บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่

3.1.1 ผลของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่จากแหล่งอาศัยที่แตกต่างกัน

1) ลักษณะของต้นพันธุ์สาหร่าย และสภาพแวดล้อม

ต้นพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่จากบ่อซิเมนต์ บริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี พบว่าแทลลัสมีขนาดเส้นเล็ก และเริ่มมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเลี้ยงหลายสัปดาห์ ลอยบริเวณผิวน้ำ (ภาพที่ 6a) สาหร่ายที่ลอยบริเวณผิวน้ำมีสีเขียวอ่อน บางต้นพันธุ์มีการพองเป็นหลอดกลวง ต้นพันธุ์ที่อยู่บริเวณผิวน้ำน้ำมีสีเขียวเข้มลักษณะหงิกงอ สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์มีรูปแบบการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศหรือแบบแกมีต (gametes) ร้อยละ 100±0 (ตารางที่ 5) โดยสาหร่ายมีความยาวเฉลี่ย 14±2 เซนติเมตร (cm) ความกว้างเฉลี่ย 2±0 มิลลิเมตร (mm) (ตารางที่ 6) ตรวจสอบคุณภาพน้ำ พบว่า ระดับอุณหภูมิในช่วง 31±0 องศาเซลเซียส (ºC) ในระดับความเค็ม 20±0 ppt ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.12±0.04 มิลลิกรัม/ลิตร (mg/L) ปริมาณ ไนเตรท-ไนโตรเจน 0.005±0.000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มแสง 1,142±121 µmol m^{-2} s^{-1} มีการให้อาหาร MGM pH 7.8±0.2 ปริมาณความกระด้าง 2,586±29 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นด่าง 130±1 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 6)

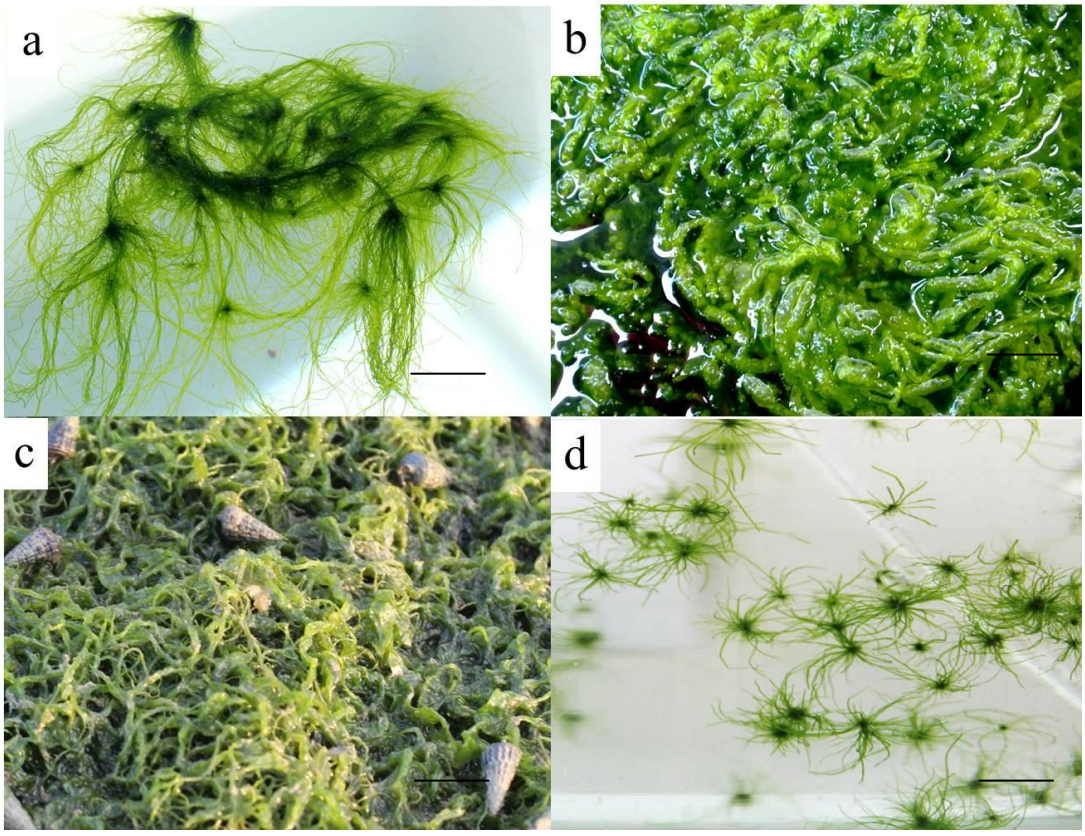
สาหร่ายที่เก็บจากบ่อดินบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี แทลลัสที่บริเวณผิวน้ำมีสีเขียวอ่อนถึงเหลือง (ภาพที่ 6b) ลักษณะหงิกงอมีขนาด 2.1±0.0 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 9.7±0.1 เซนติเมตร (ตารางที่ 5) พบสาหร่ายมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบแกมีตร้อยละ 100±0 (ตารางที่ 5) pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8.3±0.0 ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 127±1 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้าง 2,068±79 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.0008±0.0003 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 0.03±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มแสง 1,137±125 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (ตารางที่ 6)

สาหร่ายที่เก็บรวบรวมจากบริเวณชายฝั่งปัตตานีซึ่งอยู่บริเวณน้ำขึ้น น้ำลง แทลลัสมีขนาด 2.0±0.0 มิลลิเมตร ยาว 13.1±1.6 เซนติเมตร (ตารางที่ 5) แทลลัสมีสีเขียวถึงเขียวเข้ม หงิกงอคล้ายลำไส้ พบมีการปนเปื้อนของหอยขี้นก (ภาพที่ 6c) มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบแกมีตร้อยละ 100±0 (ตารางที่ 5) pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8.0±0.0 ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 131±3 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณความกระด้าง 2,308±89 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.0002±0.0000 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 0.05±0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มแสง 967±92 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (ตารางที่ 6)

สาหร่ายที่เก็บจากห้องปฏิบัติการมีแทลลัสขนาดเล็ก มีความกว้างของแทลลัสน้อย (ภาพที่ 6d) มีการปนเปื้อนน้อย พบการสร้างเซลล์แบบซูโอสปอร์ (zoospore) ร้อยละ 100±0 (ตารางที่ 5) มี

สีเขียว ขนาดแทลลัส 1.9±0.0 มิลลิเมตร ความยาว 9.5±0.4 เซนติเมตร (ตารางที่ 5) pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8.12 ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 123±3 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้าง 2,957±45 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.0001±0.0000 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 0.0034±0.0003 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มแสง 60±0 μmol m^{-2} s^{-1} (ตารางที่ 6)

ผลของสภาพแวดล้อมต่อการสืบพันธุ์พบว่า สาหร่ายที่เก็บจากบ่อดิน บ่อซิเมนต์ และอ่าวปัตตานีมีการสืบพันธุ์แบบแกมีต ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส แสง (ตารางที่ 8 และตารางที่ 10) และความยาวต้นพันธุ์สาหร่าย (ตารางที่ 7 และตารางที่ 9) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในแหล่งน้ำ (ตารางที่ 8 และที่ 10) สาหร่ายจากห้องปฏิบัติการพบการสืบพันธุ์แบบซูโอสปอร์ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณความกระด้าง และความเค็มในแหล่งน้ำ (ตารางที่ 8และตารางที่ 10)



ภาพที่ 6 ลักษณะต้นพันธุ์สาหร่ายที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ
สาหร่ายที่เก็บจาก บ่อซิเมนต์ (a), สาหร่ายที่เก็บจากบ่อดิน (b)
สาหร่ายที่เก็บจากอ่าวปัตตานี (c), สาหร่ายที่เก็บจากห้องปฏิบัติการ (d)

ตารางที่ 5 ความกว้าง และความยาวของต้นพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U.intestinalis* จากสถานที่ต่าง ๆ (n=30)

ปัจจัย	ค่า	แหล่งของต้นพันธุ์			
		บ่อดิน	ชายฝั่งปัตตานี	บ่อซิเมนต์	ห้องปฏิบัติการ
ความกว้าง (mm)	min	1.0	1.0	1.0	1.0
	max	3.6	4.4	3.6	3.3
	mean	2.0	2.0	1.8	1.9
	SE	0.0	0.0	0.0	0.0
ความยาว (cm)	min	6.2	7.0	5.1	4.0
	max	16.0	25.1	26.0	17.0
	mean	9.7	13.0	13.7	9.4
	SE	0.1	1.6	2.4	0.4
เซลล์สืบพันธุ์		G (100%)	G (100%)	G (100%)	Z (100%)

หมายเหตุ Gamete (G) Zoospore (Z)

ตารางที่ 6 ลักษณะการอยู่อาศัย และสิ่งแวดล้อมของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* จากสถานที่ต่าง ๆ

ปัจจัย	แหล่งของต้นพันธุ์			
	บ่อดิน	ชายฝั่งปัตตานี	บ่อซิเมนต์	ห้องปฏิบัติการ
การอยู่อาศัย	ลอยผิวน้ำ	ติดบนพื้นโคลน	ลอยผิวน้ำ	ลอยกลางมวลน้ำ
ลักษณะท่อนพันธุ์	หงิกงอ	หงิกงอ	เรียวเล็ก	เรียวเล็ก
สี	เขียวอ่อน	เขียว	เขียว	เขียวเข้ม
ความเป็นด่าง (mg/L)	127±1	131±4	130±2	123±3
ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (mg/L)	0.03±0.00	0.05±0.10	0.12±0.04	0.003±0.000
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/L)	0.0008±0.0003	0.00±0.00	0.005±0.000	0.0001±0.0000
ความกระด้าง (mg/L)	2,069±79	2,308±89	2,586±29	2,957±45
pH	8.3±0.0	8.0±0.0	7.8±0.1	8.1±0.0
ความเค็ม (ppt)	20±0	22±0	20±0	25±0
อุณหภูมิอากาศ (°C)	34±0	32±19	31±0	25±1
อุณหภูมิน้ำ (°C)	35±0	33±0	32±0	25±0
ความเข้มแสง ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	1,137±125	967±92	1,142±121	60±0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความกว้าง และความยาวของต้นพันธุ์สาหร่ายกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

ปัจจัย	ชนิดเซลล์สืบพันธุ์		
	แกมีต	ซูโอสปอร์	t-test
ความกว้าง (mm)	1.98±0.07	1.90±0.00	1.175 ^{ns}
ความยาว (cm)	12.13±1.04	9.47±4.26	2.369*

หมายเหตุ:ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=30)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

ns=non-significant

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำบางประการกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

คุณภาพน้ำ	ชนิดของต้นพันธุ์		
	แกมีต	ซูโอสปอร์	t-test
ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (mg/L)	0.07±0.01	0.00±0.00	4.684**
อัลคาไลด์ (mg/L)	129±1	123±3	2.212 ^{ns}
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/L)	0.002±0.001	0.000±0.000	2.433**
ความกระด้าง (mg/L)	2,321±82	2,957±45	-6.745*
pH	8.02±0.07	8.10±0.00	-1.024 ^{ns}
ความเค็ม (ppt)	20±0	25±0	-130.000 **
อุณหภูมิน้ำ (°C)	32±0	25±0	16.416 ^{ns}
อุณหภูมิอากาศ (°C)	33±0	24±0	11.649 ^{ns}
ความเข้มแสง (μmol m^{-2} s^{-1})	1,081±63	60.0±0.5	16.0004 **

หมายเหตุ:ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=30)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤01)

ns=non-significant

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง และความยาวของต้นพันธุ์กับชนิดเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

	ซูโอสปอร์	แกมีต	ความกว้างต้นพันธุ์	ความยาวต้นพันธุ์
ซูโอสปอร์	1.000	-1.000**		
แกมีต	-1.000**	1.000		
ความกว้างต้นพันธุ์			1.000	
ความยาวต้นพันธุ์				1.000

หมายเหตุ:*มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤01)

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำบางประการกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

	ซูโอสปอร์	แกมีต	ฟอสเฟต	ความเป็นด่าง	ไนเตรท	ความกระด้าง	pH	ความเค็ม	อุณหภูมิน้ำ	อุณหภูมิอากาศ	ความเข้มแสง
ซูโอสปอร์	1.00	-1.00**	-0.63*	-0.58*		0.80**		0.91**			-0.94**
แกมีต	-1.00**	1.00	0.63*	0.58*		-0.80**		-0.91**			0.94**
ฟอสเฟต	-0.63*	0.63*	1.00		0.90**		-0.75**	-0.67*			0.65*
ความเป็นด่าง	-0.58*	0.58*		1.00							0.60*
ไนเตรท			0.90**		1.00		-0.67*				
ความกระด้าง	0.80**	-0.80**				1.00		0.72**	-0.89**	-0.87**	-0.71**
pH			-0.75**		-0.67*		1.00		-0.87**	-0.92**	-0.92**
ความเค็ม	0.91**	-0.91**	-0.67*			0.72**		1.00			

Prince of Songkla University Pattani Campus

	ซูโอสปอร์	แกมีต	ฟอสเฟต	ความเป็นด่าง	ไนเตรท	ความกระด้าง	pH	ความเค็ม	อุณหภูมิน้ำ	อุณหภูมิอากาศ	ความเข้มแสง
อุณหภูมิอากาศ	-0.92**	0.92**				-0.89**		-0.87**	1.00	0.98**	0.88**
อุณหภูมิน้ำ	-0.96**	0.96**				-0.87**		-0.92**	0.98**	1.00	0.91**
ความเข้มแสง	-0.943**	0.943**	0.655*	0.604*		-0.717**		-0.924**	0.883**	0.915**	1.000

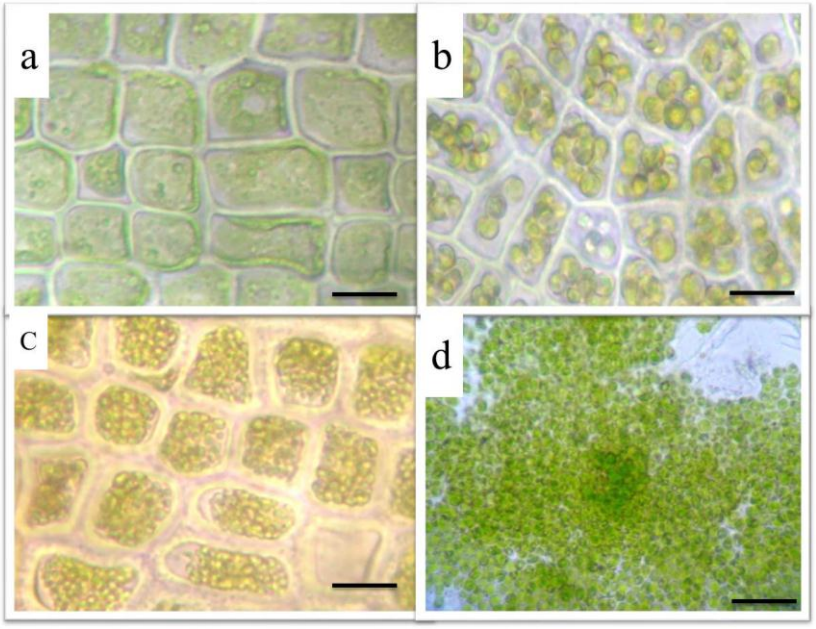
หมายเหตุ:*มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤01)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่

ลักษณะเซลล์ของสาหร่ายไส้ไก่มีรูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ ขนาดของเซลล์ก่อนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เส้นผ่านศูนย์กลาง 7±1 ไมโครเมตร (μm) ขอบเซลล์มีคลอโรพลาสต์ข้างในเซลล์พบไพรีนอยด์ 2.0±0.6 (ภาพที่ 7a) เมื่อเซลล์มีการสร้างสปอร์โดยการแบ่งตัวของโพรโทพลาสต์ภายในหนึ่งเซลล์มีโพรโทพลาสต์ 13±3 โพรโทพลาสต์/เซลล์ เมื่อมีการปล่อยสปอร์ ต้นพันธุ์ส่วนใหญ่จะเริ่มปล่อยสปอร์ตามส่วนต่าง ๆ ของท่อนพันธุ์แต่ละท่อนพันธุ์ บริเวณการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จะต่างกัน โดยสาหร่ายมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในรูปแบบอาศัยเพศหรือแกมีต ซึ่งมีลักษณะเรียว มีแฟลกเจลลัม 2 เส้น (ภาพที่ 7c) และแบบไม่อาศัยเพศโดยจะสร้างซูโอสปอร์ สปอร์มีลักษณะกลม–รี (ภาพที่ 7b) มีแฟลกเจลลัม 4 เส้น ทั้งนี้การสืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม เมื่อเซลล์สืบพันธุ์สมบูรณ์ เซลล์สืบพันธุ์จะว่ายควงสว่านตั้งแต่ในเซลล์ แล้วออกจากเซลล์ ลอยตามมวลน้ำ จากนั้นภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ชม.) สปอร์จะสลัดแส้ แล้วเกาะกับภาชนะ โดยธรรมชาติแล้วสปอร์ชอบว่ายเข้าหาแสงก่อนที่จะสลัดแส้ ยึดเกาะกับสถานที่นั้น ๆ หรือมีการเกาะกลุ่มกัน (ภาพที่ 7d) แบ่งเซลล์เพื่อเจริญเติบโตเป็นต้นพันธุ์ เซลล์ต้นพันธุ์สาหร่ายที่ปล่อยสปอร์แล้วจะว่างเปล่ามีสีขาวใส และย่อยสลายต่อไป



ภาพที่ 7 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* สเกล a-d=5 μm
(a) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ยังไม่สร้างเซลล์สืบพันธุ์
(b) เซลล์สืบพันธุ์แบบอับซูโอสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*
(c) เซลล์สืบพันธุ์แบบแกมีตของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*
(d) สปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่เกาะกลุ่มกัน

3.1.2 ผลการตรวจสอบธาตุอาหารบางชนิดในน้ำและในสาหร่าย

ปริมาณธาตุอาหารในสาหร่ายไส้ไก่บริเวณอ่าวปัตตานีพบปริมาณ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) มากกว่าในน้ำ ตามลำดับ โดยค่า Concentration factor พบว่ามีปริมาณ Fe สูงกว่าในน้ำ 10 เท่า ปริมาณ Zn และ Mn สูงกว่าในน้ำ 7 และ 4 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้พบปริมาณคอปเปอร์ (Cu), โครเมียม (Cr) และ แคลเซียม (Ca) น้อยกว่าในแหล่งน้ำ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 9a และภาพที่ 8)

ปริมาณธาตุอาหารในสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ พบปริมาณ Zn และ Fe สูงกว่าในน้ำโดยมีค่า Concentration factor สูงกว่าในน้ำ 3 และ 2 เท่า ตามลำดับ ในขณะที่พบปริมาณ Cu, Mn, Cr และ Ca น้อยกว่าในแหล่งน้ำตามลำดับ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 7b และภาพที่ 8)

ปริมาณธาตุอาหารในสาหร่ายไส้ไก่บริเวณบ่อซิเมนต์พบปริมาณ Mn, Fe, Cu และ Zn สูงกว่าในน้ำตามลำดับ โดยมีค่า Concentration factor สูงกว่าในน้ำ 30, 15, 2 และ 1 เท่า ตามลำดับ ในขณะที่พบปริมาณ Cr และ Ca ในสาหร่ายน้อยกว่าในน้ำตามลำดับ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 7c และภาพที่ 8)

ปริมาณธาตุอาหารในสาหร่ายไส้ไก่บริเวณบ่อดินพบปริมาณ Mn, Zn และ Fe มากกว่าในน้ำตามลำดับโดยค่า Concentration factor สูงกว่าในน้ำ 28, 12 และ 9 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้พบปริมาณ Cr, Ca และ Cu น้อยกว่าในแหล่งน้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 7d และภาพที่ 8)

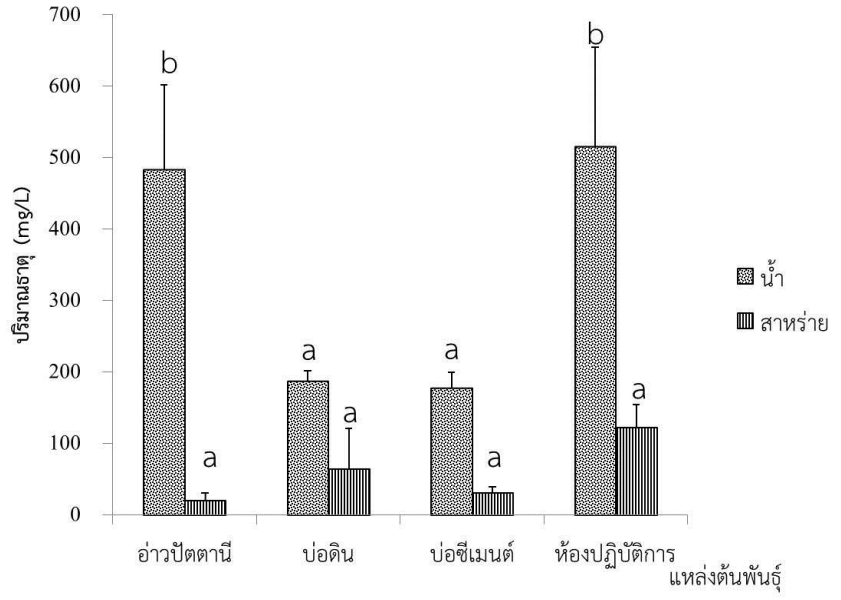
ผลของธาตุอาหารบางชนิดในแหล่งน้ำ และในสาหร่ายจากแหล่งต่างกันพบว่า สาหร่ายที่เก็บจากบ่อดิน บ่อซิเมนต์ และอ่าวปัตตานี มีการสืบพันธุ์แบบแกมีต มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณธาตุ Mn และ Cr ในแหล่งน้ำ ในขณะที่สาหร่ายจากห้องปฏิบัติการ พบการสืบพันธุ์แบบซูโอสปอร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแคลเซียมในสาหร่าย (ดังตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 ปริมาณค่าเฉลี่ยของสารอาหารบางชนิดในสาหร่ายไส้ไก่ *U.intestinalis* (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) และน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) และค่า Concentration factor จากแหล่งต้นพันธุ์แตกต่างกัน

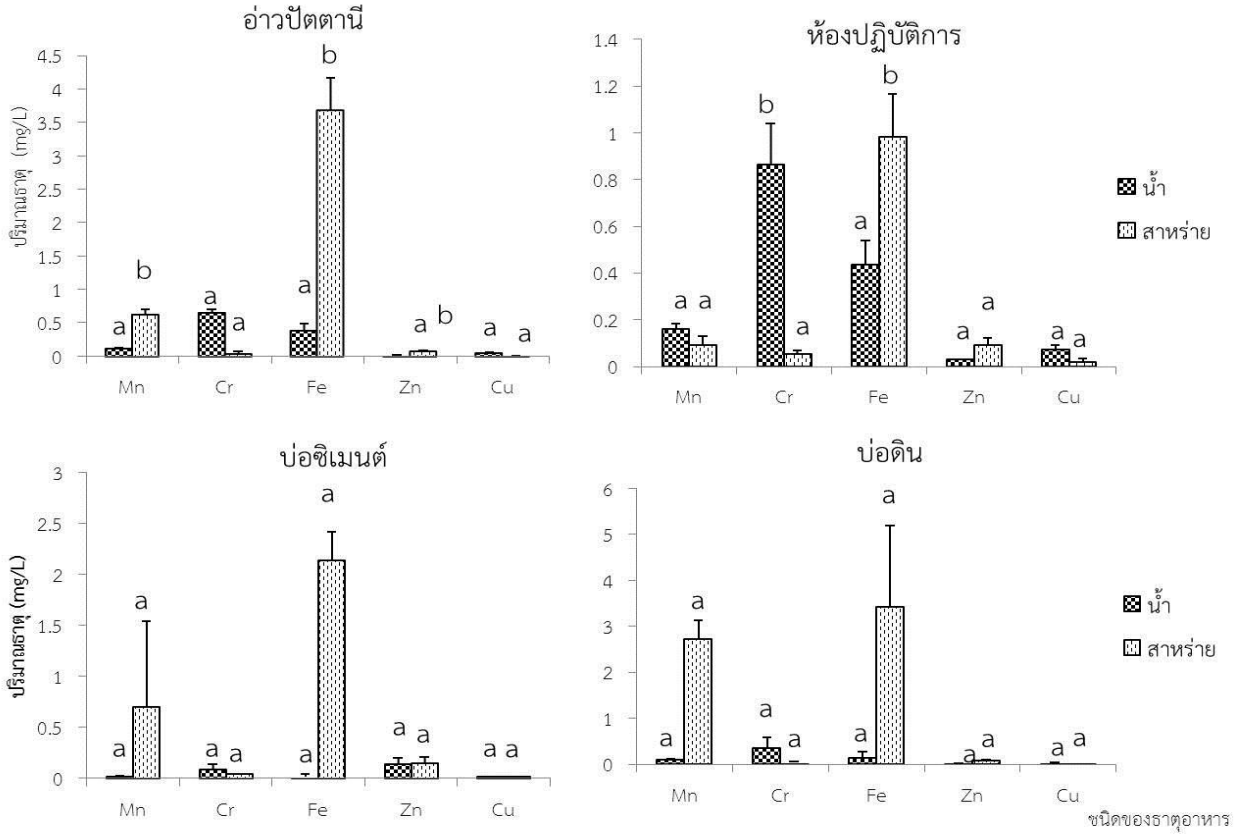
สารอาหาร		แหล่งต้นพันธุ์			
		อ่าวปัตตานี	บ่อดิน	ซีเมนต์	ห้องปฏิบัติการ
สาหร่าย	Mn	2.605±3.426 [a]	2.728±0.407 [a]	0.708±0.835 [a]	0.092±0.037 [a]
	Cr	0.045±0.025 [a]	0.058±0.024 [a]	0.045±0.009 [a]	0.054±0.013 [a]
	Cu	0.006±0.006 [a]	0.006±0.001 [a]	0.022±0.012 [a]	0.005±0.013 [a]
	Fe	7.022±5.806 [b]	3.106±2.313 [b]	2.144±0.273 [ab]	0.982±0.182 [a]
	Zn	0.045±0.032 [a]	0.062±0.026 [a]	0.152±0.055 [a]	0.092±0.027 [a]
	Ca	0.894±0.773 [a]	2.213±0.839 [ab]	1.560±0.232 [a]	4.515±3.984 [b]

สารอาหาร		แหล่งต้นพันธุ์			
		อ่าวปัตตานี	บ่อดิน	ซีเมนต์	ห้องปฏิบัติการ
น้ำ	Mn	0.128±0.006 [b]	0.062±0.043 [b]	0.024±0.013 [a]	0.160±0.021 [b]
	Cr	0.659±0.040 [bc]	0.290±0.308 [ab]	0.078±0.072 [a]	0.864±0.175 [c]
	Cu	0.062±0.006 [ab]	0.073±0.019 [b]	0.037±0.026 [a]	0.017±0.010 [b]
	Fe	0.386±0.101 [bc]	0.139±0.134 [ab]	0.016±0.027 [a]	0.435±0.103 [c]
	Zn	0.013±0.007 [a]	0.008±0.003 [a]	0.144±0.096 [b]	0.029±0.000 [ab]
	Ca	483.73±118.44 [b]	187.98±14.08 [a]	177.91±21.81 [a]	515.0±139.0 [b]
Concen	Mn	4.952±0.423 [a]	28.45±15.59 [a]	30.18±34.24 [a]	0.601±0.289 [a]
tration	Cr	0.070±0.040 [a]	0.221±0.181 [a]	0.583±0.297 [a]	0.065±0.023 [a]
factor	Cu	0.102±0.101 [a]	0.358±0.404 [a]	1.953±2.006 [a]	0.277±0.189 [a]
	Fe	10.101±3.633 [a]	9.385±9.189 [a]	14.823±25.675 [a]	2.346±0.729 [a]
	Zn	7.745±4.955 [a]	12.430±4.346 [a]	1.461±0.912 [a]	3.164±0.974 [a]
	Ca	0.042±0.022 [a]	0.359±0.333 [a]	0.179±0.024 [a]	0.254±0.110 [a]

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 8 ปริมาณแคลเซียมในน้ำ และสาหร่ายจากแหล่งต้นพันธุ์ที่แตกต่างกัน 4 แหล่ง ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 9 สารอาหาร Mn, Cr, Fe, Zn และ Cu ในสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* และในน้ำ จากสถานที่ต่างกัน : อ่าวปัตตานี (a), ห้องปฏิบัติการ (b), บ่อซิเมนต์ (c), บ่อดิน (d)
ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบสารอาหารในสาหร่าย และน้ำกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

สารอาหาร		ชนิดเซลล์สืบพันธุ์		t
		แกมีต	ซูโอสปอร์	
ธาตุในสาหร่าย	Mn	2.0141±0.6760	0.0924±0.0214	2.841^{ns}
	Cr	0.0500±0.0064	0.0546±0.0080	-0.446^{ns}
	Cu	0.0119±0.0035	0.0203±0.0076	-1.001^{ns}
	Fe	0.1808±0.0615	0.4353±0.0597	2.567^{ns}
	Zn	0.1083±0.0158	0.0930±0.0159	0.683^{ns}
	Ca	1.8684±0.2350	4.5152±2.300	-1.145**
ธาตุในแหล่งน้ำ	Mn	0.1601±0.0122	0.0720±0.0170	-4.212*
	Cr	0.8642±0.1013	0.3427±0.1002	-3.660*
	Cu	0.0392±0.0081	0.0733±0.0113	-2.437^{ns}
	Fe	0.1808±0.0615	0.4353±0.0597	-2.968^{ns}
	Zn	0.0555±0.0275	0.0295±0.0003	0.943^{ns}
	Ca	283.2116±54.0700	515.7100±80.4700	-2.398^{ns}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

ns=non-significant

ตารางที่ 13 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารในสาหร่ายกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

	Zoospore	gamete	Mn	Cr	Cu	Fe	Zn	Ca
Zoospore	1.000	-1.000**						
gamete	-1.000**	1.000						
Mn			1.000			0.852**		
Cr				1.000				
Cu					1.000			
Fe			0.852**			1.000		
Zn							1.000	
Ca								1.000

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 14 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารในแหล่งน้ำกับชนิดเซลล์สืบพันธุ์สาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis*

	Zoospore	gamete	Mn	Cr	Cu	Fe	Zn	Ca
Zoospore	1.000	-1.000**	0.66*	0.662*				
gamete	-1.000**	1.000	-0.66*	-0.662*				
Mn	0.668*	-0.668*	1.000	0.993**	0.993**	0.967**		0.860**
Cr	0.662*	-0.662*	0.993**	1.000	0.959**	0.967**		0.860**
Cu			0.963**	0.959**	1.000	0.923**		0.859**
Fe			0.967**	0.923**		1.000		0.832**
Zn							1.000	
Ca			0.876**	0.860**	0.859**	0.832**		1.000

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

3.2 ผลของสภาวะแวดล้อมต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ในห้องปฏิบัติการด้วยปัจจัยต่าง ๆ

3.2.1 ปัจจัยด้านความเค็มต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

การทดลองด้านความเค็ม พบว่า ความเค็มสามารถเหนี่ยวนำให้สร้างอับซูโอสปอร์ (zoosporangium) โดยที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25 และ 30 ppt สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 4 ของการเหนี่ยวนำ และที่ระดับความเค็ม 10 ppt สามารถสร้างเซลล์ได้ร้อยละ 18±3 ในวันที่ 2 ของการเหนี่ยวนำ โดยสามารถสร้างเซลล์ได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 6 ของการเหนี่ยวนำ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 10)

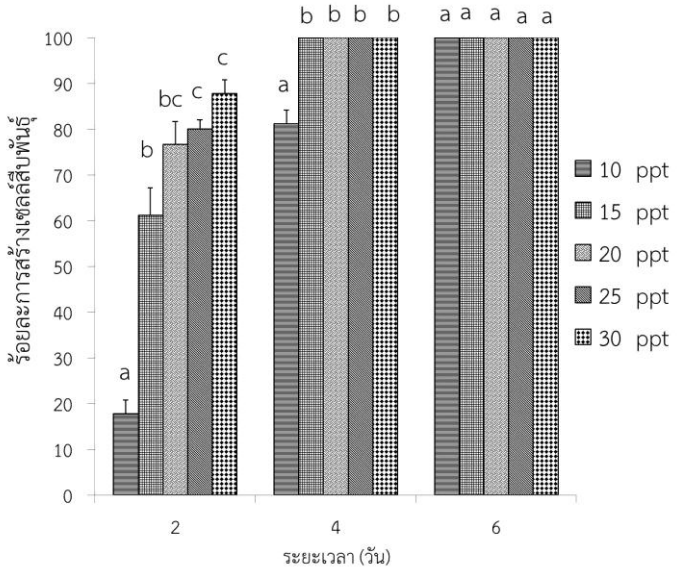
Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 15 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร (mL) ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 6 วัน

เรื่อง	การทดลอง (วัน)	ความเค็ม (ppt)				
		10	15	20	25	30
การเหนี่ยวนำ (ร้อยละ)	2	18±3^{a}	61±6^{b}	77±5^{bc}	80±2^{c}	88±3^{c}
	4	81±3^{a}	100±0^{b}	100±0^{b}	100±0^{b}	100±0^{b}
	6	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}
ชนิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ Zoospore (ร้อยละ)	2	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}
	4	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}
	6	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 10 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ร้อยละ) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาเลี้ยง 6 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

3.2.2 ปัจจัยด้านการผึ่งแห้งต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ผลของปัจจัยด้านการผึ่งแห้งพบว่า การผึ่งแห้งที่เวลา 0 ชั่วโมง หรือการไม่ผึ่งแห้งสามารถเหนี่ยวนำให้มีการสร้างซูโอสปอร์ได้ร้อยละ 97±2 รองลงมาคือ ที่เวลาการผึ่งแห้ง 1 และ 2 ชั่วโมง มีการสร้างสปอร์ที่ร้อยละ 78±6 และ 46±3 ตามลำดับ ในวันที่ 2 ของการเหนี่ยวนำ โดยที่การผึ่งแห้งที่เวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง สร้างสปอร์ได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 4 ของการเหนี่ยวนำ ขณะที่การผึ่งแห้งที่เวลา 3 ชั่วโมง ท่อนพันธุ์ไม่สร้างสปอร์ และตายในที่สุด (ตารางที่ 16 และภาพที่ 11)

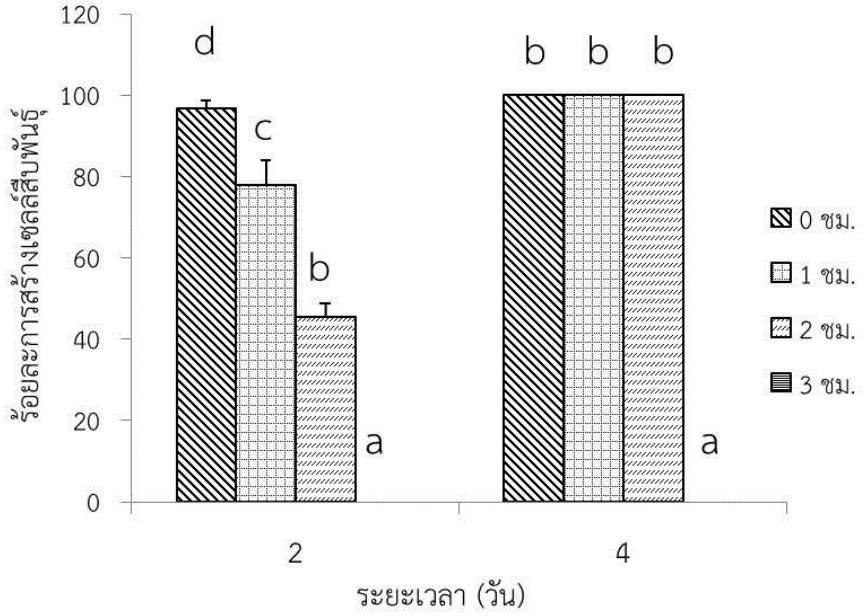
ตารางที่ 16 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการผึ่งแห้งต่างๆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่มีแสง: มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน

เรื่อง	การทดลอง (วัน)	การผึ่งแห้ง (ชั่วโมง)			
		0	1	2	3
การเหนี่ยวนำ (ร้อยละ)	2	97±2^{d}	78±6^{c}	46±3^{b}	0±0^{a}
	4	100±0^{b}	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
ชนิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ Zoospore (ร้อยละ)	2	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	0±0^{a}
	4	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	0±0^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 11 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ร้อยละ) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการผึ่งแห้งที่เวลาต่าง ๆ อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt ความเข้มแสง 60 $\mu molm^{-2} s^{-1}$ ระยะเวลาที่มีแสง: มืด 12:12 ชั่วโมง เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

3.2.3 ปัจจัยด้านขนาดท่อนพันธุ์ต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ผลของขนาดท่อนพันธุ์ต่างกันพบว่า ขนาดท่อนพันธุ์สามารถเหนี่ยวนำให้สร้างอับซูโอสปอร์ (zoosporangium) โดยที่ระดับความยาว 3 เซนติเมตร สามารถเหนี่ยวนำให้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 90±3 รองลงมาคือ ที่ความยาวท่อนพันธุ์ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2 เซนติเมตร สามารถเหนี่ยวนำให้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 87±6, 80±8, 69±17 และร้อยละ 61±8 ตามลำดับ ในวันที่สองของการเหนี่ยวนำ ที่ความยาวท่อนพันธุ์ 0.5, 1.0 และ 2.0 เซนติเมตร สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 100±0 รองลงมาคือ ความยาวท่อนพันธุ์ 1.5 และ 3.0 เซนติเมตร สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 99±1 และ ร้อยละ 98±2 ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการเหนี่ยวนำ โดยสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 6 ของการเหนี่ยวนำ (ตารางที่ 17, ภาพที่ 12)

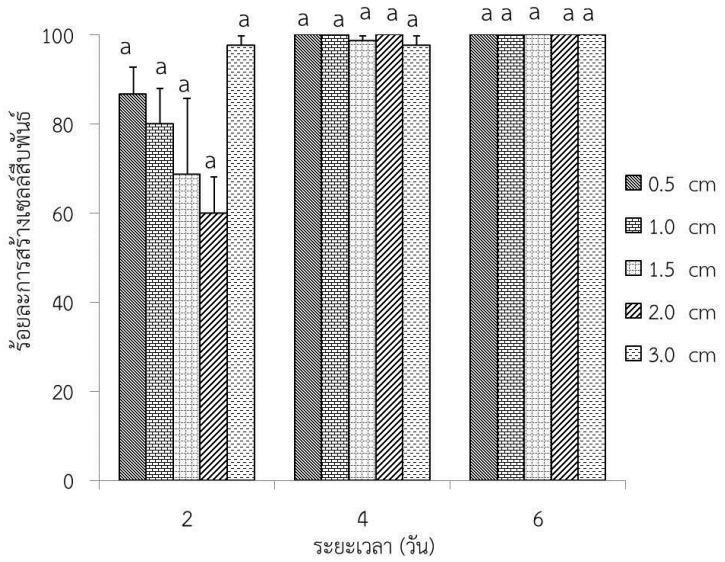
Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 17 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ขนาดท่อนพันธุ์ต่าง ๆ อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่มีแสง: มืด 12:12 ชั่วโมง ในระยะเวลาเลี้ยง 6 วัน

เรื่อง	การทดลอง	ขนาดท่อนพันธุ์ (cm)				
	(วัน)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
การเหนี่ยวนำ	2	87±6[a]	80±8[a]	69±17[a]	61±8[a]	90±2[a]
(ร้อยละ)	4	100±0[a]	100±0[a]	99±1[a]	100±0[a]	98±2[a]
	6	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]
ชนิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ	2	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]
Zoospore	4	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]
(ร้อยละ)	6	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]	100±0[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 12 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ร้อยละ) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ความยาวระดับต่าง ๆ อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาเลี้ยง 6 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

3.2.4 ปัจจัยด้านอุณหภูมิต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ผลของอุณหภูมิพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถสร้างสปอร์แบบซูโอสปอร์ได้ร้อยละ 61±9 ในวันที่ 2 ของการเหนี่ยวนำ และสามารถสร้างได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 4 ของการเหนี่ยวนำ รองลงมาคือ ที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 87±9 จนถึงวันที่ 14 ของการเหนี่ยวนำ นอกจากนั้นสาหร่ายไม่มีการสร้างเซลล์ และตายในที่สุด ส่วนที่ระดับอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สาหร่ายไม่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ตารางที่ 18 และภาพที่ 13)

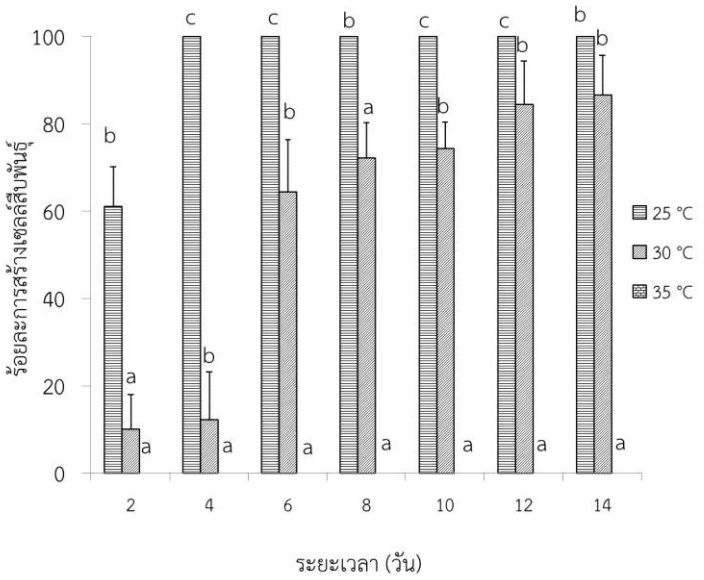
ตารางที่ 18 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร เวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 14 วัน

เรื่อง	การทดลอง (วัน)	อุณหภูมิ (°C)		
		25	30	35
การเหนี่ยวนำ (ร้อยละ)	2	61±9^{b}	10±8^{a}	0±0^{a}
	4	100±0^{c}	12±11^{b}	0±0^{a}
	6	100±0^{c}	64±12^{b}	0±0^{a}
	8	100±0^{b}	72±8^{a}	0±0^{a}
	10	100±0^{c}	74±6^{b}	0±0^{a}
	12	100±0^{c}	84±10^{b}	0±0^{a}
	14	100±0^{b}	87±9^{b}	0±0^{a}
ชนิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ Zoospore (ร้อยละ)	2	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	4	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	6	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	8	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	10	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	12	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}
	14	100±0^{b}	100±0^{b}	0±0^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

:

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 13 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ร้อยละ) ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ *U. intestinalis* ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ความเค็ม 25 ppt ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ระยะเวลาที่มีแสง: มืด 12:12 ชั่วโมง. ระยะเวลาเลี้ยง 14 วัน เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

3.2.5 ปัจจัยด้านการเติมสารละลายของแคลเซียมไอออนโดยการเติมสารละลายของ $CaCl_2$ ต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ผลของปัจจัยด้านการเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ พบว่า การเพิ่มปริมาณสารละลายของแคลเซียมไอออนโดยการเติมสารละลายของแคลเซียมคลอไรด์สามารถเหนี่ยวนำให้สร้างอับซูโอสปอร์ (zoosporangium) โดยที่การเติมสารละลายของแคลเซียมคลอไรด์ 6 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 100±0 รองลงมาคือ การเติมสารละลายของแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณ 18, 12 และ 0 มิลลิกรัม/ลิตร สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 97±6, 96±5 และ 88±3 ตามลำดับ ในวันที่ 2 ของการเหนี่ยวนำ และสามารถสร้างสปอร์ได้ร้อยละ 100±0 ในวันที่ 4 ของการเหนี่ยวนำ (ตารางที่ 19 และภาพที่ 14)

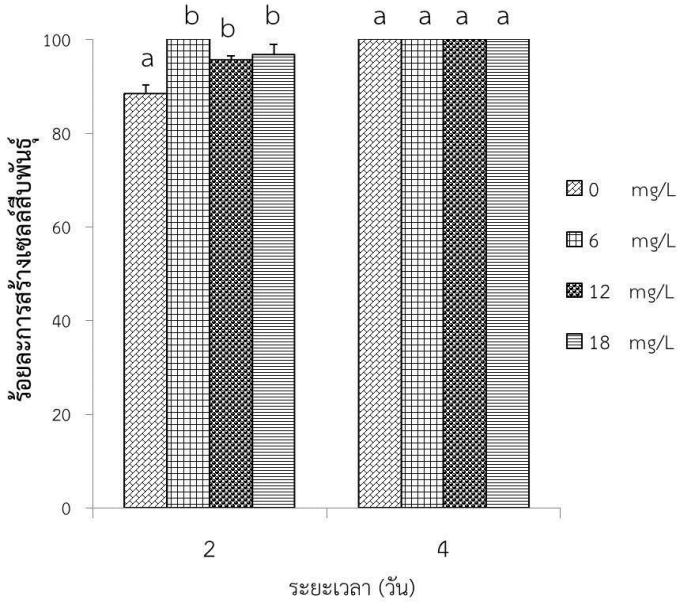
Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 19 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับการเพิ่มปริมานแคลเซียมไอออนโดยการเติมสารละลายของ $CaCl_2$ ในน้ำเลี้ยงระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ในระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน

เรื่อง	การทดลอง (วัน)	ปริมาณแคลเซียม (mg/L)			
		0	6	12	18
การเหนี่ยวนำ (ร้อยละ)	2	88±3^{a}	100±0^{b}	96±5^{b}	97±6^{b}
	4	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}
ชนิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ Zoospore (ร้อยละ)	2	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}
	4	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}	100±0^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 14 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ร้อยละ) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการเพิ่มสารแคลเซียมไอออนโดยการเติมสารละลายของ $CaCl_2$ ที่ระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง เลี้ยงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

3.3 ผลของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ด้วยปัจจัยต่าง ๆ

3.3.1 ปัจจัยด้านความเค็มต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

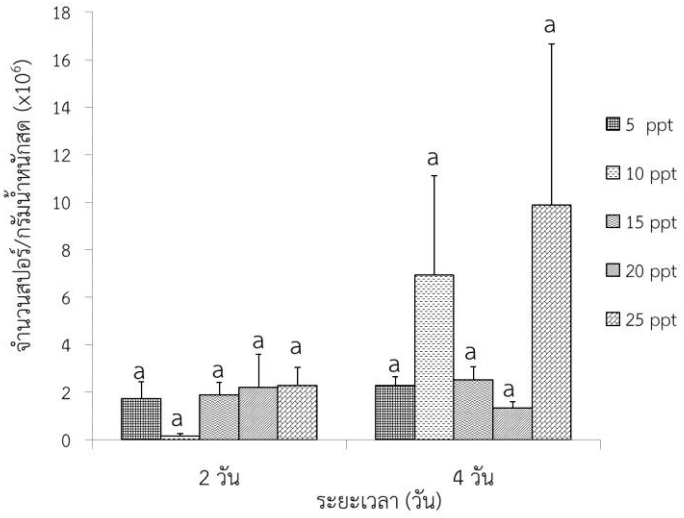
ผลของปัจจัยด้านความเค็มพบว่า ในวันที่ 2 ของการกระตุ้น ที่ระดับความเค็ม 25 ppt สามารถปล่อยซูโอสปอร์ถึง 2.29±0.76x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 20) รองลงมาคือ ระดับความเค็ม 20, 15, 5 และ 10 ppt โดยมีปริมาณสปอร์จำนวน 2.21±1.39x10^6, 1.89±0.52x10^6, 1.73±0.70 x10^6 และ 1.5±1.0x10^5 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และวันที่ 4 ของการกระตุ้นที่ระดับความเค็ม 25 ppt มีการปล่อยสปอร์มากกว่าระดับความเค็มอื่น ๆ เช่นกันที่ 9.8±6.7x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 15) รองลงมาคือ ที่ระดับความเค็ม 10, 15, 5 และ 20 ppt มีปริมาณสปอร์จำนวน 6.9x10^6, 2.5x10^6, 2.2x10^6 และ 1.3x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์รวม พบว่าที่ระดับความเค็ม 25 ppt มีปริมาณสปอร์มากที่สุดที่จำนวน 1.2±0.0x10^7 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 16) รองลงมาคือ ที่ระดับความเค็ม 10, 15, 5 และ 20 ppt พบปริมาณสปอร์ 7.1±3.3x10^6, 4.42±0.31x10^6, 4.02±0.02x10^6 และ 3.5±0.4x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

ตารางที่ 20 การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (x10^6 ±SEx10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน

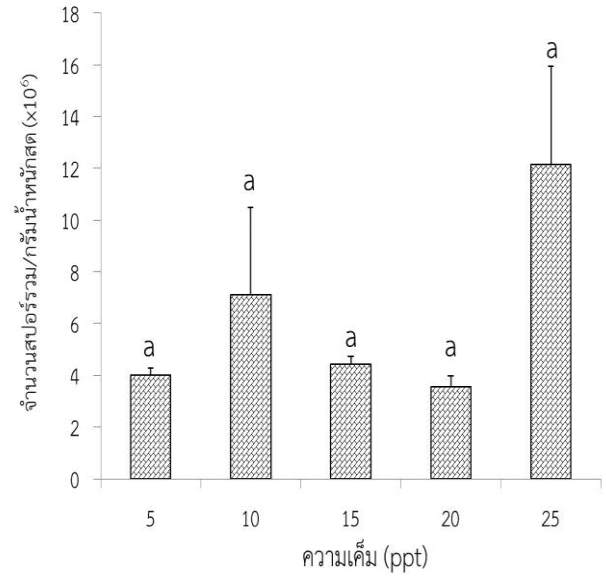
วันทดลอง	ระดับความเค็ม (ppt)				
	5	10	15	20	25
2	1.73±0.70[a]	0.15±0.10[a]	1.89±0.52[a]	2.21±1.39[a]	2.29±0.76[a]
4	2.29±0.36[a]	6.95±4.16[a]	2.52±0.53[a]	1.34±0.26[a]	9.87±6.77[a]
รวม±SE	4.02±0.27[a]	7.10±3.39[a]	4.42±0.31[a]	3.55±0.43[a]	12.16±0.37[a]

หมายเหตุ : จำนวนสปอร์รวม±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 15 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลารับแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 16 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์รวม (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 4 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

3.3.2 ปัจจัยด้านการให้แสงต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

การกระตุ้นให้ปล่อยสปอร์ด้วยปัจจัยด้านความเข้มแสง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าในวันที่ 2 ของการกระตุ้น ที่ระดับความเข้มแสง 20 µmol m^{-2} s^{-1} มีการปล่อยสปอร์มากที่สุดถึง 9.8±3.4x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือ ที่ระดับการให้แสง 100, 80 และ 150 µmol m^{-2} s^{-1} สามารถปล่อยสปอร์ 5.6±2.0x10^6, 5.0±3.6x10^6 และ 4.2±1.4x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 17) วันที่ 4 ของการกระตุ้น ที่ระดับการเพิ่มแสง 80 µmol m^{-2} s^{-1} ปล่อยสปอร์ได้ 1.9±1.7x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือ ที่ระดับการเพิ่มแสง 20 และ 100 µmol m^{-2} s^{-1} สามารถปล่อยสปอร์ถึง 2.3±1.6x10^5 และ 2.3±1.2x10^5 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ส่วนที่ระดับการเพิ่มแสง 150 µmol m^{-2} s^{-1} ไม่พบการปล่อยสปอร์ เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์ทั้งหมดในระยะเวลา 8 วัน พบว่าที่ระดับการเพิ่มแสง 20 µmol m^{-2} s^{-1} มีการปล่อยสปอร์มากที่สุดถึง 1.0±0.0x10^7 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือ ที่ระดับการเพิ่มแสง150, 80 และ 100 µmol m^{-2} s^{-1} ได้สปอร์ 7.42±1.2x10^6, 6.79±0.94x10^6 และ 5.92±1.4x10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ดังตารางที่ 17 และภาพที่ 18)

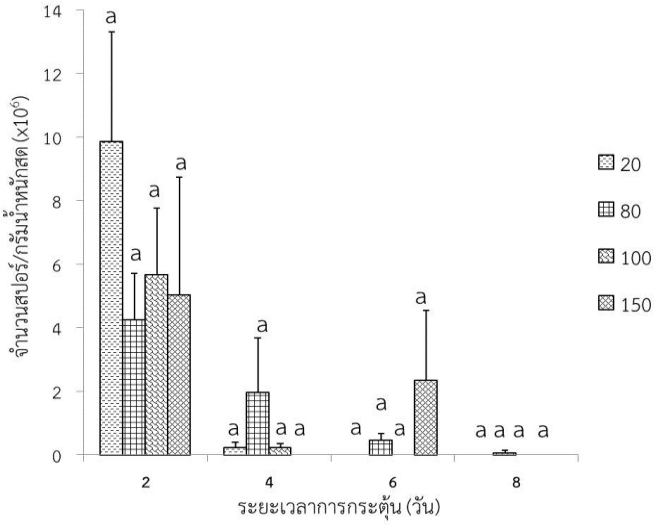
ตารางที่ 21 จำนวนสปอร์รวม (x10^6 ±SEx10^6 สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการเพิ่มแสงต่าง ๆ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ความเค็ม 25 ppt อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน

	ความเข้มแสง (µmol m^{-2} s^{-1})			
วันทดลอง	20	80	100	150
2	9.8±3.45[a]	4.26±1.44[a]	5.68±2.07[a]	5.05±3.69[a]
4	0.23±0.16[a]	1.97±1.71[a]	0.23±0.12[a]	0.00±0.00[a]
6	0.00±0.00[a]	0.47±0.21[a]	0.00±0.00[a]	2.36±2.19[a]
8	0.00±0.00[a]	0.07±0.07[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
รวม±SE	10.10±0.24[a]	6.79±0.94[a]	5.92±1.40[a]	7.42±1.20[a]

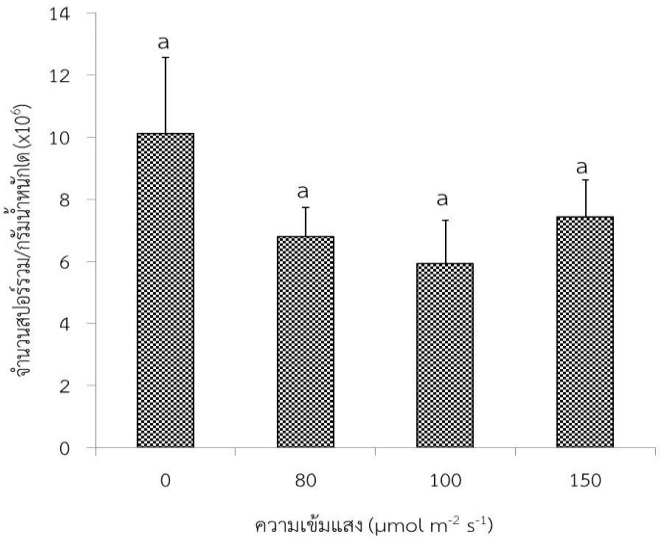
หมายเหตุ : จำนวนสปอร์รวม±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 17 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการเพิ่มแสงต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)



ภาพที่ 18 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์รวม (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการเพิ่มแสงต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ที่ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

3.3.3 ปัจจัยด้านการผึ่งแห้งต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

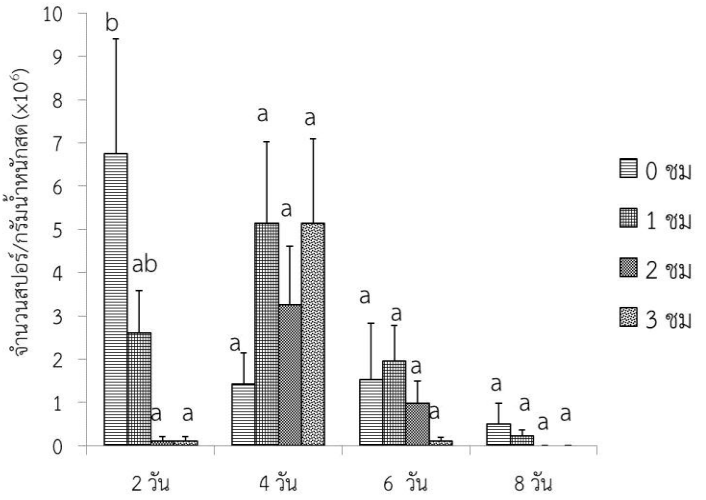
การกระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ด้วยปัจจัยด้านการผึ่งแห้ง พบว่า สาหร่ายที่ไม่ผึ่งแห้งสามารถกระตุ้นให้มีการปล่อยสปอร์ถึง $6.7\pm2.2\times10^{6}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ระยะเวลา 2 วัน ของการกระตุ้น วันที่ 4 และวันที่ 6 ของการกระตุ้น สามารถปล่อยได้ $1.4\pm0.7\times10^{5}$ และ $4.0\pm1.6\times10^{5}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 22 และภาพที่ 19) รองลงมาคือ สาหร่ายที่ทำการผึ่งแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง มีการปล่อยสปอร์ $2.6\pm0.9\times10^{6}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด 2 วัน ของการกระตุ้น และมีการปล่อยสปอร์ในวันที่ 4 จำนวน $5.1\pm1.8\times10^{6}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 22 และภาพที่ 19) และสาหร่ายที่ทำการผึ่งแห้งที่เวลา 2 และ 3 ชั่วโมง มีการปล่อยสปอร์ภายใน 6 วัน ของการกระตุ้น เมื่อพิจารณาการปล่อยสปอร์ทั้งหมด พบว่าการผึ่งแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง มีการปล่อยสปอร์มากกว่าการไม่ผึ่งแห้ง และผึ่งแห้ง 2 และ 3 ชั่วโมง $9.91\pm1.0\times10^{6}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด ใช้ระยะเวลาในการปล่อย 8 วัน จำนวนสปอร์จากสาหร่ายที่มีการผึ่งแห้งเวลาแตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสาหร่ายที่มีการผึ่งแห้งอื่น ๆ (ภาพที่ 20)

ตารางที่ 22 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ ($x10^{6}\pm SEx10^{6}$ สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการผึ่งแห้งต่าง ๆ ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน

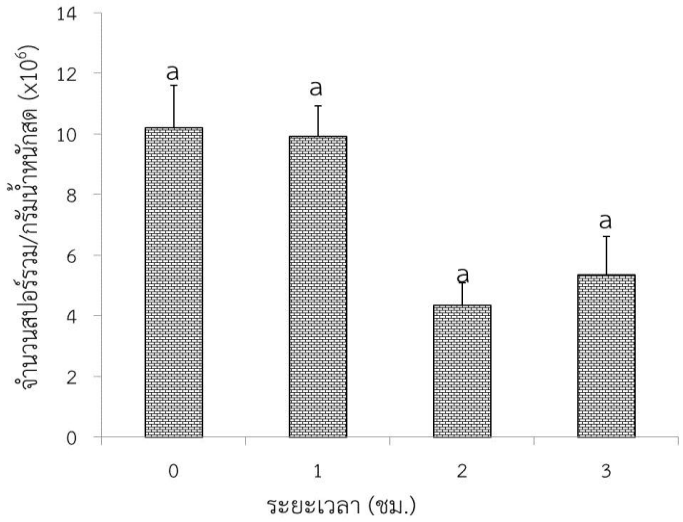
	การผึ่งแห้ง (ชั่วโมง)			
วันทดลอง	0	1	2	3
2	6.73 ± 2.66^{b}	2.60 ± 0.98^{ab}	0.10 ± 0.10^{a}	0.10 ± 0.10^{a}
4	1.42 ± 0.72^{a}	5.13 ± 1.88^{a}	3.25 ± 1.35^{a}	5.13 ± 1.95^{a}
6	0.40 ± 0.16^{a}	1.94 ± 0.82^{a}	0.97 ± 0.51^{a}	0.10 ± 0.08^{a}
8	0.50 ± 0.47^{a}	0.22 ± 0.13^{a}	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}
รวม±SE	9.05 ± 1.50^{a}	9.91 ± 1.01^{a}	4.33 ± 0.75^{a}	5.34 ± 1.26^{a}

หมายเหตุ : จำนวนสปอร์รวม±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 19 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการผึ่งแห้งที่เวลาต่าง ๆ ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} ความเค็ม 25 ppt อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมง ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



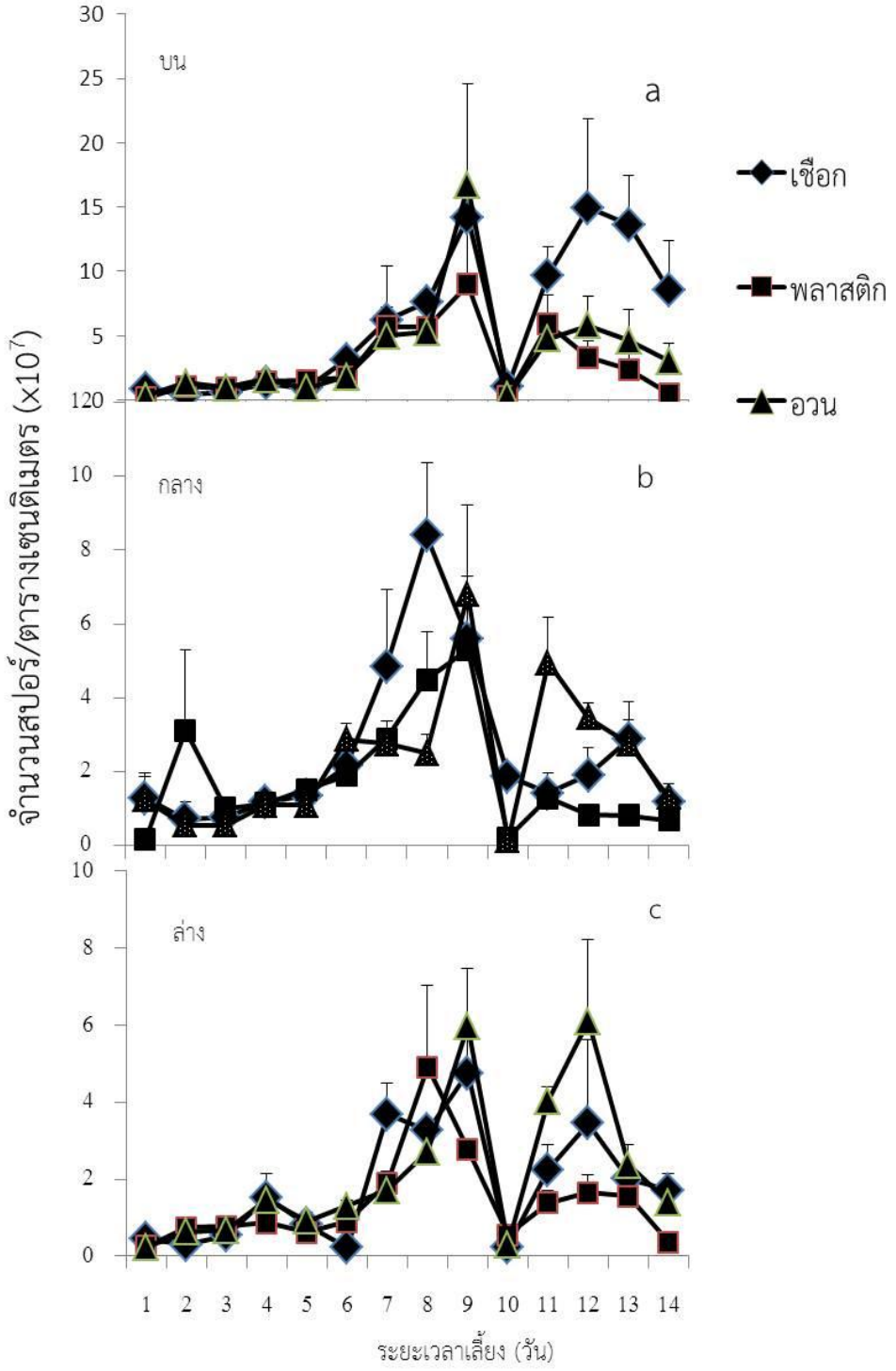
ภาพที่ 20 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์รวม (สปอร์/กรัมน้ำหนักสด) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่ระดับการผึ่งแห้งต่าง ๆ ความเข้มแสง 60 µmol m^{-2} s^{-1} อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ppt เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่มีแสง:มืด 12:12 ชั่วโมงที่ระยะเวลาเลี้ยง 8 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

3.4 ผลของพฤติกรรมการลงเกาะของสปอร์สาหร่ายไส้ไก่

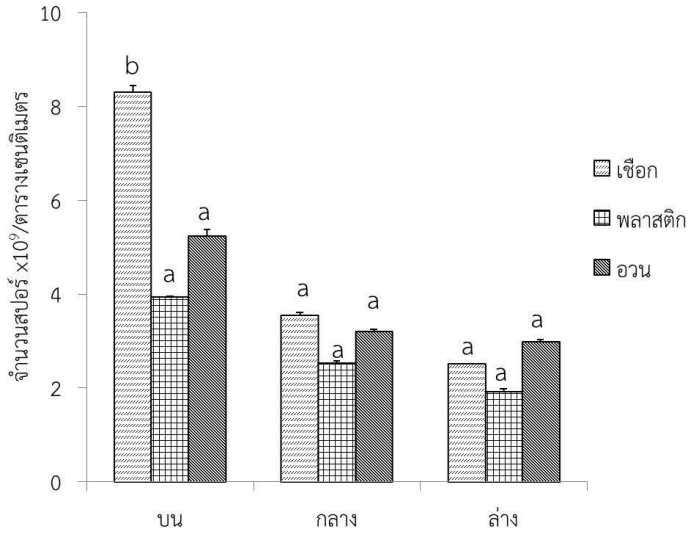
ผลของพฤติกรรมการลงเกาะของสปอร์จากการทำการทดลอง 14 วัน ปริมาณสปอร์ในน้ำ พบว่า สปอร์เริ่มเกาะวัสดุเชือกโพลีเอทธีลีน พลาสติกรังผึ้ง และอวนเส้นด้าย ตั้งแต่วันแรกของการทดลอง (ตารางที่ 25) และในวันที่ 9 ปริมาณสปอร์ที่เกาะวัสดุเชือกมีความหนาแน่นมากที่สุดถึง $1.1x10^{9}$ สปอร์/ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือวัสดุอวนเส้นด้าย และพลาสติก สปอร์มีความหนาแน่น $6.8x10^{8}$ และ $6.2x10^{8}$ สปอร์/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับโดยที่ในวันที่ 10 ของการเลี้ยงวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณสปอร์ลดลงพร้อมกัน เมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์ทั้งหมด 14 วัน พบว่า วัสดุจากเชือกมีความหนาแน่นสปอร์มากที่สุด ถึง $1.4\pm1.7x10^{9}$ สปอร์/ตารางเซนติเมตร รองลงมาคืออวน และพลาสติกมีความหนาแน่นของสปอร์ถึง $1.1\pm0.0X10^{9}$ และ $8.4\pm0.5X10^{8}$ สปอร์/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ผลจากการทดสอบทางสถิติจำนวนสปอร์ที่เกาะเชือกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสปอร์ที่เกาะบนอวน และพลาสติก (ภาพที่ 23) เมื่อพิจารณาระดับที่สปอร์เกาะผิววัสดุเชือก พลาสติก และอวนพบว่า สปอร์ที่เกาะระดับบนของวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสปอร์ใกล้เคียงกันในวันที่ 6-9 ของการเลี้ยงพบว่า ทุกวัสดุมีปริมาณสปอร์รวมเพิ่มขึ้น และพบว่ามีสปอร์ลดลงพร้อมกันในวันที่ 10 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 21a)

เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์ที่เกาะวัสดุเชือก มีปริมาณสปอร์ที่เกาะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับปริมาณสปอร์ที่เกาะอวนเส้นด้าย และพลาสติกรังผึ้ง (ภาพที่ 22) สปอร์ที่เกาะระดับกลาง และระดับล่างของวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสปอร์เกาะใกล้เคียงกันในวันที่ 6-9 ของการเลี้ยงพบว่า ทุกวัสดุมีปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้น และลดลงพร้อมกันในวันที่ 10 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 21 b, c) เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์ที่เกาะวัสดุทั้ง 3 ชนิด ปริมาณสปอร์ที่เกาะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ภาพที่ 24)

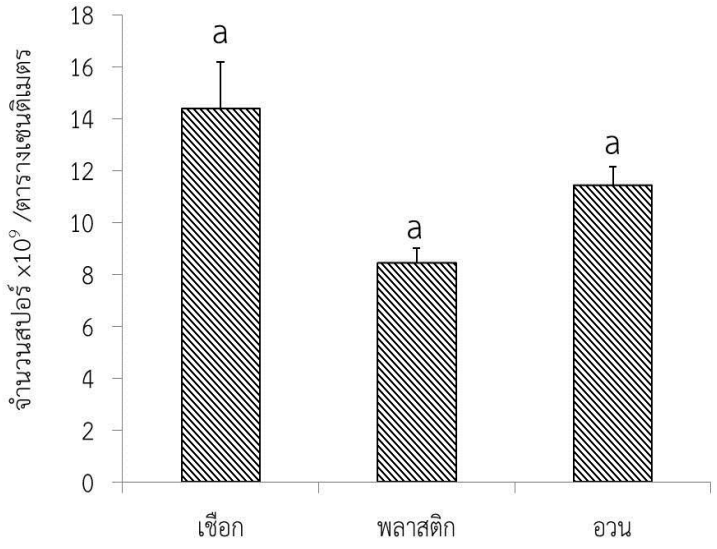
Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 21 ปริมาณสปอร์ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* เกาะบนวัสดุทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับต่าง ๆ ระดับบน (a), ระดับกลาง (b), และระดับล่าง (c)



ภาพที่ 22 จำนวนสปอร์รวมที่ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* เกาะบนวัสดุทั้ง 3 ชนิดที่ระดับต่าง ๆ ในระยะเวลาเลี้ยง 14 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 23 ปริมาณสปอร์รวมของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่เกาะวัสดุชนิดต่าง ๆ ระยะเวลาเลี้ยง 14 วัน ตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

ตารางที่ 23 จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ (x10^6±SE x10^6 สปอร์/ตารางเซนติเมตร) ของสาหร่ายไส้ไก่ *U. intestinalis* ที่การเกาะวัสดุแตกต่างกัน ในระยะเวลาเลี้ยง 14 วัน (n=3)

วัน	วัสดุ (จำนวนสปอร์x10^6/ตารางเซนติเมตร)								
	เชือก			พลาสติก			ล่าง		
	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง
1	8.56±4.34 [a]	12.81±5.70 [a]	4.46±1.13 [a]	2.05±1.04 [a]	2.48±0.91 [a]	3.76±1.50 [a]	5.11±1.80 [a]	18.83±7.16 [a]	5.88±1.37 [a]
2	4.21±2.72 [a]	7.16±4.77 [a]	3.06±1.20 [a]	10.49±0.25 [a]	31.20±21.94 [a]	7.42±0.99 [a]	13.55±3.81 [a]	5.47±1.82 [a]	6.30±1.61 [a]
3	6.09±1.17 [a]	7.50±1.65 [a]	5.45±2.63 [a]	9.32±2.81 [a]	10.09±2.58 [a]	7.77±0.58 [a]	9.66±3.88 [a]	5.55±0.21 [a]	6.83±1.83 [a]
4	13.03±1.01 [a]	11.77±1.90 [a]	15.25±6.35 [a]	14.05±2.58 [a]	11.40±1.37 [a]	8.69±1.57 [a]	16.30±1.55 [a]	10.97±2.16 [a]	14.72±2.28 [a]
5	9.25±2.62 [a]	13.63±2.81 [a]	8.27±1.37 [a]	6.51±4.09 [a]	15.12±2.13 [a]	6.12±1.34 [a]	8.94±1.97 [a]	10.88±2.99 [a]	2.28±2.16 [a]
6	20.71±7.96 [a]	14.34±4.97 [a]	15.21±2.03 [a]	17.60±9.44 [a]	18.88±5.17 [a]	9.01±1.38 [a]	17.91±1.66 [a]	28.72±4.37 [a]	13.00±1.63 [a]
7	62.09±41.83 [a]	48.64±20.63 [a]	36.81±8.21 [a]	56.97±15.16 [a]	28.92±4.84 [a]	19.09±2.80 [a]	50.00±10.21 [b]	27.63±1.99 [ab]	33.21±2.24 [a]
8	76.39±0.23 [a]	84.07±19.74 [a]	37.25±0.88 [a]	56.67±21.37 [a]	44.90±12.94 [a]	49.00±21.21 [a]	52.67±5.32 [b]	24.94±5.23 [a]	27.08±7.78 [ab]
9	141.78±1.49 [b]	56.17±16.70 [a]	47.53±9.24 [a]	89.86±45.49 [a]	53.12±12.16 [a]	27.71±1.66 [a]	166.86±78.96 [a]	67.91±24.29 [a]	59.80±14.84 [a]
10	10.79±3.55 [a]	1.87±0.62 [a]	2.40±0.71 [a]	9.11±1.80 [b]	2.09±0.41 [a]	1.29±0.33 [a]	6.88±2.07 [a]	5.56±1.93 [a]	3.05±0.62 [a]
11	96.86±22.13 [b]	14.19±5.40 [a]	22.51±6.48 [a]	58.80±22.31 [a]	12.94±1.55 [a]	13.83±3.05 [a]	47.41±15.31 [a]	49.44±12.22 [a]	40.33±3.54 [a]
12	149.48±69.35 [a]	19.16±7.56 [a]	34.56±21.79 [a]	33.20±12.61 [a]	8.27±2.17 [a]	16.57±4.55 [a]	58.00±22.39 [a]	34.55±4.15 [a]	61.02±21.18 [a]
13	136.47±38.27 [b]	28.76±10.20 [a]	20.17±2.58 [a]	23.44±14.67 [a]	8.10±1.48 [a]	15.58±2.96 [a]	46.22±24.10 [a]	27.63±6.42 [a]	23.67±5.17 [a]
14	85.82±37.66 [a]	11.70±1.76 [a]	17.13±4.37 [a]	4.74±0.20 [a]	6.77±2.16 [a]	3.73±0.71 [a]	30.08±14.19 [a]	13.08±3.52 [a]	14.05±3.40 [a]

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความ เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

Prince of Songkla University Pattani Campus