บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA (α-napthaleneacetic acid) ร่วมกับ BA (6-benzyladenine) ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนของอเมซอนแอฟริกา

4.1.1 การเพิ่มจำนวนต้นอ่อนของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

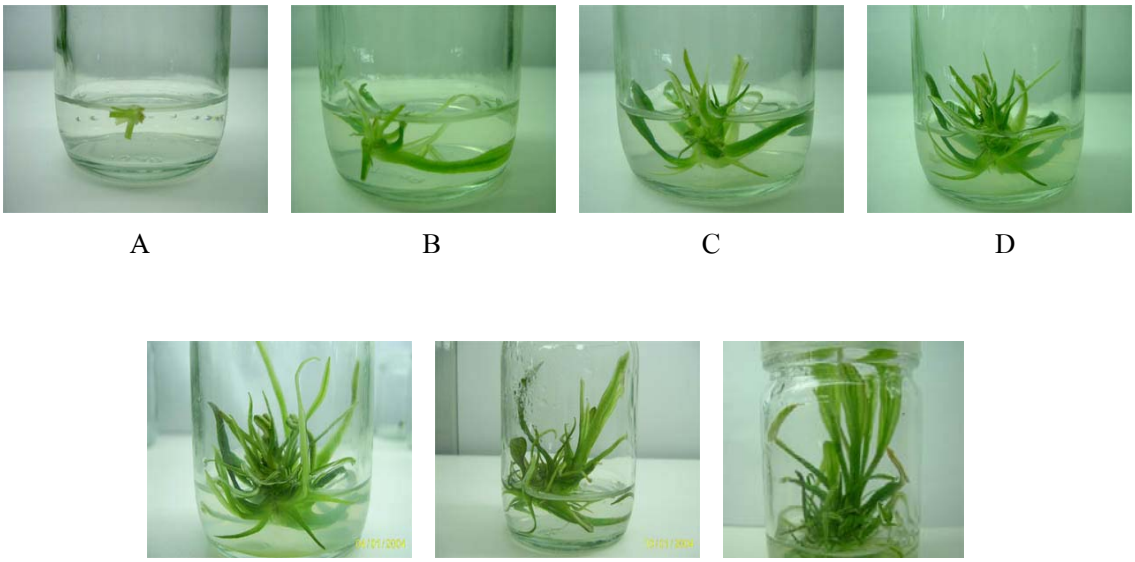
จากการทดลองนำชิ้นส่วนยอดอ่อนของต้นอเมซอนแอฟริกา มาเลี้ยงในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตรพื้นฐาน (MS) ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตและการพัฒนาของชิ้นเนื้อเยื่อมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมลงไปในอาหาร ในช่วงสัปดาห์แรกที่ทำการทดลองพบว่ายอดอ่อนมีการเจริญเติบโตในด้านของความยาว มีใบใหม่เกิดขึ้น และมีการงอกของรากน้อยมาก ในช่วงสัปดาห์ที่ 2-4 เริ่มแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของจำนวนต้นอ่อนที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 4 เป็นชุดการทดลองที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว มีการเพิ่มจำนวนของต้นอ่อนได้มากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 4.1) สำหรับการทดลองในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตรพื้นฐานที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ BA ในอัตราส่วนต่างๆ กันดังข้างต้น พบว่าอาหารเหลวสูตรพื้นฐาน (MS) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้ชิ้นเนื้อเยื่ออเมซอนแอฟริกาเกิดต้นอ่อนได้เร็วในปริมาณมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีต้นอ่อนเกิดใหม่เฉลี่ย 9 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ (ภาพที่ 4.1) ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี (2547) ที่รายงานว่าเมื่อใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร การเกิดต้นอ่อนของชบาน้ำ (*Aponogeton madagascariensis*) มีแนวโน้มลดลง โดยการใช้ BA ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้ดีกว่าการใช้ BA ระดับความเข้มข้น 0 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีจำนวนต้นอ่อนใกล้เคียงกับการใช้ BA ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่สอดคล้องกับรายงานการทดลองของมณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอรุณี รอดลอย (2542) ในการทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบพายศรีลังกาในอาหารสูตรพื้นฐานที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 0, 0.2, และ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0, 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร

พื้นฐานที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้ชิ้นเนื้อเยื่อเกิดต้นอ่อนได้มากที่สุด คือ 20 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ในทางตรงกันข้าม การเกิดต้นอ่อนจากชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดอเมซอนแอฟริกา ในชุดการทดลองที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว พบว่ามีจำนวนต้นอ่อนเกิดใหม่เฉลี่ยน้อยมาก คือ 1, 1และ 1 ต้นตามลำดับ และจำนวนของต้นอ่อนอเมซอนแอฟริกาที่เกิดขึ้นจากอาหารสังเคราะห์ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้จำนวนของต้นอ่อนที่เกิดใหม่ลดจำนวนลงในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 4.2) ซึ่งอัตราส่วนของออกซินและไซโตไคนินมีผลต่อการเจริญพัฒนาของเนื้อเยื่อที่นำมาเพาะเลี้ยง โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เนื้อเยื่อมีการพัฒนาเป็นต้นและรากได้อย่างปกติ (รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2541) แต่ถ้าอัตราส่วนของออกซินและไซโตไคนินที่สูงกว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมจะมีผลให้เนื้อเยื่อเจริญเป็นรากและแคลลัส (Miller and Skoog. 1953) และพบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ BA ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) ระหว่าง 2 ปัจจัย คือไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดต้นอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือการเติม BA ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS มีผลชักนำให้ชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดเจริญพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้มากกว่าการไม่เติม BA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.1 จำนวนต้นอ่อนที่เกิดจากชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของอเมซอนแอฟริกาในอาหารสังเคราะห์ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ความเข้มข้นต่างกัน

BA	NAA (mg/l)				Mean±SE
(mg/l)	0	1	2	3	
0	2.0±0.48	1.0±0.25	1.0±0.00	1.0±0.25	1.3±0.15[a]
1	4.3±0.63	2.0±0.41	1.3±0.25	1.0±0.00	2.1±0.38[b]
2	4.3±0.29	2.0±0.25	1.3±0.29	1.0±0.00	2.3±0.37[b]
3	9.0±0.96	2.7±0.25	2.3±0.41	1.0±0.00	3.8±0.90[c]
Mean±SE	5.0±0.78[a]	2.0±0.20[b]	1.4±0.16[c]	1.1±0.06[c]	

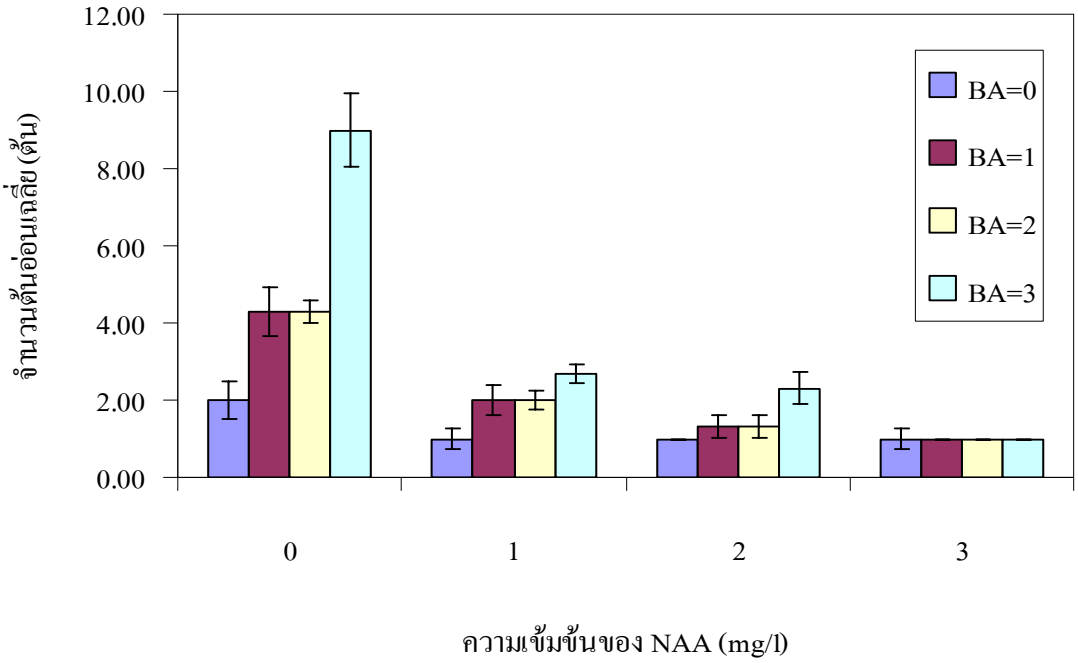
* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



A B C D

E F G

ภาพที่ 4.1 ชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของอเมซอนแอฟริกาที่เลี้ยงในอาหารเหลวสังเคราะห์ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว (A) ยอดเริ่มต้น (B) สัปดาห์ที่ 1 (C) สัปดาห์ที่ 2 (D) สัปดาห์ที่ 3 (E) สัปดาห์ที่ 4 (F) สัปดาห์ที่ 5 และ (G) สัปดาห์ที่ 6



ภาพที่ 4.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ BA ที่ชักนำให้เกิดต้นอ่อนของเนื้อเยื่ออเมซอนแอฟริกา

4.1.2 อัตราการเกิดยอดและอัตราการตายของอเมซอนแอฟริกา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนแอฟริกา พบว่าอาหารสูตรพื้นฐาน MS ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ BA ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันนั้นมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เกิดยอดใหม่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นชุดการทดลองที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มของออกซิน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ ยับยั้งการเกิดยอด มีคุณสมบัติตรงข้ามกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน เช่น BA ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ และส่งเสริมการเกิดยอด (รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2541) โดย Bird,K.T. et.al. (1998) รายงานว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตออกซินทั้ง IBA และ NAA สามารถไปยับยั้งการเกิดต้นอ่อนในทุกความเข้มข้นที่ทำการทดลอง และ IAA ที่ความเข้มข้น 1.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถกระตุ้นการเกิดต้นอ่อนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต และ IAA ที่ความเข้มข้น 8.70 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Halophila decipiens* ส่วนเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่มีชีวิตแต่ไม่เกิดยอดใหม่มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนของ NAA มากกว่า BA (ตารางที่ 4.2) และในชุดการทดลองที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA เพียงอย่างเดียวในอัตราส่วนต่างๆ กัน มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดยอด 0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ไม่พบเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ตายในทุกชุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการทดลองของกาญจนรี พงษ์ฉวี และณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์ (2547) ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียส ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ BA เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นเนื้อเยื่อในทุกชุดการทดลองมีอัตรารอด 100% และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าความสูงของลำต้นอเมซอนแอฟริกาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.76 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2) ในทางตรงกันข้ามชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของพรรณไม้น้ำโลบีเลีย (*Lobilia cardinalis*) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์มีความสูงของยอดเฉลี่ยเพียง 3.02 เซนติเมตร (กาญจนรี พงษ์ฉวี และคณะ. 2543)

ตารางที่ 4.2 ผลของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ BA ต่อการเกิดยอดของชิ้นเนื้อเยื่ออเมซอนแอฟริกา เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อัตราส่วนของ NAA : BA (mg/l)	% ชิ้นส่วนที่เกิดยอดใหม่	% ชิ้นส่วนที่มีชีวิตแต่ไม่เกิดยอดใหม่	% ชิ้นส่วนที่ตาย	ความสูงของลำต้น (cm)
0:0	50	50	0	7.57
0:1	100	0	0	7.70
0:2	100	0	0	6.43
0:3	100	0	0	7.77
1:0	25	75	0	6.50
1:1	75	25	0	0.43
1:2	75	25	0	7.00
1:3	100	0	0	6.37
2:0	0	100	0	7.53
2:1	25	75	0	7.10
2:2	50	50	0	6.97
2:3	75	25	0	7.40
3:0	25	75	0	7.43
3:1	0	100	0	7.17
3:2	0	100	0	7.37
3:3	0	100	0	7.43

4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองหาความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.2.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

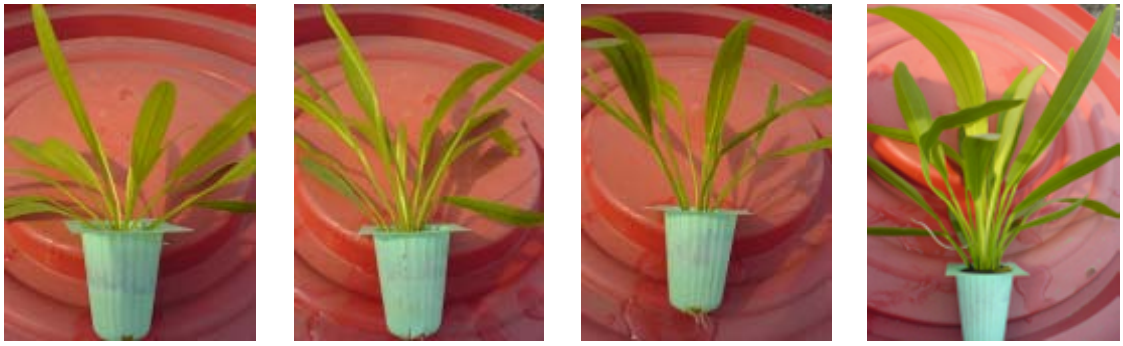
จากการทดลองศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร ในระบบ DFT เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 8.72, 6.89, 7.72 และ 8.96 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มีความยาวของลำต้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 11.60, 8.73, 9.97 และ 10.13 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ และมีความยาวใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.87, 5.43,

6.53 และ 0.40 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) โดยในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ความยาวของลำต้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และความยาวใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีน้ำหนักและความยาวใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมากที่สุด แต่มีความยาวลำต้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ยมากที่สุดในชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0 มิลลิโมลต่อลิตร ในขณะที่มะเขือเทศ (*Solanum tuberosum* L.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไนเตรท-ไนโตรเจนและแอมโมเนียม-ไนโตรเจนเป็นแหล่งของไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 2, 4, 8 และ 12 มิลลิโมลต่อลิตร สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียม-ไนโตรเจนความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิโมลต่อลิตร (Cao and Tibbitts. 1998) ซึ่งไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้มีอยู่ 3 รูป คือ ไนเตรทอิออน แอมโมเนียมอิอน และยูเรีย โดยเมื่อไนเตรทเข้าสู่เซลล์พืชจะถูกรีดิวซ์จนได้แอมโมเนียมแล้วจึงเข้ารวมกับอินทรียสารบางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนและเอไมด์ ในขณะเดียวกันถ้าพืชดูดแอมโมเนียมเข้าไปในเซลล์ก็สามารถนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์ทันที (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543) นอกจากนี้ Romero,J.A. et.al. (1999) ได้ศึกษาผลของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) 3 ระดับ (50, 500 และ 1,000 ไมโครโมลต่อลิตร) และฟอสฟอรัส 2 ระดับ (15 และ 50 ไมโครโมลต่อลิตร) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ้อ (*Phragmits australis*) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน พบว่าระดับของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยที่อัตราการเจริญเติบโตจะต่ำสุดในกลุ่มที่ได้รับไนโตรเจนต่ำ (0.026 ต่อวัน) ส่วนในกลุ่มที่ได้รับไนโตรเจน 500 ไมโครโมลต่อลิตร จะมีอัตราการเจริญเติบโต 0.035 ต่อวัน และกลุ่มที่ได้รับไนโตรเจนสูงสุด (0.037 ต่อวัน)

ตารางที่ 4.3 น้ำหนัก ความยาวลำต้น และความยาวใบที่เพิ่มขึ้นของอเมซอนแอฟริกา ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน

N ในรูปของ NH_4^+ (ppm)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ต้น)	ความยาวลำต้นที่เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)	ความยาวใบที่เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)
0	8.72±1.77[a]	11.60±1.46[a]	5.87±0.57[a]
0.4	6.89±0.85[a]	8.73±0.87[a]	5.43±0.65[a]
0.8	7.72±0.85[a]	9.97±0.37[a]	6.53±0.32[a]
1.2	8.96±0.86[a]	10.13±1.77[a]	0.40±0.92[a]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



A B C D

ภาพที่ 4.3 การเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน (A) 0 mmol/l, (B) 0.4 mmol/l, (C) 0.8 mmol/l และ (D) 1.2 mmol/l

4.2.2 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกาที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร ตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์

ค่าการนำไฟฟ้าในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.00, 0.97, 0.96 และ 1.01 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4) เนื่องจากมีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้เท่ากันทุกถังประมาณ 1.00 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย 7.50, 7.42, 7.38 และ 7.04 (ตารางที่ 4.4) โดยชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมเนื่องจากเมื่อมีอนุมูลของแอมโมเนียมอิออนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชอยู่มากกว่าชุดการทดลองอื่น ทำให้พรรณไม้น้ำมีการดูดใช้แอมโมเนียมอิออน รากพรรณไม้น้ำมีการปล่อยไฮโดรเจนอิออน (H^+) ออกมาในสารละลายด้วย ทำให้สารละลายธาตุอาหารมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อย ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังสารละลายธาตุอาหารเกิดจากการดูดใช้ไนเตรทอิออน

ของพรรณไม้น้ำ และมีการปล่อยอนุมูลของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมาจำนวนเท่ากันมีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายเพิ่มขึ้น (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548)

อุณหภูมิในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 26.76, 26.71, 26.73 และ 26.68 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.64, 0.70, 1.10 และ 2.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4) จากภาพที่ 4.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอย่างต่อเนื่องและเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากมีการเติมสารละลายธาตุอาหารลงไป หลังจากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง จากการดูดใช้ของพรรณไม้น้ำและจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) คือ เปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมเป็นไนเตรท (Boyd. 1990)

ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.01, 0.18, 0.36 และ 0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4) จากภาพที่ 4.5 พบว่าแนวโน้มของปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 1 และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 จากการออกซิเดชั่น (oxidation) แอมโมเนียมเป็นไนไตรท์โดยแบคทีเรีย (Boyd. 1990)

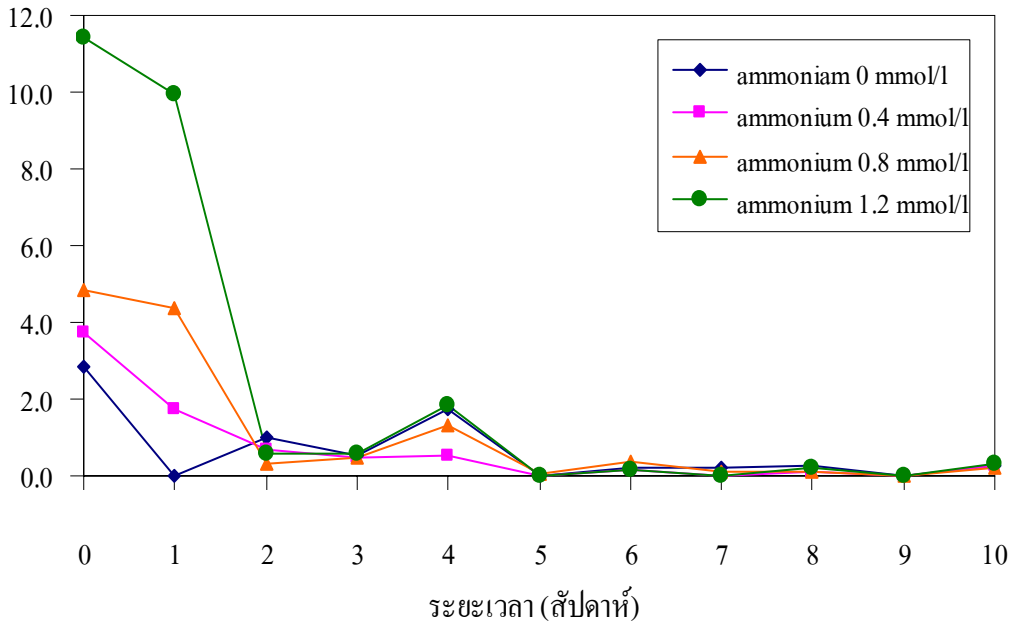
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 68.32, 66.82, 62.60 และ 73.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4) จากภาพที่ 4.6 ปริมาณไนเตรทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 และลดลงเล็กน้อยจนถึงสัปดาห์ที่ 3 และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง ถึงแม้ว่าพรรณไม้น้ำจะดูดไนเตรทไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต แต่ปริมาณไนเตรทไม่ลดลงมากนัก เป็นไปได้ว่าปริมาณแอมโมเนียมจากปุ๋ยถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทโดยแบคทีเรียในถังสารละลายธาตุอาหารจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น และนอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียมในปุ๋ยซึ่งเป็นรูปที่พรรณไม้น้ำนำไปใช้ประโยชน์ได้มีเพียงพอในถังสารละลายอยู่แล้ว ยกเว้นในกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0 มิลลิโมลต่อลิตร

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 33.86, 33.09, 34.06 และ 40.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.7)

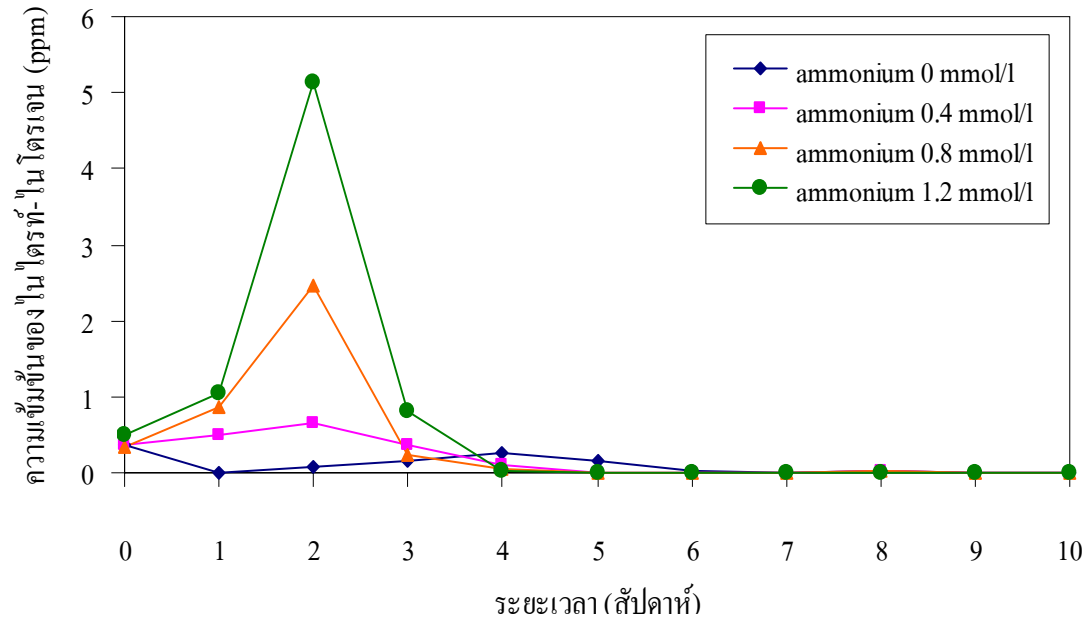
ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน ตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (mmol/l)			
	0	0.4	0.8	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	1.00±0.00[a]	0.97±0.00[a]	0.96±0.00[a]	1.01±0.00[a]
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7.50±0.01[a]	7.42±0.01[a]	7.38±0.11[a]	7.04±0.13[b]
อุณหภูมิ (C°)	26.76±0.64[a]	26.71±0.71[a]	26.73±0.70[a]	26.68±0.71[a]
แอมโมเนีย (ppm)	0.64±0.27[a]	0.70±0.33[a]	1.10±0.53[a]	2.27±1.26[a]
ไนไตรท์ (ppm)	0.01±0.00[a]	0.18±0.01[a]	0.36±0.22[a]	0.69±0.46[a]
ไนเตรท (ppm)	68.32±2.70[a]	66.82±2.44[a]	62.60±2.21[a]	73.41±3.50[a]
ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm)	33.86±0.48[a]	33.09±7.31[a]	34.06±7.78[a]	40.94±8.39[a]

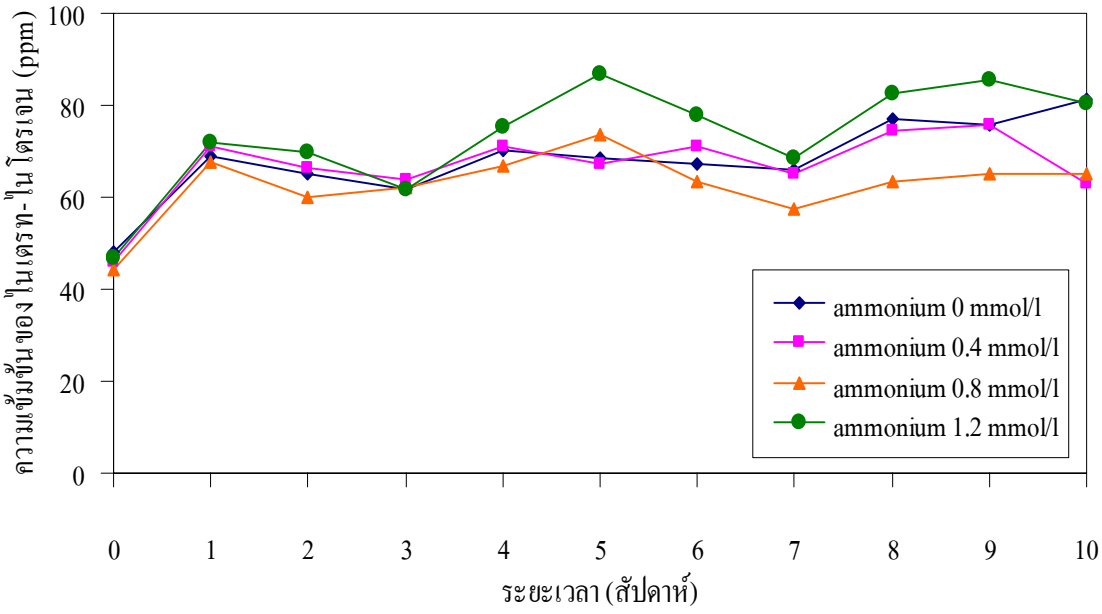
*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



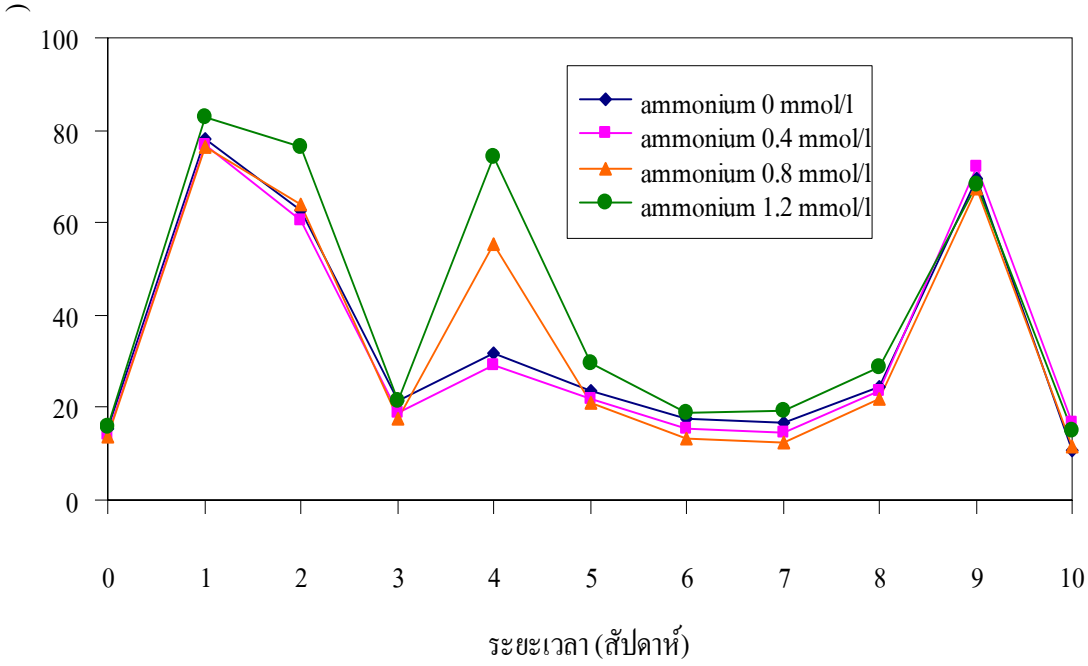
ภาพที่ 4.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.5 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.6 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน

4.2.3 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในอเมซอนแอฟริกา

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในรากและลำต้นของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในระบบ DFT ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร โดยทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร 9 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 2.78, 3.51, 3.71 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณไนโตรเจนสะสม 4.50, 4.45, 4.70 และ 4.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)โดยอเมซอนแอฟริกาในชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีปริมาณไนโตรเจนสะสมทั้งในรากและลำต้นมากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการทดลองของ Dai,T. et.al. (2002) ในการศึกษาธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวสาลีโดยใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยไนเตรทเพียงอย่างเดียวในระบบการปลูกพืชไร้ดิน พบว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมมีการสะสมธาตุไนโตรเจนในทุกส่วนของพืชทดลองเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารในราก ซึ่งจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยแอมโมเนียม สามารถส่งเสริมให้พืชมีการดูดซึมธาตุไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 1.22, 1.17, 1.27 และ 1.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสม 0.62, 0.63, 0.63 และ 0.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว พบว่าปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสฟอสฟอรัสทั้งในรากและลำต้นไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรคือ 6.06, 6.20, 6.01 และ 6.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณโพแทสเซียมสะสม 4.75, 5.68, 5.67 และ 5.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโพแทสเซียม พบว่าปริมาณการสะสมโพแทสเซียมทั้งในรากและลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 1.03, 1.26, 1.52 และ 1.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณแคลเซียมสะสม 2.19, 2.43, 1.99 และ 2.57 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมแคลเซียม พบว่าปริมาณการสะสมแคลเซียมทั้งในรากและลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรคือ 0.56, 0.58, 0.58 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณแมกนีเซียมสะสม 0.60, 0.63, 0.63 และ 0.76 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าปริมาณการสะสมในรากไม่แตกต่างกัน และปริมาณการสะสมธาตุแมกนีเซียมในลำต้นอเมซอนแอฟริกาในกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณทองแดงที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 52.42, 61.83, 60.83 และ 60.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณทองแดงสะสม 36.087, 37.33, 46.08 และ 46.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) และปริมาณการสะสมแคลเซียมทั้งในรากและลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิ

โมลต่อลิตร คือ 174.28, 228.33, 229.25 และ425.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณเหล็กสะสม 153.33, 357.50, 443.50 และ 466.67 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ในกลุ่มที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีปริมาณการสะสมเหล็กทั้งในรากและลำต้นมากกว่าในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 29.17, 30.33, 32.50 และ 50.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ส่วนในลำต้นมีปริมาณแมงกานีสสะสม 10.00, 13.33, 11.67 และ 22.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ในกลุ่มที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรมีปริมาณการสะสมแมงกานีสทั้งในรากและลำต้นมากกว่าในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณสังกะสีที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.4, 0.8 และ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร คือ 254.67, 281.58, 299.67 และ 323.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนในลำต้นมีปริมาณสังกะสีสะสม 67.67, 78.83, 107.17 และ 134.25 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ในกลุ่มที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรมีปริมาณการสะสมสังกะสีในลำต้นมากกว่าในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในรากอเมซอนแอฟริกา ที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (mmol/l)			
	0	0.4	0.8	1.2
ไนโตรเจน (%N)	2.87±0.24[a]	2.87±0.24[a]	2.87±0.24[a]	2.87±0.24[a]
ฟอสฟอรัส (%P)	1.22±0.00[a]	1.22±0.00[a]	1.22±0.00[a]	1.22±0.00[a]
โพแทสเซียม (%K)	6.06±0.48[a]	6.06±0.48[a]	6.06±0.48[a]	6.06±0.48[a]
แคลเซียม (%)	1.03±0.00[a]	1.26±0.26[a]	1.52±0.45[a]	1.56±0.16[a]
แมกนีเซียม (%)	0.56±0.00[a]	0.58±0.00[ab]	0.58±0.00[ab]	0.67±0.00[a]
ทองแดง (ppm)	52.42±8.16[a]	61.83±1.36[a]	60.83±4.86[a]	60.83±5.46[a]
เหล็ก (ppm)	153.33±1.45[a]	228.33±2.80[ab]	229.25±1.70[ab]	425.83±1.25[b]
แมงกานีส (ppm)	29.16±5.83[a]	30.33±2.91[a]	32.50±1.44[a]	50.83±4.41[b]
สังกะสี (ppm)	254.67±1.88[a]	281.58±3.94[a]	299.67±8.86[a]	323.83±3.17[a]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในลำต้นอเมซอนแอฟริกา ที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (mmol/l)			
	0	0.4	0.8	1.2
ไนโตรเจน (%N)	4.50±0.01 [a]	4.50±0.01 [a]	4.50±0.01 [a]	4.50±0.01 [a]
ฟอสฟอรัส (%P)	0.62±0.00[a]	0.62±0.00[a]	0.62±0.00[a]	0.62±0.00[a]
โพแทสเซียม (%K)	5.75±0.44[a]	5.75±0.44[a]	5.75±0.44[a]	5.75±0.44[a]
แคลเซียม (%)	2.19±0.17[a]	2.43±0.15[a]	1.99±0.24[a]	2.57±0.15[a]
แมกนีเซียม (%)	0.60±0.00[a]	0.63±0.00[a]	0.63±0.00[a]	0.76±0.00[b]
ทองแดง (ppm)	36.08±4.77[a]	37.33±1.12[a]	46.08±3.77[a]	46.00±4.54[a]
เหล็ก (ppm)	153.33±1.45[a]	357.50±3.21[ab]	443.50±4.16[b]	466.67±1.15[b]
แมงกานีส (ppm)	10.00±2.88[a]	13.33±1.66[ab]	11.66±3.63[a]	22.83±3.17[b]
สังกะสี (ppm)	67.67±3.36[a]	78.83±2.41[ab]	107.16±1.27[ab]	134.25±1.91[b]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองหาระดับของค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.3.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

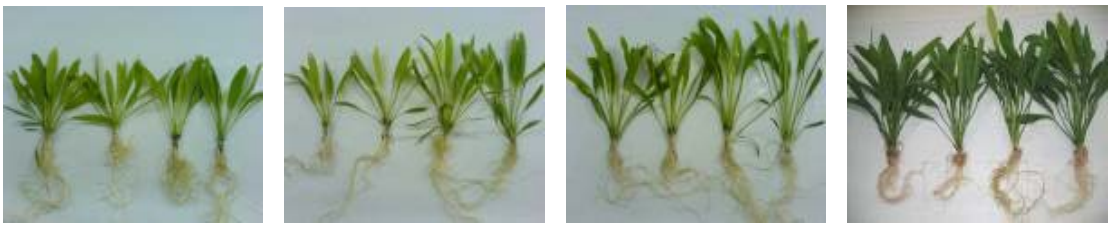
จากการศึกษาหาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา ในระบบการปลูกแบบไร้ดินแบบ DFT ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 คือความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรที่มีระดับของค่าการนำไฟฟ้า 4 ระดับที่แตกต่างกัน คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์พบว่า ต้นอเมซอนแอฟริกามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.34, 3.24, 4.63 และ 15.26 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มีความยาวลำต้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.80, 8.03, 8.60 และ 19.37 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ และมีความยาวใบที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.67, 4.07, 3.77 และ 9.03 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.8) และพบว่าต้นอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวลำต้น และความยาวใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับอเมซอนโอซีลอต (*Echinodorus ozelot*) ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้น 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร (สมเกียรติ สีสนอง. 2548) ในทางตรงกันข้ามกับรายงานการทดลองของนาซีเราะห์ วาโดร์ และปิยะกาญจ์ บุญสุวรรณ (2547)

ในการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-Lesaint ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบไร้ดิน ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ส่งผลให้พรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกามีการเจริญเติบโตมากที่สุด คือมีน้ำหนักต้นเฉลี่ย 2.99 กรัมต่อต้น ความสูงเฉลี่ย 11.45 เซนติเมตรต่อต้น และจำนวนใบเฉลี่ย 11 ใบต่อต้น นอกจากนี้พรรณไม้น้ำใบพายเขาใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร (มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2546) ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอยู่ในช่วง 0.5-1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร (นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549)

ตารางที่ 4.7 น้ำหนัก ความยาวลำต้น และความยาวใบที่เพิ่มขึ้นของอเมซอนแอฟริกา ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับของค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

ระดับ EC (mS/cm)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ต้น)	ความยาวลำต้นที่เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)	ความยาวใบที่เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)
0.5	4.34±0.14[a]	5.80±0.61[a]	2.67±0.18[a]
1.0	3.42±0.64[a]	8.03±0.12[a]	4.07±0.45[a]
1.5	4.63±0.73[a]	8.60±0.47[a]	3.77±0.27[a]
2.0	15.26±4.25[b]	19.37±2.70[b]	9.03±1.04[b]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



A B C D

ภาพที่ 4.8 การเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกาที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารมีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (A) EC = 0.5 mS/cm, (B) EC = 1.0 mS/cm, (C) EC = 1.5 mS/cm และ (D) EC = 2.0 mS/cm

4.3.2 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกาที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 คือ ระดับของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรและมีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า

ค่าการนำไฟฟ้าในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 0.52, 1.01, 1.52 และ 1.92 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละถังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.8) เนื่องจากมีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละชุดการทดลองให้มีความแตกต่างกันตามแผนการทดลอง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 7.90, 7.42, 6.68 และ 6.15 (ตารางที่ 4.8) โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสารละลายธาตุอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากรากพืชดูดธาตุอาหารที่เป็นประจุบวก (cations) ในสารละลายธาตุอาหารแล้วปลดปล่อยไฮโดรเจนอิออนออกมา ส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากรากพืชดูดธาตุอาหารที่เป็นประจุลบ (anions) ในสารละลายธาตุอาหารแล้วปลดปล่อยไฮดรอกซิลอิออนออกมา ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น (ดิเรก ทองอร่าม. 2548) ซึ่งในการทดลองนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงเมื่อค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากการเติมสารละลายธาตุอาหาร

อุณหภูมิในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 26.77, 26.71, 26.73 และ 26.69 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.8)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 0.82, 0.66, 0.54 และ 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.9 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์แรกของการทดลองและลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 จากการเติมสารละลายธาตุอาหารหลังจากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นจากการเติมสารละลายธาตุอาหาร

ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 0.00, 0.22, 0.21 และ 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จาก

ภาพที่ 4.10 ปริมาณของไนไตรท์-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 2 และหลังจากนั้นจะลดลงจนเกือบหมดตลอดการทดลอง

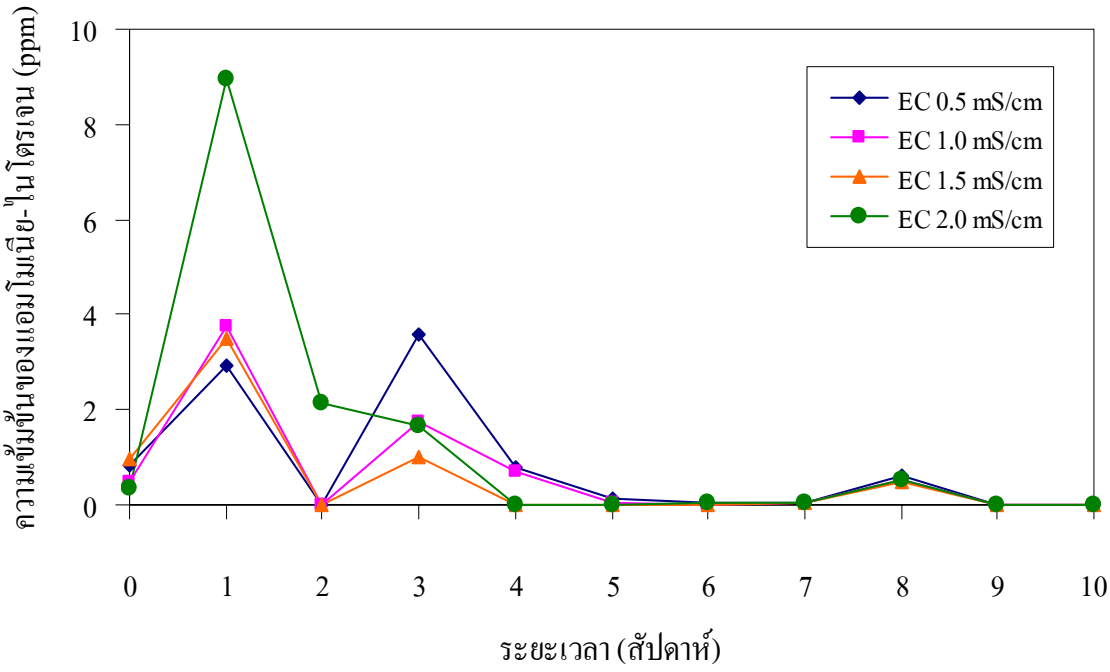
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 57.15, 103.79, 153.51 และ 191.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.11 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในจนถึงสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 4 เพิ่มขึ้นอีกในสัปดาห์ที่ 5 และลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสารละลายธาตุอาหารเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน เปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมเป็นไนเตรท (Boyd. 1990)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 6.78, 17.85, 32.98 และ 43.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.12) ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 และหลังจากนั้นค่าค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ยงยุทธ โอสถสภา (2543) รายงานว่าฟอสฟอรัสในสารละลายเป็นแอนไอออนของกรดออโทฟอสฟอริก (H_3PO_4) รูปของแอนไอออนจึงมีได้ 3 แบบ ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มากคือ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชดูดไปใช้ได้ง่ายที่สุด เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.8-7.2 จะมีอยู่ในรูป HPO_4^{2-} มาก ซึ่งพืชดูดได้ช้ากว่ารูปแรก และหากค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 7.2 จะมี PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก

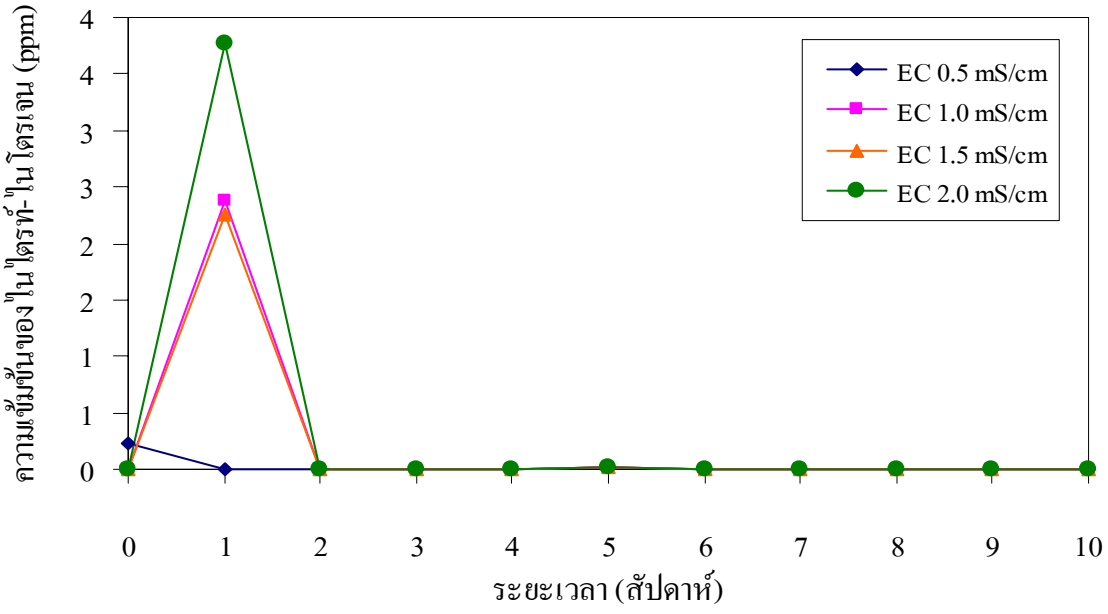
ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.52±0.00^{a}	1.01±0.00^{b}	1.52±0.00^{c}	1.92±0.00^{d}
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7.90±0.01^{a}	7.42±0.00^{b}	6.68±0.01^{c}	6.15±0.13^{d}
อุณหภูมิ (C°)	26.77±0.65^{a}	26.71±0.72^{a}	26.73±0.70^{a}	26.69±0.72^{a}
แอมโมเนีย (ppm)	0.82±0.38^{a}	0.66±0.35^{a}	0.54±0.32^{a}	1.25±0.80^{a}
ไนไตรท์ (ppm)	0.00±0.00^{a}	0.22±0.22^{a}	0.21±0.20^{a}	0.35±0.34^{a}
ไนเตรท (ppm)	57.15±1.99^{a}	103.79±1.39^{b}	153.51±1.39^{c}	191.19±3.51^{d}
ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm)	6.78±1.29^{a}	17.85±4.33^{ac}	32.98±2.55^{bc}	43.94±6.98^{b}

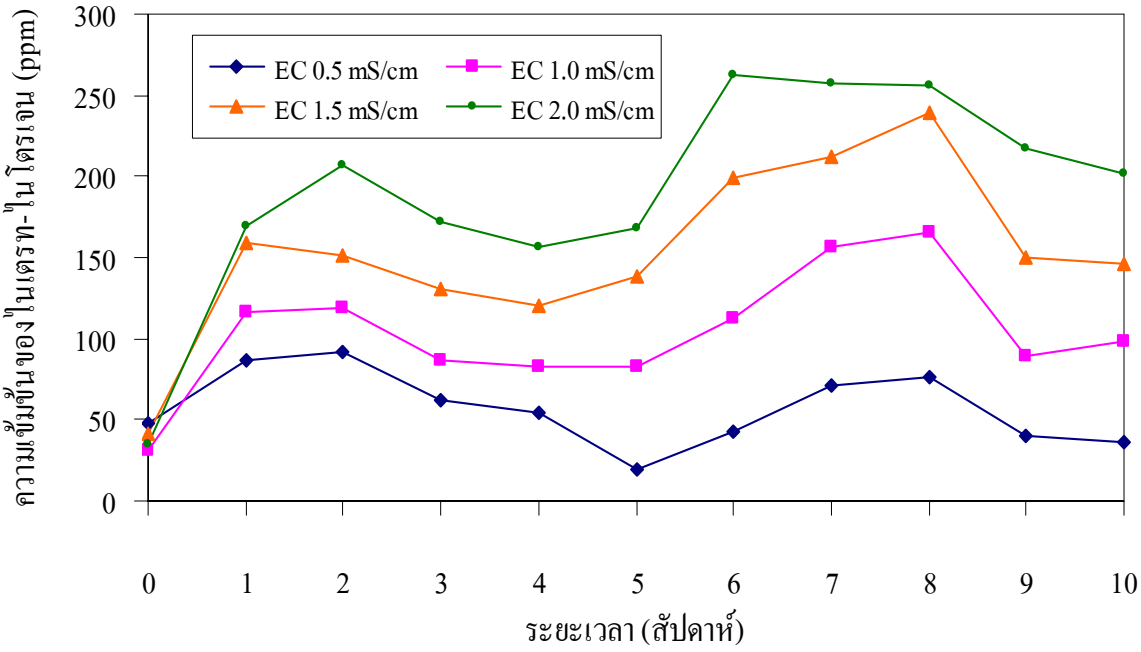
*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



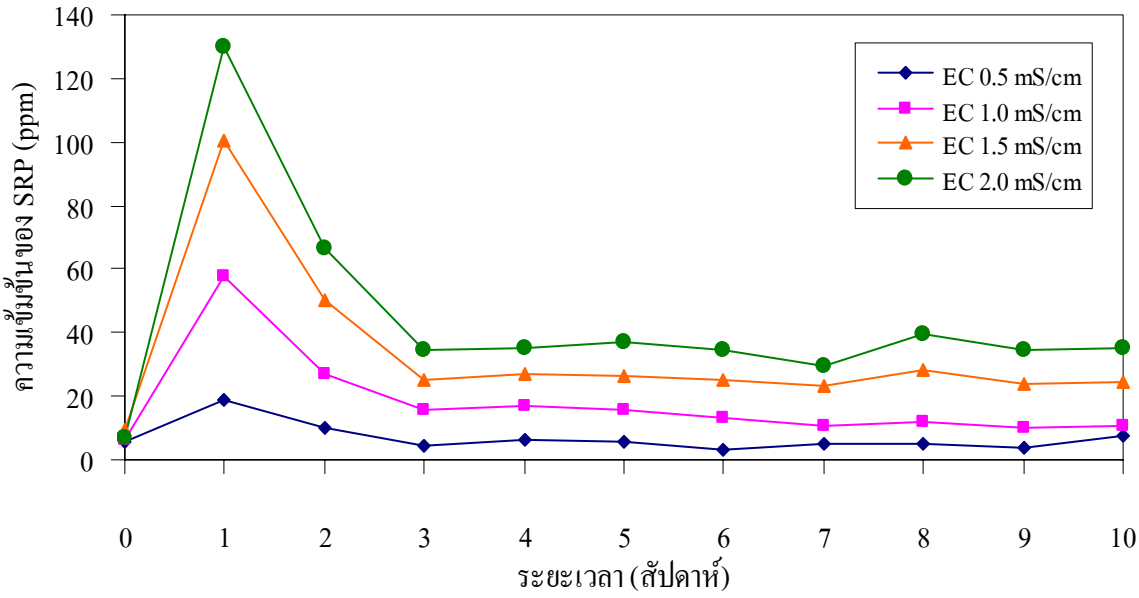
ภาพที่ 4.9 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.10 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.11 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.12 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

4.3.3 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในรากและลำต้นของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในระบบ DFT ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 คือความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร และมีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร 9 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี พบว่า

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรคือ 3.38, 3.37, 3.78 และ 3.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นมีปริมาณไนโตรเจนสะสม 3.93, 4.09, 4.14 และ 4.05 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และปริมาณไนโตรเจนที่สะสมทั้งในรากและลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร คือ 1.07, 1.28, 1.54 และ 2.54 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสม 0.67, 0.72, 0.74 และ 1.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส พบว่ามีปริมาณการสะสมทั้งในรากและลำต้นในชุดการทดลองที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรคือ 6.38, 6.45, 6.86 และ 6.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณโพแทสเซียมสะสม 5.36, 5.43, 5.30 และ 5.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโพแทสเซียม พบว่ามีปริมาณการสะสมทั้งในรากและลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 1.82, 2.38, 2.75 และ 4.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณแคลเซียมสะสม 3.57, 3.89, 3.81 และ 4.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมแคลเซียม พบว่าปริมาณการสะสมแคลเซียมทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 0.60, 0.63, 0.64 และ 0.70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นมีปริมาณแมกนีเซียมสะสม 0.46,

0.56, 0.57 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมแมกนีเซียม พบว่าปริมาณการสะสมแมกนีเซียมทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณทองแดงที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 50.25, 46.33, 62.08 และ 79.67 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นมีปริมาณทองแดงสะสม 25.20, 32.17, 30.58 และ 36.67 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) และปริมาณการสะสมทองแดงทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 672.50, 551.88, 944.17 และ 1653.75 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยการสะสมเหล็กในรากของอเมซอนแอฟริกาในชุดการทดลองที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณเหล็กสะสม 421.83, 401.25, 537.50 และ 580.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) ปริมาณการสะสมเหล็กในลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 32.50, 45.00, 50.00 และ 81.67 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณแมงกานีสสะสม 10.83, 11.67, 11.67 และ 22.50 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) ในกลุ่มที่มีระดับของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีปริมาณการสะสมแมงกานีสทั้งในรากและลำต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณสังกะสีที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร 9.04, 15.25, 10.42 และ 23.49 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณสังกะสีสะสม 133.75, 174.33, 188.92 และ 282.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) ในกลุ่มที่มีระดับของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีปริมาณการสะสมสังกะสีในลำต้นมากกว่าในกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในรากอเมซอนแอฟริกา ที่มีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
ไนโตรเจน (%N)	3.38±0.01[a]	3.38±0.01[a]	3.38±0.01[a]	3.38±0.01[a]
ฟอสฟอรัส (%P)	1.07±0.00[a]	1.07±0.00[a]	1.07±0.00[a]	1.07±0.00[a]
โพแทสเซียม (%K)	6.38±0.19[a]	6.38±0.19[a]	6.38±0.19[a]	6.38±0.19[a]
แคลเซียม (%)	1.82±0.10[a]	2.38±0.21[a]	2.75±0.00[a]	4.79±0.73[b]
แมกนีเซียม (%)	0.60±0.00[a]	0.63±0.00[a]	0.64±0.00[a]	0.70±0.00[a]
ทองแดง (ppm)	50.25±5.75[ac]	46.33±3.70[a]	62.08±3.70[c]	79.67±4.29[b]
เหล็ก (ppm)	672.50±1.41[a]	551.88±1.20[a]	944.17±1.05[a]	1653.75±2.06[b]
แมงกานีส (ppm)	32.50±4.33[a]	45.00±5.20[a]	50.00±1.47[a]	81.67±9.46[b]
สังกะสี (ppm)	9.04±1.58[a]	15.25±0.45[b]	10.42±1.09[b]	23.49±2.22[c]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในลำต้นอเมซอนแอฟริกา ที่มีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
ไนโตรเจน (%N)	3.93±0.26[a]	3.93±0.26[a]	3.93±0.26[a]	3.93±0.26[a]
ฟอสฟอรัส (%P)	0.67±0.00[a]	0.67±0.00[a]	0.67±0.00[a]	0.67±0.00[a]
โพแทสเซียม (%K)	5.36±0.25[a]	5.36±0.25[a]	5.36±0.25[a]	5.36±0.25[a]
แคลเซียม (%)	3.57±0.16[a]	3.89±0.01[ab]	3.81±0.17[ab]	4.20±0.01[b]
แมกนีเซียม (%)	0.46±0.01[a]	0.56±0.01[a]	0.57±0.01[a]	0.75±0.00[b]
ทองแดง (ppm)	25.20±1.89[a]	32.17±1.21[ab]	30.58±3.39[a]	36.67±3.92[b]
เหล็ก (ppm)	421.83±4.84[a]	401.25±7.96[a]	537.50±5.75[a]	580.00±5.00[a]
แมงกานีส (ppm)	10.83±3.33[a]	11.76±0.83[a]	11.67±0.83[a]	22.50±3.82[b]
สังกะสี (ppm)	133.75±8.95[a]	174.33±4.12[a]	188.91±1.63[a]	282.00±4.27[b]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองหาระดับของความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT

4.4.1 การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

จากการศึกษาหาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสาระลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกาในระบบการปลูกแบบไร้ดินแบบ DFT ที่มีระดับของค่าความเป็นกรดเป็นด่างระดับที่แตกต่างกัน คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์พบว่าอเมซอนแอฟริกามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คือ 8.25, 10.86 และ 13.95 กรัมต่อต้น มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 21.93, 22.53 และ 25.48 เซนติเมตรต่อต้น และมีความยาวใบเฉลี่ย 8.23, 8.20 และ 9.48 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.13) ในชุดการทดลองที่ 3 คือปลูกในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 มีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวลำต้นเฉลี่ย และความยาวใบเฉลี่ย มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสารละลายธาตุอาหาร เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ โดยทั่วไปควรรักษาค่าของ pH ที่ 5.8 – 7.0 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชส่วนมากนำไปใช้ได้ดี แต่ปกติแล้วค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมในการปลูกพืชแบบไร้ดิน คือ 6 แต่จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชที่ปลูก (ดิเรก ทองอร่าม. 2548) เมื่อสารละลายธาตุอาหารมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตราแก่รากพืช ในทางกลับกันถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 7 เป็นเวลาติดต่อกัน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีสไม่เป็นปกติ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548) สารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพรรณไม้น้ำต้องมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5-7.4 (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543) จากรายงานการทดลองของปริชาติ ดิษฐกิจ และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ (2548) ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร และระดับของค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในโรงเรือนปิดที่มีระบบลดอุณหภูมิ พบว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ 1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ร่วมกับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 5.8 ให้การเจริญเติบโตที่ดีสุด นอกจากนี้ยังพบอาการขอบไหม้ในผักกาดหอมคอสเกิดรุนแรงมากขึ้นเมื่อปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้น และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง pH สูงขึ้น นอกจากนี้ Zieslin and Snir. (1989) ทดสอบการตอบสนองของต้นกุหลาบ (*Rosa indica major*) ต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เปลี่ยนแปลงในระบบการปลูกพืชไร้ดิน โดยปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3 ระดับ คือ 4.0, 6.0 และ 8.0 โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ารากของต้นกุหลาบกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.0 และ 4.0 จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มี

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0 นอกจากนี้สารละลายธาตุอาหารที่มี ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.0 จะไม่ส่งผลต่อขนาดของใบและปริมาณการสะสมคลอโรฟิลล์ ในขณะที่ขนาดของใบและปริมาณการสะสมคลอโรฟิลล์จะลดลงในกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.0 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0

ตารางที่ 4.11 น้ำหนัก ความยาวลำต้น และความยาวใบที่เพิ่มขึ้นของต้นอเมซอนแอฟริกา ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับของค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน

ระดับ pH	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ต้น)	ความยาวลำต้น ที่เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)	ความยาวใบที่ เพิ่มขึ้น (ซม./ต้น)
5.0-5.5	8.25±0.30[a]	21.93±0.36[a]	8.23±0.24[a]
6.0-6.5	10.86±0.26[b]	22.53±0.51[a]	8.20±0.17[a]
7.0-7.5	13.95±0.16[c]	25.48±0.29[b]	9.48±0.11[b]

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

A B C

ภาพที่ 4.13 การเจริญเติบโตของอเมซอนแอฟริกา ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน (A) pH 5.0-5.5, (B) pH 6.0-6.5 และ (C) pH 7.0-7.5

4.4.2 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกาที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 คือ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าที่

เหมาะสมจากการทดลองที่ 3 คือ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 ตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า

ค่าการนำไฟฟ้าในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ย 2.01, 2.01, 2.01 และ 2.01 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.12) เนื่องจากมีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละชุดการทดลองให้เท่ากันตามแผนการทดลอง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 5.23, 6.21, และ 0.40 (ตารางที่ 4.12) เนื่องจากมีการควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างในแต่ละชุดการทดลองให้แตกต่างกันตามแผนการทดลอง

อุณหภูมิในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ย 30.62, 30.45, และ 30.41 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) คือ 5.18, 3.30, และ 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 6.5-7.4 เป็นช่วงที่พรรณไม้น้ำสามารถดูดใช้ธาตุอาหารและเจริญเติบโตได้อย่างปกติ (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543) จากภาพที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากการดูดใช้ของพืชและกระบวนการของแบคทีเรียที่เปลี่ยนแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรท (Boyd. 1990)

ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คือ 0.01, 0.14, และ 0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) จากภาพที่ 4.15 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรกจนเกือบหมด จากการออกซิเดชั่นไนไตรท์ไปเป็นไนเตรทของแบคทีเรีย (Boyd. 1990) ในถังสารละลายธาตุอาหาร

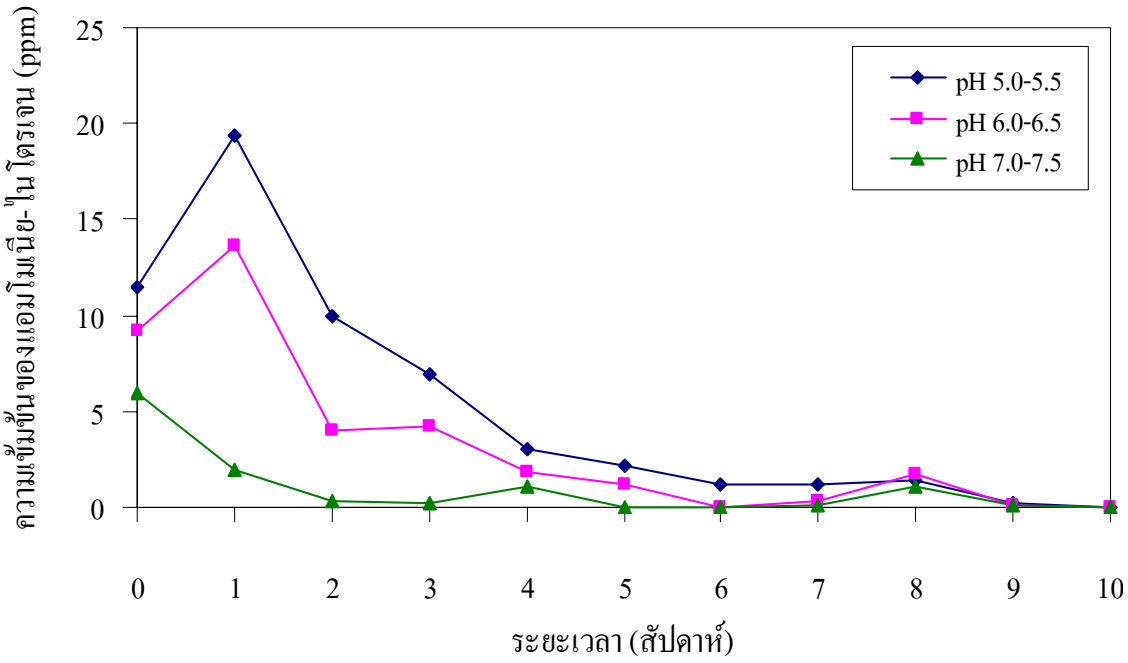
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คือ 210.80, 213.56, และ 216.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) จากภาพที่ 4.16 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งปริมาณไนเตรทในถังสารละลายธาตุอาหารได้มาจากการกระบวนการไนตริฟิเคชั่นเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรทของแบคทีเรีย (Boyd. 1990) ในถังสารละลาย

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 54.91, 41.90, และ 26.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) ซึ่งฟอสฟอรัสในสารละลายเป็นแอนไอออนของกรดออโทฟอสฟอริก (H_3PO_4) รูปของแอนไอออนจึงมีได้ 3 แบบ ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มากคือ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชดูดไปใช้ได้ง่ายที่สุด เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.8-7.2 จะมีอยู่ในรูป HPO_4^{2-} มาก ซึ่งพืชดูดได้ช้ากว่ารูปแรก และหากค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 7.2 จะมี PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543) จากภาพที่ 4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 และหลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง

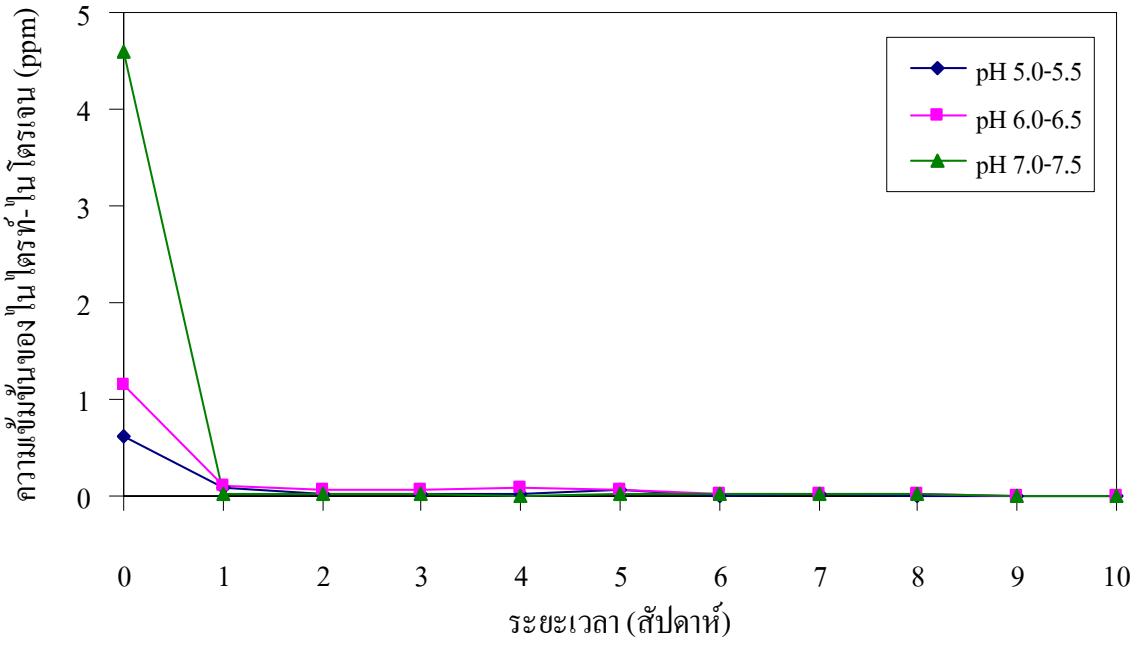
ตารางที่ 4.12 คุณภาพน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง		
	5.0-5.5	6.0-6.5	7.0-7.5
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	2.01±0.00[a]	2.01±0.00[a]	2.01±0.00[a]
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	5.23±0.00[a]	6.21±0.00[b]	0.40±0.00[c]
อุณหภูมิ (C°)	30.62±0.49[a]	30.45±0.49[a]	30.41±0.47[a]
แอมโมเนีย (ppm)	5.18±1.85[a]	3.30±1.32[ab]	0.98±0.53[b]
ไนไตรท์ (ppm)	0.01±0.01[a]	0.14±0.10[a]	0.43±0.42[a]
ไนเตรท (ppm)	210.80±3.71[a]	213.56±7.57[a]	216.08±8.61[a]
ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm)	54.91±5.62[a]	41.90±5.57[ab]	26.86±6.41[b]

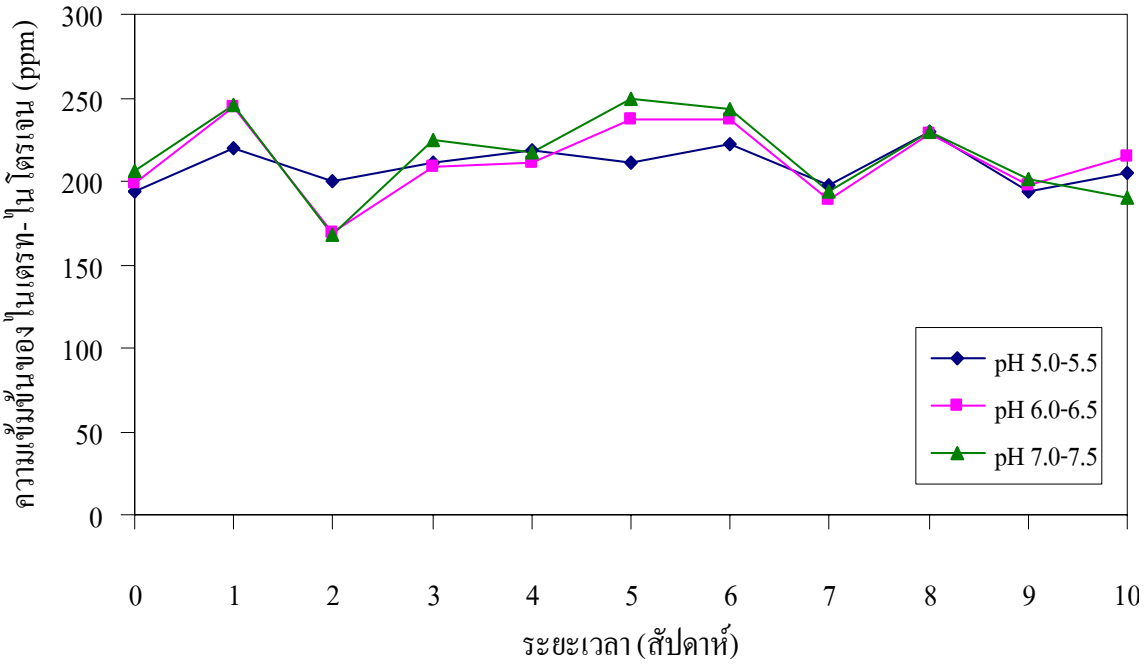
*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



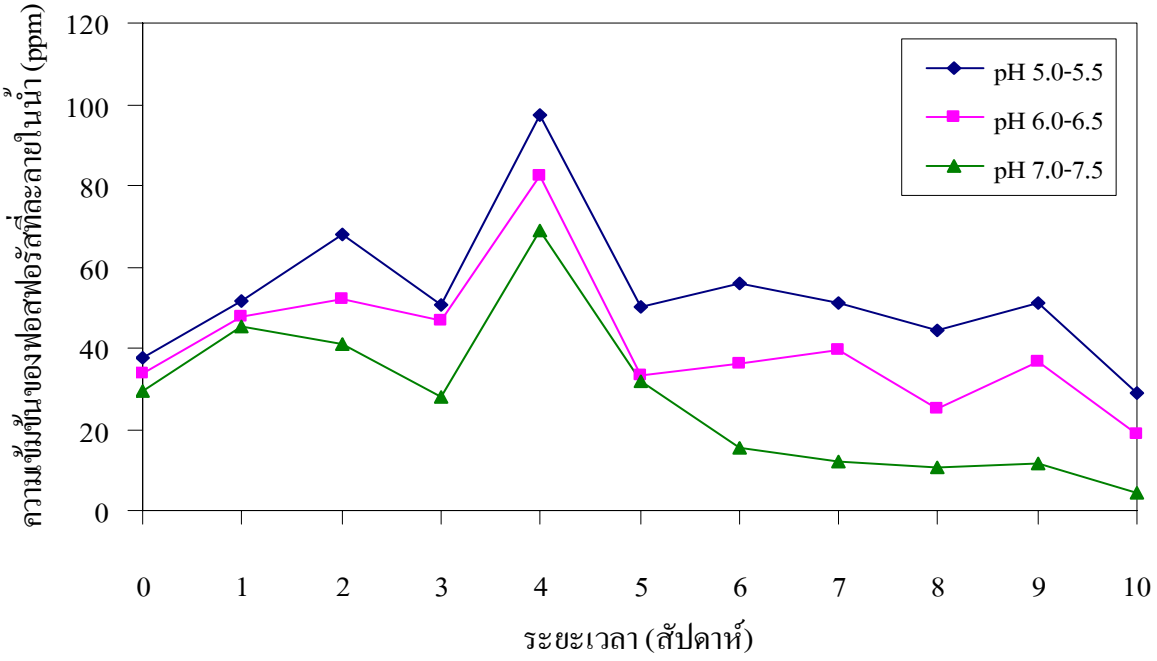
ภาพที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.15 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.16 ปริมาณเตรท-ไนโตรเจน ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในถังสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน

4.4.3 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกา

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในรากและลำต้นของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในระบบ DFT ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 คือความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3 คือ 2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 โดยทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร 9 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี

ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 3.44, 3.73 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสะสม 4.23, 4.49 และ 4.66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) พรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกาในทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งในรากและลำต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าในชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 7.0-7.5 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งในรากและลำต้นมากที่สุด

ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 1.00, 1.26 และ 1.49 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสะสม 0.53, 0.57 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว พบว่าในชุดการทดลองที่มีของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 7.0-7.5 มีเปอร์เซ็นต์การสะสมฟอสฟอรัสทั้งในรากและลำต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 5.04, 5.44, และ 5.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณโพแทสเซียมสะสม 4.71, 5.07 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าในรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนในชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 มีการสะสมโพแทสเซียมในลำต้นมากว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 2.19, 1.71 และ 2.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณแคลเซียมสะสม 3.34, 3.20 และ 3.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมแคลเซียมในพรรณไม้

น้ำแล้ว พบว่าทั้งในรากและลำต้นของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 0.24, 0.44 และ 0.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นมีปริมาณแมกนีเซียมสะสม 0.43, 0.56 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในพรรณไม้น้ำแล้ว พบว่าทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 7.0-7.5 มีเปอร์เซ็นต์การสะสมแมกนีเซียมมากกว่าชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 5.0-5.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีเปอร์เซ็นต์การสะสมใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 6.0-6.5

ปริมาณทองแดงที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 31.16, 44.75 และ 59.38 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณทองแดงสะสม 24.19, 22.56 และ 25.81 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) ปริมาณการสะสมทองแดงในรากของชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และลำต้นจะมีปริมาณการสะสมทองแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณเหล็กที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 579.94, 1591.25 และ 2450.62 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณเหล็กสะสม 155.63, 168.00 และ 249.25 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) โดยการสะสมเหล็กทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 จะมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 146.25, 225.00 และ 538.75 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นจะมีปริมาณแมงกานีสสะสม 21.25, 51.25 และ 98.75 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) ปริมาณการสะสมแมงกานีสทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณสังกะสีที่สะสมในรากของอเมซอนแอฟริกาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-5.5, 6.0-6.5 และ 7.0-7.5 คือ 9.11, 23.66 และ 285.38 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ส่วนในลำต้นมีปริมาณสังกะสีสะสม 92.75, 123.00 และ 182.63 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) ปริมาณการสะสมสังกะสีทั้งในรากและลำต้นของชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.0-7.5 มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในรากอเมซอนแอฟริกา ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง		
	5.0-5.5	6.0-6.5	7.0-7.5
ไนโตรเจน (%N)	3.44±0.01[a]	3.44±0.01[a]	3.44±0.01[a]
ฟอสฟอรัส (%P)	1.00±0.12[a]	1.00±0.12[a]	1.00±0.12[a]
โพแทสเซียม (%K)	5.04±0.20[a]	5.04±0.20[a]	5.04±0.20[a]
แคลเซียม (%)	2.19±0.87[a]	1.71±0.26[a]	2.40±0.27[a]
แมกนีเซียม (%)	0.24±0.00[a]	0.44±0.01[b]	0.59±0.00[b]
ทองแดง (ppm)	31.16±3.59[a]	44.75±3.51[ab]	59.38±6.30[b]
เหล็ก (ppm)	579.94±3.26[a]	1591.25±2.50[b]	2450.62±1.25[c]
แมงกานีส (ppm)	146.25±1.80[a]	225.00±1.64[a]	538.75±1.11[b]
สังกะสี (ppm)	9.11±0.85[a]	23.66±1.54[a]	285.38±2.78[b]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.14 ปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในลำต้นอเมซอนแอฟริกาที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน

ธาตุอาหาร	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง		
	5.0-5.5	6.0-6.5	7.0-7.5
ไนโตรเจน (%N)	4.23±0.01[a]	4.23±0.01[a]	4.23±0.01[a]
ฟอสฟอรัส (%P)	0.53±0.00[a]	0.53±0.00[a]	0.53±0.00[a]
โพแทสเซียม (%K)	4.71±0.19[a]	4.71±0.19[a]	4.71±0.19[a]
แคลเซียม (%)	3.44±0.16[a]	3.20±0.11[a]	3.52±0.26[a]
แมกนีเซียม (%)	0.43±0.00[a]	0.56±0.00[a]	0.63±0.00[b]
ทองแดง (ppm)	24.19±1.72[a]	22.56±0.72[a]	25.81±0.70[a]
เหล็ก (ppm)	155.63±1.62[a]	168.00±1.64[a]	249.25±2.42[b]
แมงกานีส (ppm)	21.25±2.98[a]	51.25±8.75[b]	98.75±7.39[c]
สังกะสี (ppm)	92.75±5.77[a]	123.00±1.32[a]	182.63±2.46[b]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)