครั้งที่2	Between Groups	4.161	3	1.387	41611.000	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	4.161	11			
ครั้งที่3	Between Groups	4.022	3	1.341	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	4.022	11			

ตารางผนวกที่ 19 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	3	.0233		
4.00	3	.0300		
3.00	3		.6133	
1.00	3			.6800
Sig.		.786	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 20 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	3	.0200		
4.00	3	.0300		
1.00	3		1.1267	
3.00	3			1.2700
Sig.		.067	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 21 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ครั้งที่1	1.00	3	.3233	.00577	.00333	.3090	.3377	.32	.33
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3300	.00000	.00000	.3300	.3300	.33	.33
	4.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	Total	12	.1683	.16541	.04775	.0632	.2734	.01	.33
ครั้งที่2	1.00	3	.3300	.00000	.00000	.3300	.3300	.33	.33
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3500	.00000	.00000	.3500	.3500	.35	.35
	4.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	Total	12	.1750	.17250	.04980	.0654	.2846	.01	.35
ครั้งที่3	1.00	3	.3200	.00000	.00000	.3200	.3200	.32	.32
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3300	.00000	.00000	.3300	.3300	.33	.33
	4.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	Total	12	.1675	.16454	.04750	.0630	.2720	.01	.33

ตารางผนวกที่ 22 ตาราง ANOVA ปริมาณไนโตรเจนในไตรท์-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ครั้งที่1	Between Groups	.301	3	.100	12036.000	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.301	11			
ครั้งที่2	Between Groups	.327	3	.109	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.327	11			
ครั้งที่3	Between Groups	.298	3	.099	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.298	11			

ตารางผนวกที่ 23 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไร่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	3	.0100		
4.00	3	.0100		
1.00	3		.3233	
3.00	3			.3300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 24 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ครั้งที่1	1.00	3	.3000	.00000	.00000	.3000	.3000	.30	.30
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3000	.00000	.00000	.3000	.3000	.30	.30
	4.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	Total	12	.1525	.15410	.04449	.0546	.2504	.00	.30
ครั้งที่2	1.00	3	.3000	.00000	.00000	.3000	.3000	.30	.30
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3100	.00000	.00000	.3100	.3100	.31	.31
	4.00	3	.0200	.00000	.00000	.0200	.0200	.02	.02
	Total	12	.1600	.15154	.04375	.0637	.2563	.01	.31
ครั้งที่3	1.00	3	.3000	.00000	.00000	.3000	.3000	.30	.30
	2.00	3	.0100	.00000	.00000	.0100	.0100	.01	.01
	3.00	3	.3200	.00000	.00000	.3200	.3200	.32	.32
	4.00	3	.0200	.00000	.00000	.0200	.0200	.02	.02
	Total	12	.1625	.15428	.04454	.0645	.2605	.01	.32

ตารางผนวกที่ 25 ตาราง ANOVA ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข้าวไถ่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ครั้งที่1	Between Groups	.261	3	.087	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.261	11			
ครั้งที่2	Between Groups	.253	3	.084	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.253	11			
ครั้งที่3	Between Groups	.262	3	.087	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.262	11			

ตารางผนวกที่ 26 ตาราง Oneway Descriptives ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ครั้งที่1	1.00	3	2.6400	.00000	.00000	2.6400	2.6400	2.64	2.64
	2.00	3	.4033	.01155	.00667	.3746	.4320	.39	.41
	3.00	3	2.8733	.20207	.11667	2.3714	3.3753	2.64	2.99
	4.00	3	.6200	.00000	.00000	.6200	.6200	.62	.62
	Total	12	1.6342	1.18145	.34106	.8835	2.3848	.39	2.99
ครั้งที่2	1.00	3	2.6400	.00000	.00000	2.6400	2.6400	2.64	2.64
	2.00	3	.3633	.00577	.00333	.3490	.3777	.36	.37
	3.00	3	2.6400	.00000	.00000	2.6400	2.6400	2.64	2.64
	4.00	3	.5433	.01155	.00667	.5146	.5720	.53	.55
	Total	12	1.5467	1.14390	.33021	.8199	2.2735	.36	2.64
ครั้งที่3	1.00	3	2.6400	.00000	.00000	2.6400	2.6400	2.64	2.64
	2.00	3	.3600	.00000	.00000	.3600	.3600	.36	.36
	3.00	3	2.9900	.00000	.00000	2.9900	2.9900	2.99	2.99
	4.00	3	.5300	.00000	.00000	.5300	.5300	.53	.53
	Total	12	1.6300	1.24600	.35969	.8383	2.4217	.36	2.99

ตารางผนวกที่ 27 ตาราง ANOVA ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกข่าไก่อ่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ครั้งที่1	Between Groups	15.272	3	5.091	497.060	.000
	Within Groups	.082	8	.010		
	Total	15.354	11			
ครั้งที่2	Between Groups	14.393	3	4.798	115145.067	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	14.393	11			
ครั้งที่3	Between Groups	17.078	3	5.693	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	17.078	11			

ตารางผนวกที่ 28 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 1

TREAT	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2.00	3	.4033			
4.00	3		.6200		
1.00	3			2.6400	
3.00	3				2.8733
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางผนวกที่ 29 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในการปลูกขาไก่ต่างด้วยสูตรปุ๋ยแตกต่างกัน
ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ครั้งที่ 2

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	3	.3633		
4.00	3		.5433	
1.00	3			2.6400
3.00	3			2.6400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล : นายสมประสงค์ สมคำเพชร
 เกิดเมื่อ : วันที่ 14 เมษายน 2530
 ประวัติการศึกษา : วทบ. สาขาวิชาการประมง พ.ศ. 2552
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร จังหวัดชุมพร
 ประวัติการทำงาน : -

VITA

NAME : MR. SOMPRASONG SOMKHAMPHET
 DATH OF BIRTH : 14 APRIL 1987
 EDUCATION : BACHELOR OF SCENCE AQUACULTURE OF
 FISHERY, 2009 MAEJO UNIVERSITY AT CHUMPHON
 WORK EXPERIENCE : -