

## รายการอ้างอิง

1. Grosjean, Ph. Growth model of the reared Sea Urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck,1816) Degree of Doctor in Agronomic Sciences and Biological Engineering Marine Biology Laboratory Faculty of Science University of Bruxelles, 2001.
2. Meyer, P.S. Bi-Logistic Growth. The Journal Technological Forecasting and Social Change 47 (1994): 89-102.
3. Meyer, P.S., Yung, J.W. and Ausubel, J.H. A Primer on Logistic Growth and Substitution: The Mathematics of the Loglet Lab Software The Journal Technological Forecasting and Social Change 61, 3 (1999): 247-271.
4. Meyer P.S. and Ausubel J.H. Carrying Capacity: A Model with Logistically Varying Limits The Journal Technological Forecasting and Social Change 61, 3 (1999): 209-214.
5. Prusinkiewicz, P., and Lindenmayer, A. The Algorithm Beauty of Plants. New York: Springer-Verlag, 1990.
6. Smith, A.R. Plants, Fractals and Formal languages. ACM SIGGRAPH 18, 3 (1984): 1-10.
7. Prusinkiewicz, P., James, M., and Mech, R. Synthetic Topiary. Proceedings of SIGGRAPH'94 (Orlando, Florida, July 1994): 351-358.
8. Hammel, M.S., and Prusinkiewicz, P. Visualization of Developmental Processes by Extrusion in Space-Time. Proceedings of Graphics Interface '96 (Toronto, Ontario, May 1996): 246-258.
9. Chuai-Aree, S. An Algorithm for Simulation and Visualization of Plant Shoots Growth. Master's Thesis, Department of Mathematics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 2000.
10. Chuai-Aree, S., Siripant, S. and Lursinsap, C. Animation Plant Growth in L-System by Parametrics functional symbols. Proceeding of International Conference on Intelligent Technology 2000 (Thailand, December 2000): 135-143.

11. Chuai-Aree, S., Jager, W., Bock, H.G. and Siripant, S. Smooth Animation for Plant Growth Using Time Embedded Component and Growth Function. Proceeding of International Conference on Computational Mathematics and Modeling (Thailand, May 2002): 285-295.
12. อนุชิต จิตพัฒนกุล, การจำลองและการสร้างภาพนามธรรมของผลกระทบการขาดแคลนน้ำต่อการเติบโตของถั่วเหลือง. วิทยาการคณนา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546
13. Armin L. Oppelt, Winfried Kurth and Douglas L. Godbold. Topology, scaling relations and Leonaedo's rule in root systems from African tree species. *Tree Physiology* 21, 117-128.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกนี้ แสดงตารางที่เก็บข้อมูลจากการทดลองการเติบโตของถั่วเหลือง โดยแสดงอยู่ในรูปแบบตารางความสูงและความกว้างเฉลี่ย ซึ่งมีทั้ง 5 ชุดการทดลอง มีอายุ 60 วัน ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงได้ดังนี้

วันที่	ต้นที่ 1		ต้นที่ 2		ต้นที่ 3		ต้นที่ 4		ต้นที่ 5	
	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง
1	3	0.012	2.7	0.013	3.8	0.013	3.6	0.014	2.5	0.012
2	3.4	0.021	4.7	0.021	5.7	0.021	4.3	0.021	2.8	0.021
3	3.4	0.022	5.6	0.023	6.6	0.023	5.6	0.023	3.1	0.024
4	3.6	0.024	6.3	0.024	7.8	0.026	6.5	0.024	3.3	0.024
5	4	0.025	7.8	0.026	8.6	0.043	7.3	0.027	3.5	0.024
6	4.6	0.026	8	0.028	9.8	0.043	8.3	0.027	3.9	0.025
7	5.1	0.036	8.9	0.041	10	0.043	8.5	0.039	4.1	0.036
8	5.8	0.038	9.5	0.045	10.9	0.047	9.5	0.041	4.5	0.039
9	6.5	0.039	10	0.047	11.4	0.049	9.9	0.044	5.2	0.041
10	7.3	0.039	10.8	0.060	12	0.066	10.2	0.046	6.3	0.042
11	7.6	0.042	11.3	0.064	12.2	0.073	10.4	0.049	7.9	0.044
12	8.1	0.053	11.8	0.069	13.2	0.079	11.5	0.065	8.4	0.046
13	8.7	0.055	12.8	0.073	14.1	0.084	12.4	0.069	9.6	0.049
14	9.3	0.060	13.4	0.094	15.4	0.103	13.6	0.074	10.8	0.065
15	9.9	0.061	14.7	0.101	16.9	0.121	14.7	0.078	11.6	0.067
16	10.6	0.075	16.2	0.119	18.9	0.128	15.5	0.097	13.2	0.072
17	11.3	0.076	17.1	0.126	21.1	0.145	16.6	0.100	14.7	0.074
18	12.7	0.089	19.4	0.146	22.4	0.153	17.4	0.105	15.9	0.079
19	13.4	0.095	21.2	0.155	24	0.163	18.6	0.111	17	0.082
20	14.8	0.099	22.4	0.183	25.4	0.179	19.5	0.128	18.5	0.099

วันที่	ต้นที่ 1		ต้นที่ 2		ต้นที่ 3		ต้นที่ 4		ต้นที่ 5	
	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง
21	16.9	0.116	23.1	0.197	26.8	0.188	20.6	0.149	19.8	0.111
22	18.7	0.132	25.3	0.206	28.3	0.197	21.3	0.159	21.3	0.130
23	19.4	0.138	26.5	0.213	29.5	0.216	22.7	0.169	22.6	0.136
24	21	0.159	29.8	0.236	31	0.238	23.5	0.179	24	0.142
25	23.2	0.177	31.1	0.248	32.4	0.251	24.2	0.207	25.8	0.168
26	24.4	0.186	33.7	0.268	33.3	0.260	25.4	0.231	27.5	0.192
27	25.5	0.194	35.7	0.279	35	0.281	26.5	0.254	28.8	0.201
28	27.7	0.215	38.5	0.305	36.4	0.294	27.9	0.268	30.1	0.231
29	29	0.226	41.2	0.319	38.1	0.320	29.3	0.279	32.5	0.244
30	31.3	0.247	42.1	0.346	39.5	0.329	30.4	0.293	33.8	0.272
31	32.2	0.261	45	0.360	41.3	0.348	31.5	0.323	35.3	0.294
32	33.2	0.280	46.1	0.384	42	0.380	32.7	0.343	36.8	0.330
33	35.9	0.314	48.7	0.429	43.8	0.399	33.4	0.365	38.2	0.356
34	36.5	0.340	49.7	0.459	44.8	0.423	34.6	0.387	39.5	0.384
35	38.8	0.378	52.5	0.490	46.1	0.457	36	0.428	41.1	0.425
36	39.9	0.404	53.8	0.536	47.6	0.477	37.9	0.455	42.3	0.455
37	42.6	0.446	54.6	0.569	48.8	0.500	38.7	0.479	44.6	0.504
38	44.6	0.478	57.2	0.619	50.6	0.528	40	0.505	46.2	0.541
39	47	0.529	58	0.655	51.8	0.568	41.5	0.543	47.5	0.571
40	48.2	0.573	59.5	0.698	52.9	0.596	42.6	0.583	48.3	0.602

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่	ต้นที่ 1		ต้นที่ 2		ต้นที่ 3		ต้นที่ 4		ต้นที่ 5	
	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง	สูง	กว้าง
41	49.1	0.611	60.2	0.751	53.7	0.625	43.3	0.611	49.7	0.632
42	50.9	0.661	61.3	0.788	55.1	0.668	44.6	0.645	51.1	0.684
43	51.3	0.696	62.7	0.835	56.8	0.698	45.4	0.691	52.3	0.723
44	52.2	0.730	63.4	0.859	57.6	0.732	46.9	0.721	53.7	0.762
45	53.6	0.764	63.8	0.889	58.3	0.761	48.1	0.754	54	0.776
46	55	0.795	64.4	0.908	58.9	0.810	49.3	0.795	55.2	0.803
47	56.3	0.815	64.9	0.924	59.4	0.853	50.2	0.820	56.7	0.812
48	57.4	0.827	65.3	0.932	60.1	0.882	51	0.835	57.5	0.820
49	58.1	0.840	65.8	0.939	60.5	0.901	51.6	0.842	58.2	0.826
50	58.7	0.845	66	0.945	60.8	0.921	52.1	0.845	59.2	0.834
51	59.1	0.849	66.2	0.952	60.8	0.935	52.6	0.847	60.3	0.844
52	59.9	0.850	66.2	0.958	60.9	0.943	52.9	0.851	60.8	0.856
53	60.2	0.853	66.2	0.959	61.2	0.952	53.2	0.851	61	0.863
54	60.5	0.857	66.3	0.961	61.2	0.961	53.3	0.852	61.2	0.872
55	60.6	0.859	66.3	0.963	61.3	0.967	53.3	0.852	61.3	0.877
56	60.6	0.861	66.3	0.963	61.3	0.972	53.4	0.853	61.2	0.879
57	60.7	0.862	66.3	0.965	61.3	0.975	53.4	0.853	61.2	0.880
58	60.7	0.863	66.3	0.965	61.3	0.981	53.4	0.853	61.2	0.881
59	60.7	0.863	66.3	0.965	61.3	0.987	53.4	0.853	61.2	0.881
60	60.7	0.863	66.3	0.967	61.3	0.990	53.4	0.853	61.2	0.881

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ขอบเขตงานวิจัยและวิธีวัดข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ใช้ในการศึกษา โดยได้ทำการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เป็นจำนวน 5 ต้น บริเวณตึกอำนวยการ ชั้น 7 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการ บันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 พฤศจิกายน 2546 ถึงวันที่ 14 มกราคม 2547 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ดินที่ใช้ในการปลูกถั่วเหลืองเป็นดินสำเร็จรูปผสมใบก้ามปู ทรายดินแสงทอง
- ภาชนะที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปากภาชนะเป็น 40 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของก้นภาชนะเป็น 25 ซม. ความสูงของภาชนะเป็น 30 ซม.
- ปริมาณน้ำที่ใส่รดต้นถั่วเหลืองต่อครั้ง คือประมาณ 2000 ซม.<sup>3</sup> โดยรดน้ำวันละ 1 ครั้ง ในเวลา 18.00 น.
- ไม่มีการใส่ปุ๋ย
- ทำการวัดข้อมูลในช่วงเวลา 16.00 น. – 18.00 น.

### วิธีการวัดข้อมูล

- วัดความสูงของต้นถั่วเหลืองโดยใช้ไม้บรรทัด วัดความสูงโดยรวมทั้งต้น จากพื้นดิน ถึงยอด ใช้หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร ที่ทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยทำการเก็บข้อมูลทุกวัน
- วัดความกว้างของลำต้นโดยใช้ เวอร์เนีย (Vernier) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทุก ๆ ปล้อง ณ ตำแหน่งอ้างอิง ใช้หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร ที่ทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยทำการเก็บข้อมูลทุกวัน
- บันทึกข้อมูลการแตกกิ่งเฉพาะวันที่มีการแตกกิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียน

นายสันติชัย โลहितหาญ เกิดวันศุกร์ที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในปี พ.ศ. 2543 และเข้ารับการศึกษาคือต่อในระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคณาภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย