

เอกสารอ้างอิง



- กิตติ เอกอำพน, "การดูดซึมและการกระจายของสารตะกั่วและสังกะสีในพืชผักบางชนิด,"
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2522
- ทวีศักดิ์ ศักดิ์นิมิตร, "การศึกษากำลังผลิตของผักตบชวา;" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519
- ธงชัย กูวชิรานนท์, "การสะสมตะกั่วในผักบุ้งและผักกะเฉดจากแหล่งน้ำผิวดิน," วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม (สาธารณสุขศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล, 2526
- วิไลพร บุญอุทัยจิรา, "อิทธิพลของธาตุโลหะบางอย่างที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชผักบางชนิด,"
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2523
- วิไลวรรณ ธรรมตระกูล, "การหาปริมาณและสภาพทางเคมีของแคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง
ในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523
- सानิต ชัยวาลย์, "การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวา," วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521
- Boyd, C.E., "Vascular Aquatic plants for mineral nutrient removal from
polluted water," Economic Botany, 24, 95-103, 1970
- Boyd, C.E. and D.H. Vickers, "Variation in the elemental composition of
Eichhornia crassipes," Hydrobiologia, 38, 409-417, 1971
- Boyd, C.E., "The nutritive value of three species of water weeds,"
Economic Botany, 23, 123-127, 1969

- Cannon, H.L. and Bowles, J.M., "Contamination of Vegetation by tetraethyl lead," Science, 137, 765-766, 1962
- Cutler, J.M. and Rains, D.W., "Characterization of Cadmium Uptake by Plant tissue," plant physiology, 54, 67-71, 1974
- Dymand, G.C., "The water hyacinth : a cinderetta of the plant world," Soil fertility and Sewage, 221,-227, 1949
- Gupta, G.C., "Use of Water hyacinths in Wastewater Treatment," Environment Health, 43, 80-82, 1980
- Johnson, C.R. and T. J. Sheenan, "Nutrient Removal by Water hyacinth from Solution cultures," Environment Helath, 90, 118-119, 1973
- Joseph, "Hyacinth Lagoons," National Development, 46-53, 1976
- Mc Donald, R.C. and B.C. Wolverton, "Comparative Study of Wastewater Lagoon with and without Wather hyacinth," Bcon Bot, 34, 101-110, 1980
- Penfound, W.T., "Primary production of Vascular plants," Limnol Oceano gr I, 92, 101, 1956
- Roger, H.H. and Davis, D.E., "Nutrient Removal by Water hyacinth," Weed Science, Vol 20, 423, 1970
- Suttipong, V, "Removal of Heavy Metals by Water hyacinth," M.S. thesis, Department of Engineering, Asian Inst of Technology, 1-68, 1980
- Sutton, D.L. and R.D. Blackburn, "Uptake of copper in Hydrilla," Weed Res, 11, 47-53, 1971

- Tatsuyama, K., H. Egowa and T. Yamagishi, "Sorption of Heavy Metal by the Water hyacinth from the Metal Solutions," Weed Res Jpn., 22, 151-156, 1977
- Tridech, S, "Trace Contaminant Removal from Secondary Domestic effluent by Vascular aquatic plants," Ph.D. Thesis, Department of Environment health science school of public health and Tropical Medicine, 5-34, 1980
- Wolverton, B.C., "Water hyacinths for Removal of Cadmium and Nickel from polluted Waters," NASA technical memorandum, TM-X-7272, 1975
- Wolverton, B.C., "Water hyacinths for Removal of Phenols from polluted Waters," NASA technical : memorandum, TM-X 92722, 1975
- Wolverton, B.C. and McDonald, R.C., "Water hyacinths and Alligator Weeds for Removal of Lead and Mercury from polluted Waters," NASA technical memorandum, TM-X 72723, 1975
- Wolverton, B.C. and Mc Donald, R.C., "Water hyacinths and Alligator Weeds for Removal of Silver, Cobalt and Strontium from polluted Waters," NASA technical memorandum, TM-X 72627, 1975
- Wolverton, B.C. and Mc Donald, R.C., "Water hyacinth (Eichhornia crassipes) for Removing Chemical and photographic pollutants from Laboratory Wastewater," NASA technical memorandum, TM-X-72731, 1976
- Wolverton, B.C. etal, "Water hyacinths for Upgrading Sewage Lagoons to meet advance Wastewater Treatment Standards Part I," NASA technical memorandum, TM-X-72729, 1975

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1 การเตรียมอาหารสำหรับพืชน้ำ (Hydroponic Solution) (Kaigate 1981 & Tridech, 1980)

<u>Stock Concentration 1</u>	
<u>สารเคมี</u>	จำนวน/ลิตร
โปตัสเซียมไนเตรท (KNO_3)	50.5 กรัม
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	27.2 กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7 H_2O$)	49.3 กรัม
โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$)	5.8 กรัม
สารอาหารที่พืชมีความต้องการไม่มาก (Mironutrient concentration)	100.0 มิลลิลิตร

<u>Micronutrient Concentrate</u>	
<u>สารเคมี</u>	กรัม/ลิตร
โบรริกแอซิก (H_3BO_3 85%)	2.85
มันกานีสซัลเฟต ($MnSO_4 \cdot H_2O$)	1.54
ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$)	0.22
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	0.08
โมลิบดีนัมไดไฮดรอกไซด์ ($MoO_3 \cdot 2H_2O$ 85%)	0.02
เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)	0.15

<u>Stock Concentration 2</u>	
<u>สารเคมี</u>	กรัม/ลิตร
แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$)	118.1
* เฟอร์ริกโซเดียมเอทิลดีเอทอโรอิมินเทรทราอะซิเตรท (Fe-EDTA) 650	มิลลิลิตร

แหล่งข้อมูล Kaigate, D, "Heavy Metals removal from Secondary domestic effluent by vascular aquatic plant," Unpublished M.P.H. Thesis University of Tulane, 1981, P56 & Tridech, S, "Trace Contaminant Removal from Secondary domestic effluent by Vascular aquatic plant," Ph.D. Thesis, Department of Environment health science school of public health and Tropical Medicine, 1980, P.153

* หมายเหตุ ใน Stock Concentration 2 ใช้ Fe-EDTA แทน Sequestrene 300 Fe ความสูตรเดิม
เวลา Stock Concentration 1 จำนวน 1 ส่วน และ Stock Concentration 2 จำนวน 1 ส่วน ผสมกับน้ำประปาปราศจากคลอรีนให้เป็น 200 ส่วน

การเตรียม Fe-EDTA (Ferric Sodiummethylenediaminetetra acetate)
(APHA-AWWA-WPCF, 1976)

ละลาย 0.8 กรัมของไดโซเดียมเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซีเตท (disodiummethylenediaminetetra acetate) ลงในน้ำกลั่นเติม 3.0 มิลลิกรัมของ 10% น้ำหนัก/ปริมาตรของสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) ลงไปและเติมน้ำกลั่นลงไปจนกระทั่งได้ปริมาตร 1 ลิตร นำไปเป็นสารอาหารแก่พืชใช้ 6.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร

ตารางที่ 2 มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม [ประกาศกระทรวง
อุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525)]

pH	5-9		
ของแข็งที่ละลายได้	200	มิลลิกรัม/ลิตร	
ซัลไฟด์ที่เทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	ไม่มากกว่า	1	มิลลิกรัม/ลิตร
ไซยาไนด์ที่เทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN)	ไม่มากกว่า	0.2	มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี (Zinc)	ไม่มากกว่า	5	มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม (Chromium)	ไม่มากกว่า	0.5	มิลลิกรัม/ลิตร
อาร์เซนิก (Arsenic)	ไม่มากกว่า	0.25	มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง (Copper)	ไม่มากกว่า	1	มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท (Mercury)	ไม่มากกว่า	0.005	มิลลิกรัม/ลิตร
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่มากกว่า	0.03	มิลลิกรัม/ลิตร
บาเรียม (Barium)	ไม่มากกว่า	1	มิลลิกรัม/ลิตร
เซเลเนียม (Selenium)	ไม่มากกว่า	0.02	มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกั่ว (Lead)	ไม่มากกว่า	0.2	มิลลิกรัม/ลิตร
นิกเกิล (Nickel)	ไม่มากกว่า	0.2	มิลลิกรัม/ลิตร
แมงกานีส (Manganese)	ไม่มากกว่า	5	มิลลิกรัม/ลิตร
บี.โอดี. (BOD)			
5 วันที่ยอดทงูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่มากกว่า	20-60	มิลลิกรัม/ลิตร
ยอดทงูมิของน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่สาธารณะ	ไม่มากกว่า	40	องศาเซลเซียส
สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่สาธารณะ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ		

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จัดข้อมูลในตาราง

Treatment (a)	Replicate (n)	Time (b)			total size
		b ₁	b ₂	b ₃	
A ₁	1	Xa ₁₁ b ₁	Xa ₁₁ b ₂	Xa ₁₁ b ₃	XA ₁ .1
	2	Xa ₁₂ b ₁	Xa ₁₂ b ₂	Xa ₁₂ b ₃	XA ₁ .2
	3	Xa ₁₃ b ₁	Xa ₁₃ b ₂	Xa ₁₃ b ₃	XA ₁ .3
	4	Xa ₁₄ b ₁	Xa ₁₄ b ₂	Xa ₁₄ b ₃	XA ₁ .4
A ₂	1	Xa ₂₁ b ₁	Xa ₂₁ b ₂	Xa ₂₁ b ₃	XA ₂ .1
	2	Xa ₂₂ b ₁	Xa ₂₂ b ₂	Xa ₂₂ b ₃	XA ₂ .2
	3	Xa ₂₃ b ₁	Xa ₂₃ b ₂	Xa ₂₃ b ₃	XA ₂ .3
	4	Xa ₂₄ b ₁	Xa ₂₄ b ₂	Xa ₂₄ b ₃	XA ₂ .4
A ₃	1	Xa ₃₁ b ₁	Xa ₃₁ b ₂	Xa ₃₁ b ₃	XA ₃ .1
	2	Xa ₃₂ b ₁	Xa ₃₂ b ₂	Xa ₃₂ b ₃	XA ₃ .2
	3	Xa ₃₃ b ₁	Xa ₃₃ b ₂	Xa ₃₃ b ₃	XA ₃ .3
	4	Xa ₃₄ b ₁	Xa ₃₄ b ₂	Xa ₃₄ b ₃	XA ₃ .4
A ₄	1	Xa ₄₁ b ₁	Xa ₄₁ b ₂	Xa ₄₁ b ₃	XA ₄ .1
	2	Xa ₄₂ b ₁	Xa ₄₂ b ₂	Xa ₄₂ b ₃	XA ₄ .2
	3	Xa ₄₃ b ₁	Xa ₄₃ b ₂	Xa ₄₃ b ₃	XA ₄ .3
	4	Xa ₄₄ b ₁	Xa ₄₄ b ₂	Xa ₄₄ b ₃	XA ₄ .4
Total		S	T	U	V

การวางตัวของ Treatment และ Time

Treatment	Time			Σ
	b ₁	b ₂	b ₃	
A ₁	C	D	E	O
A ₂	F	G	H	P
A ₃	I	J	K	Q
A ₄	L	M	N	R
Σ	S	T	U	V

$$\text{การวาง (total)} = (Xa_{11}b_1)^2 + (Xa_{12}b_1)^2 + \dots + (Xa_{44}b_3)^2 - \frac{V^2}{48} \quad -1$$

$$\text{ซ้ำ (Replicate)} = \frac{(XA_{1.1})^2}{3} + \frac{(XA_{1.2})^2}{3} + \dots + \frac{(XA_{4.4})^2}{3} - \frac{V^2}{48} \quad -2$$

$$\text{เวลา (Time)} = \frac{S^2}{16} + \frac{T^2}{16} + \frac{U^2}{16} - \frac{V^2}{48} \quad -3$$

$$\text{SS' x time} = 1 - 2 - 3 \quad -4$$

$$\text{df. ของ the total Sum of Squares} = nab - 1$$

$$\text{df. ของ Sum of Squares for Replicate} = na - 1$$

$$\text{df. ของ Sum of Squares for Time} = (na - 1)(b - 1)$$

$$\text{Sum of Squares for Treatment} = \frac{(O)^2}{12} + \frac{(P)^2}{12} + \frac{(Q)^2}{12} + \frac{(R)^2}{12} - \frac{(V)^2}{48} \quad -5$$

$$\text{Residual Error (a)} = 2 - 4$$

$$\text{df.} = (na - 1) - (a - 1)$$

$$\text{Between cell} = \frac{(C)^2}{4} + \frac{(D)^2}{4} + \dots + \frac{(U)^2}{4} - \frac{(V)^2}{48} \quad -6$$

$$\text{Treatment x Time} = 6 - 3 - 5 \quad -7$$

$$\text{df.} = (a - 1)(b - 1)$$

$$\text{Residual Error (b)} = 4 - 7$$

$$\text{df.} = (na - 1)(b - 1) - (a - 1)(b - 1)$$

ตารางการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS.)	d.f.	Mean Square (MS)	F	P
Treatment	5	$(a-1)$	$5/(a-1)$	$\frac{MS \text{ Treatment}}{Error (a)}$	
Error (a)	2-4	$(na-1)(a-1)$	$2-4/(na-1)$ $(a-1)$		
Time	3	$(b-1)$	$3/(b-1)$	$\frac{MS \text{ Time}}{Error(b)}$	
Treatment x Time	7	$(a-1)(b-1)$	$7/(a-1)$ $(b-1)$	$\frac{MS \text{ Treatment x Time}}{Error (b)}$	
Error (b)	4-7	$(na-1)(b-1)$ $-(a-1)(b-1)$	$4-7/(na-1)$ $(b-1)-(a-1)$ $(b-1)$		
Total	1	Σ (each value)			



ตัวอย่าง ผักตบชวา 4 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีน้ำหนักสดแตกต่างกันแต่มี Biomass เท่ากัน
 กำจัดแกลกเมียม (cd) 0.5 ppm. เป็นเวลา 3 สัปดาห์

น.น.แต่ละต้น (treatment) (a)	ซ้ำ (บอลก) (Replicate) (n)	เวลา (Time)(สัปดาห์) (b)			ขนาดทั้งหมด (total size)
		1	2	3	
5-15	1	0.25	0.22	0.14	0.61
	2	0.27	0.21	0.16	0.64
	3	0.24	0.17	0.12	0.53
	4	0.24	0.16	0.18	0.58
20-42	1	0.19	0.15	0.092	0.432
	2	0.20	0.10	0.088	0.388
	3	0.16	0.13	0.08	0.37
	4	0.13	0.10	0.10	0.33
48-65	1	0.19	0.16	0.071	0.421
	2	0.20	0.18	0.075	0.455
	3	0.17	0.14	0.068	0.378
	4	0.12	0.12	0.086	0.326
79-98	1	0.19	0.055	0.045	0.29
	2	0.20	0.059	0.051	0.31
	3	0.17	0.071	0.049	0.29
	4	0.16	0.075	0.047	0.282
ผลรวม (total)		3.08	2.10	1.452	6.632

ผลบวกของ น.น.แต่ละคนและเวลา

น.น.แต่ละคน (กรัม)	เวลา (สัปดาห์)			Σ
	1	2	3	
5-15	1.00	0.76	0.60	2.36
20-42	0.68	0.48	0.36	1.52
48-65	0.68	0.60	0.30	1.580
79-98	0.72	0.26	0.192	1.172
Σ	3.08	2.10	1.452	6.632

$$\text{ผลรวม (total)} = (0.25)^2 + (0.27)^2 + \dots + (0.047)^2 - \frac{(6.632)^2}{48} = 0.87$$

$$\text{ซ้ำ (Replicate)} = \frac{(0.61)^2}{3} + \frac{(0.64)^2}{3} + \dots + \frac{(0.282)^2}{3} - \frac{(6.632)^2}{48} = 0.071$$

$$\text{เวลา (Time)} = \frac{(3.08)^2}{16} + \frac{(2.10)^2}{16} + \frac{(1.452)^2}{16} - \frac{(6.632)^2}{48} = 0.085$$

$$SS' \times \text{Time} = 0.87 - 0.071 - 0.085 = 0.714$$

$$\text{d.f. ของ the total sum of square} = nab - 1 = (4 \times 4 \times 3) - 1 = 47$$

$$\text{d.f. ของ Sum of squares for Replicate} = (na - 1) = (4 \times 4 - 1) = 15$$

$$\text{d.f. ของ Sum of squares for Time} = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{d.f. ของ S'S x Time} = (na - 1)(b - 1) = (4 \times 4 - 1)(3 - 1) = 30$$

$$\begin{aligned} \text{Sum of squares for treatment} &= \frac{(2.36)^2}{12} + \frac{(1.52)^2}{12} + \frac{(1.58)^2}{12} + \frac{(1.172)^2}{12} - \frac{(6.632)^2}{48} \\ &= 0.063 \end{aligned}$$

$$\text{Residual Error (a)} = 0.071 - 0.063 = 0.008$$

$$\text{d.f.} = (na - 1) - (a - 1) = 15 - 3 = 12$$

$$\begin{aligned} \text{Between cells} &= \frac{(1)^2}{4} + \frac{(0.76)^2}{4} + \dots + \frac{(0.192)^2}{4} - \frac{(6.632)^2}{48} \\ &= 0.24 \end{aligned}$$

$$\text{treatment} \times \text{time} = 0.24 - 0.085 - 0.063 = 0.092$$

$$\text{d.f.} = (a-1)(b-1) = (4-1)(3-1) = 6$$

$$\text{Residual Error (b)} = 0.714 - 0.092 = 0.622$$

$$\text{d.f.} = (na-1)(b-1) - (a-1)(b-1) = 30 - (4-1)(3-1) = 24$$

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (S.S)	d.f.	Mean Square (MS)	F	P
น.น.แต่ละคน	0.063	3	0.021	31.81	<0.05
Error (a)	0.008	12	0.00066		
สัปดาห์	0.085	2	0.043	1.66	>0.05
น.น.แต่ละคน × สัปดาห์	0.092	6	0.0153	0.590	>0.05
Error (b)	0.622	24	0.0259		
รวม	0.87	47			

ประวัติผู้เขียน

นายสนธิ คชวัฒน์ จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สุขาภิบาล) จาก
มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2528

