

**ผลผลิตของพืชและการเปลี่ยนแปลงของดิน
ในระบบวนเกษตร
กรณีการศึกษาบนดินภายหลังการทำเหมืองแร่ดีบุก
PRODUCTIVITY OF PLANTS AND SOIL CHANGES IN
AGROFORESTRY SYSTEM :
A CASE STUDY ON LAND AFTER TIN MINING**

ปรีชา ธรรมานนท์¹
พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู¹

Pricha Dhanmanonda
Pongsak Sahunafu

ABSTRACT

The reforestation experiment was conducted on tin mine tailings at Takua Pa district, Phangnga province. *Eucalyptus camaldulensis* was used for silvicultural plots, while pineapple and cassava were for agronomic plots. The mean annual stem biomass increment (MABT) of *E. camaldulensis* was only 0.13 ton ha⁻¹ yr⁻¹ without treatment. The biomass production rate of *E. camaldulensis* was improved by mulching treatment (MABT = 0.9 ton ha⁻¹ yr⁻¹) and clayey soil dressing with fertilization (MABT = 3.7 ton ha⁻¹ yr⁻¹). Organic matter application like compost and mulching seemed to be the most promising method to improved the deteriorated soil in the study site. Increase in pHw, OM, T-N, Av.N, Av.P, Ex.K and Ex.B were observed, while no remarkable change was observed in the others (EC, Ex. Ca, Ex. Mg, Ex. Na) during the five years of study. The crop cultivation trails revealed that the intensive care, including mulching treatment, could increase the yield of cassava and pineapple to the commercial level both in traditional system and in agroforestry system.

บทคัดย่อ

การปลูกสร้างสวนป่าบนพื้นที่ภายหลังจากการทำเหมืองแร่ดีบุก ได้กระทำที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ยูคาลิปตัส ความลาดชันขีต เป็นไม้ที่เลือกปลูกในแปลงป่าไม้ สับปะรด และมันสำปะหลัง เป็นพืชที่ปลูกในแปลงเกษตร ความเพิ่มพูนทางด้านมวลชีวภาพของลำต้นเฉลี่ยรายปีของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันขีตมีเพียง 0.3 ตัน/เฮกแตร์/ปี ในแปลงที่มีได้มีการปรับปรุงดิน mulching ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 0.9 ตัน/เฮกแตร์/ปี สำหรับ soil dressing (clayey soil + ปุ๋ยเทศบาล + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์) สามารถทำให้ผลผลิตสูงขึ้นถึง 3.7 ตัน/เฮกแตร์/ปี การใช้อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยเทศบาล และ mulching สามารถปรับปรุงให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง mulching ดูเหมือนว่าจะเป็นตัว

¹ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กทม. 10903

ที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้ดินเหมืองแร่มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มสูงขึ้น มาตรการต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงดินมีผลทำให้ pHw, OM, T-N, Av.N, Av.P, Ex.K และ Ex.B เพิ่มสูงขึ้นอย่างเด่นชัด ในขณะที่ EC, Ex. Ca, Ex. Mg, Ex. Na มิได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดในช่วงระยะเวลา 5 ปี ของการศึกษา การใช้ Mulching ร่วมกับปุ๋ยเป็นผลทำให้ผลผลิตของสับปะรดและมันสำปะหลังทั้งในแปลงที่ปลูกพืชเกษตร อย่างเดียวและแปลงที่ปลูกโดยระบบวนเกษตรเพิ่มสูงขึ้นถึงระดับที่สามารถทำในเชิงการค้าได้

คำนำ

ในเขตร้อนนั้น พืชพรรณธรรมชาติซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดนั้น ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตร สวนป่าและเหมืองแร่ ถ้าหากการจัดการเป็นไปอย่างถูกต้องแล้ว ก็จะสามารถใช้พื้นที่เหล่านั้นได้อย่างยั่งยืนตลอดไป อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่แล้วการจัดการพื้นที่ดังกล่าวแล้วนั้นจะเป็นไปในลักษณะของการใช้พื้นที่ในช่วงสั้น ๆ เท่านั้น ดังนั้นการใช้พื้นที่เหล่านั้นให้เกิดผลผลิตอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จึงเป็นสิ่งที่ยังไม่สามารถจะเป็นรูปธรรมขึ้นมาได้ ในกรณีของการทำเหมืองแร่ นั้น การปรับปรุงพื้นที่ภายหลังการทำเหมืองแร่แล้วนั้น กล่าวได้ว่ามิได้มีการวางแผนการไว้อย่างชัดเจนเลย ดังนั้นภายหลังการทำเหมืองแร่แล้ว จึงปล่อยให้พื้นที่ที่ถูกทอดทิ้งให้เป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่าอยู่เช่นนั้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ก็เพื่อที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้ให้คืนกลับมาสู่สภาพของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการที่จะให้ผลผลิตได้ ทั้งนี้โดยอาศัยวิธีการปรับปรุงพื้นที่ในลักษณะต่าง ๆ กัน รวมทั้งการนำหลักการของวนเกษตรมาประยุกต์ใช้ด้วย

สถานที่ศึกษา

สถานที่ศึกษาอยู่ภายในบริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์ อำเภอกะทู้ป่า จังหวัดพังงา ($8^{\circ} 52' N, 98^{\circ} 20' E$) ระดับของพื้นที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง 10 เมตร สภาพพื้นที่เป็น

เหมืองแร่ดีบุกเก่า ซึ่งได้หยุดทำเหมืองไปแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 ในพื้นที่ศึกษาพบว่าแทบจะไม่มีพืชพรรณใด ๆ ขึ้นอยู่เลย (Tanpibal และ Sahunlu, 1989) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ในพิสัย, 2388–4721 มิลลิเมตรต่อปี (ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2528–2532) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีอยู่ในพิสัย $39.4-42.0^{\circ}$ เซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษามีขนาด 1.2 เฮกแตร์ ลักษณะเป็นพื้นที่ราบ มีความลาดชันเพียง 1.8° แปลงทดลองมีขนาด 30 เมตร $\times$ 40 เมตร จำนวน 8 แปลง โดยทำการวางแผนแปลงในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2528 รายละเอียดแสดงอยู่ใน Fig. 1 และ Table 1

การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลปีละ 1–2 ครั้ง เริ่มจากปี พ.ศ. 2528–2532 (Table 2) โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับซิดดิน (D_0) ที่ระดับ 30 เซนติเมตร (D_{30}) ที่ความสูงเพียงอก (1.30 เมตร, DHB) ความสูงทั้งหมด (H) และความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก (H_B) ของต้นไม้แต่ละต้น ในแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล จะบันทึกไม้ที่ตายไว้ด้วย แต่เมื่อมีการแตกหน่อออกมาใหม่จากต้นเดิม ต้นไม้ดังกล่าวก็จะถูกจำแนกว่าเป็นต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ ในกรณีที่ต้นไม้ตาย และไม่มีการแตกหน่อใหม่แล้วจะทำการปลูกซ่อม แต่ไม้นี้ไม่นำมาปลูกซ่อมนี้จะไม่นำมาวิเคราะห์มวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้นนั้นประมาณ

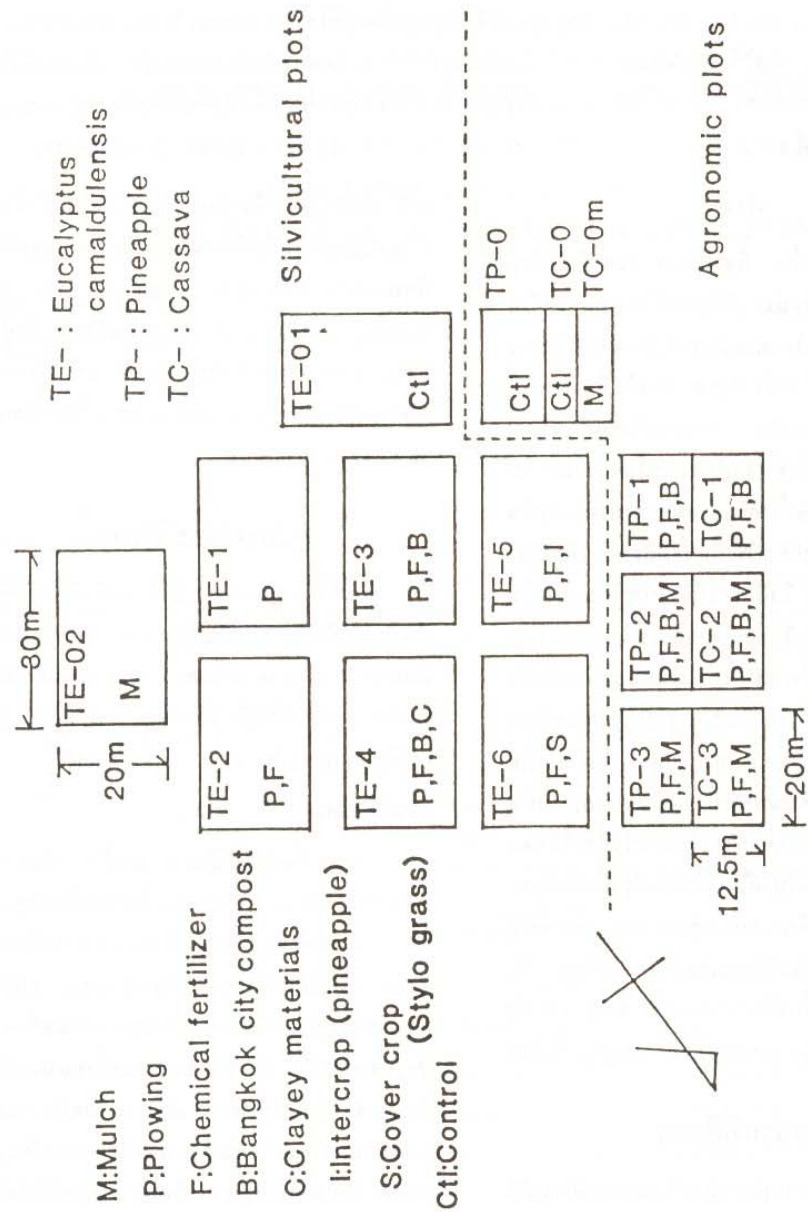


Fig. 1 Design of Takua Pa Experimental Site.

Table 1 Experimental desing at Takua Pa experimental site, a tin mined spoil land. Plot size was 600 m², and the spacing of trees was 2m×2m.

Plot	Sp. ¹⁾	Plowing ²⁾	CF ³⁾	Compost ⁴⁾	Mulch ⁵⁾	Soil ⁶⁾	Intercrop	Coverplant ⁷⁾
		(ton/ha/yr)	dressing ('85 – '88)		('85 – '89)			
TE-01	Ec	—	—	—	—	—	—	—
TE-02	Ec	—	—	—	13.3 – 33.3	—	—	—
TE-1	Ec	+	—	—	—	—	—	—
TE-2	Ec	+	1.67	—	—	—	—	—
TE-3	Ec	+	1.67	12.5	—	—	—	—
TE-4	Ec	+	1.67	12.5	—	+	—	—
TE-5	Ec	+	1.67	—	—	—	Pineapple	—
TE-6	Ec	+	1.67	—	—	—	—	Stylosanthes

1) Ec : *Eucalyptus camaldulensis*. G-month old saplings were transplanted in May, 1985.

2) Plowing : By farm tractor in May, 1985, and by hoe from 1986 at the time of fertilizer application.

3) chemical fertilizer : 15:15:15 N:P:K.

4) Compost : Bangkok compost No. 1 made of city waste.

5) Mulching : *Imperata cylindrica* (33.3 ton fw./ha) mulched on the forest floor in Dec. 1985, and the grass was added in Dec. 1986 (13.3 ton/ha), Jan. 1988 (16.7 ton/ha) and Jan. 1989 (16.7 ton/ha).

6) Soil dressing : Clay soils were put into each of 0.5 m × 0.5 m × 0.5 m transplanting hole.

7) Seeds of *stylosanthes* spp. were repeatedly sown from 1985 to 1988.

Table 2 Schedule of tree censuses in silvicultural plots, Census no.0 denoted the date of transplanting in years.

Census No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Takua Pa									
Date	'85 May 13	'85 Oct 28	'86 Apr 14	'87 Apr 22	'87 Oct 8	'88 Apr 3	'88 Oct 7	'89 Apr 25	'89 Oct 10
T	0	.46	.92	1.94	2.41	2.89	3.41	3.95	4.41

โดยใช้สมการแอลโลเมตรีจากไม้ตัวอย่าง

คุณสมบัติทางเคมีของดินนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ด้วย (ในวงเล็บ) และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

pH ในน้ำ (pHw) และ/หรือ IN-NCI (pHk) โดยใช้ดิน : สารละลาย IN-KCl ในอัตรา 1:5

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยใช้ดิน : น้ำในอัตรา 1:5

อินทรียวัตถุ (OM) วิเคราะห์โดย Walkley-Balck method

ไนโตรเจนทั้งหมด (T-N) วิเคราะห์โดย wetdigestion and distillation

ไนโตรเจนที่มีพืชสามารถใช้ได้ (Av.N) distillation โดย N-NKCl extract

ฟอสฟอรัสที่มีพืชสามารถใช้ได้ (Av.P) วิเคราะห์โดย Bray No.2

แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Ex.Ca, Ex.Mg,

Ex.K และ Ex.Na) ใช้ N-ammonium acetate (pH7) extraction

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ใช้ N-ammonium acetate (pH7)

ความเป็นกรด (ไฮโดรเจนและอลูมิเนียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Ex.H และ Ex.Al) ใช้ N-KCl extraction

ผลและวิจารณ์ผล

สมการแอลโลเมตรี

ค่าคงที่ (a, h) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) ของสมการแอลโลเมตรีที่ใช้สำหรับประมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และรากของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันแสดงอยู่ใน Table 3 สำหรับขนาดเฉลี่ยของต้นไม้ อัตราส่วนของการอดตาย และมวลชีวภาพของต้นไม้ สำหรับการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งนั้นแสดงอยู่ใน Table 4.1–4.8 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณนั้นมิได้นำไม้ริมแปลงซึ่งปลูกไว้เพื่อเป็น buffer มาคิดด้วย

Table 3 Coefficients of allometric relations used in the present study. Allometric equations was expressed as $y = ax^h$, where x and y represented D_{30} 2H (cm, m) and weight of each organ in gram.

Site	Sp'	organ	Coefficient		r^2
			a	h	
Takua Pa	Ec	Stem	30.65	0.8140	0.990
		Branches	3.588	0.9220	0.936
		Leaves	25.17	0.6734	0.923
		Roots	30.78	0.8346	0.975

1) Code of species names Ec : Eucalyptus camaldulensis

Table 4.1 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE-01 (control plot). YS, YB, YL, YR, YT and Y denotes the stem, branch, leaves, roots, aboveground, and total biomass, respectively. For the date of tree census, see Table 2.

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	103	98	96	96	95	94	93
Survival	1.00	1.00	0.99	0.94	0.92	0.92	0.91	0.9	0.89
DO Mean (cm)	—	0.93	1.02	1.41	1.78	2.06	—	2.57	—
SD	—	0.19	1.26	0.38	0.57	0.67	—	0.90	—
D 30 Mean (cm)	—	0.61	0.65	0.96	1.29	1.32	1.67	1.88	2.04
SD	—	0.14	0.17	0.28	0.49	0.49	0.60	0.70	0.82
DBH Mean (cm)	—	0.00	0.01	0.27	0.47	0.68	0.92	1.11	1.24
SD	—	0.00	0.04	0.30	0.41	0.41	0.51	0.66	0.68
H Mean (m)	0.42	0.79	0.95	1.42	1.52	1.88	2.10	2.26	2.49
SD	0.04	0.15	0.20	0.30	0.45	0.49	0.58	0.68	0.74
YS (t/ha)	0.00074	0.0302	0.0392	0.099	0.179	0.215	0.341	0.443	0.553
YB (t/ha)	0.00000	0.0032	0.0043	0.012	0.025	0.030	0.051	0.069	0.089
YL (t/ha)	0.00089	0.0286	0.0354	0.075	0.120	0.141	0.206	0.254	0.303
YR (t/ha)	0.00042	0.0297	0.0389	0.101	0.185	0.224	0.358	0.469	0.590
YT (t/ha)	0.00163	0.0620	0.0789	0.187	0.324	0.386	0.598	0.766	0.945
Y (t/ha)	0.00205	0.0917	0.1178	0.288	0.509	0.610	0.956	1.235	1.534

การเปรียบเทียบผลผลิตของต้นไม้ในแปลงทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพทั้งหมดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ซึ่งปลูกไว้ในแปลงควบคุม (TE-01) นั้นแสดงอยู่ใน Fig. 2 ในทุกมาตรการที่ใช้ปรากฏว่า การเจริญเติบโตในรูปของมวลชีวภาพนั้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงเวลาของการเก็บข้อมูลในครั้งแรกอัตราการเจริญเติบโตจะลดลงอย่างรวดเร็วในแปลงควบคุม (TE-01) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูฝนแรกนั้นอาจจะเป็นผลมาจากดินที่ใช้เพาะชำกล้าไม้และปฐพีวิทยาศาสตร์ที่ใส่ลงไปในช่วงการย้ายปลูกก็เป็นได้

อัตราการเพิ่มผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพจาก พ.ศ. 2529 นั้นสะท้อนให้เห็นถึงคุณสมบัติ

ของดินอย่างเด่นชัด กล่าวคือ การที่ดินมีธาตุอาหารอินทรีย์วัตถุ และความสามารถในการอุ้มน้ำค่านั้นเป็นตัวที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทั้ง ๆ ที่ไม้ชนิดนี้มีความสามารถทนแล้งได้สูงก็ตาม มวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เมื่ออายุได้ 4.4 ปี มีเพียง 1.53 ตัน/เฮกแตร์เท่านั้น

ในเขตร้อน อัตราการเพิ่มทุนรายปีของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่มีอายุ 7-15 ปีนั้น แปรผันอยู่ระหว่าง 5.8-15.5 ตัน/เฮกแตร์/ปี (Lugo และคณะ 1988)

การกระจายของมวลชีวภาพในส่วนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ผลผลิตของต้นไม้ในรูปของมวลชีวภาพนั้น

Table 4.2 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE–02 (mulching plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	102	102	102	102	100	99
Survival	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.95
DO Mean (cm)	–	0.97	1.35	3.18	4.18	4.41	–	5.20	–
SD	–	0.23	0.29	0.75	1.17	1.37	–	1.94	–
D 30 Mean (cm)	–	0.64	0.94	2.53	3.23	3.33	3.95	4.38	4.88
SD	–	0.16	0.23	0.63	1.05	1.14	1.55	1.76	2.13
DBH Mean (cm)	–	0.00	0.10	1.28	1.93	2.09	2.54	2.91	3.31
SD	–	0.00	0.18	0.62	0.93	0.98	1.20	1.41	1.65
H Mean (cm)	0.42	0.79	1.23	2.12	2.65	3.07	3.45	3.93	4.37
SD	0.04	0.15	0.24	0.55	0.80	0.93	1.09	1.41	1.69
YS (t/ha)	0.00074	0.0326	0.872	0.679	1.296	1.553	2.340	3.083	4.111
YB (t/ha)	0.00000	0.0035	0.0106	0.108	0.228	0.280	0.449	0.618	0.862
YL (t/ha)	0.00089	0.0304	0.0689	0.374	0.631	0.732	1.019	1.269	1.598
YR (t/ha)	0.00042	0.0322	0.0881	0.723	1.406	1.693	2.580	3.428	4.610
YT (t/ha)	0.00163	0.0665	0.1667	1.162	2.156	2.565	3.807	4.970	6.571
Y (t/ha)	0.00205	0.0987	0.2549	1.885	3.562	4.258	6.388	8.399	11.181

Table 4.3 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE–1 (plowing plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	103	103	103	102	102	100
Survival	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.96
DO Mean (cm)	–	0.87	0.94	1.47	1.87	1.88	–	2.04	–
SD	–	0.19	0.21	0.39	0.55	0.57	–	0.70	–
D 30 Mean (cm)	–	0.53	0.62	1.03	1.31	1.33	1.45	1.52	1.80
SD	–	0.13	0.15	0.27	0.43	0.41	0.47	0.58	0.76
DBH Mean (cm)	–	0.00	0.01	0.35	0.61	0.72	0.89	1.01	1.20
SD	–	0.00	0.03	0.25	0.33	0.34	0.39	0.45	0.56
H Mean (cm)	0.42	0.79	1.04	1.54	1.65	1.93	2.19	2.34	2.49
SD	0.04	0.12	0.18	0.30	0.35	0.42	0.46	0.61	0.66
YS (t/ha)	0.00074	0.0238	0.0384	0.121	0.198	0.225	0.289	0.346	0.486
YB (t/ha)	0.00000	0.0024	0.0042	0.015	0.027	0.031	0.042	0.052	0.077
YL (t/ha)	0.00089	0.0235	0.0350	0.090	0.134	0.150	0.183	0.209	0.275
YR (t/ha)	0.00042	0.0233	0.0380	0.123	0.205	0.234	0.302	0.363	0.517
YT (t/ha)	0.00163	0.0498	0.0776	0.226	0.360	0.407	0.514	0.607	0.838
Y (t/ha)	0.00205	0.0730	0.1155	0.350	0.565	0.640	0.816	0.970	1.355

Table 4.4 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE – 2 (chemical fertilizer plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	85	83	83	82	82	82
Survival	1.00	1.00	1.00	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79
DO Mean (cm)	–	1.52	2.12	4.56	6.30	6.75	–	7.31	–
SD	–	0.24	0.40	1.66	1.99	2.02	–	2.37	–
D 30 Mean (cm)	–	1.05	1.55	3.68	5.00	5.54	6.28	6.34	7.50
SD	–	0.18	0.32	1.47	1.83	1.87	2.03	2.13	2.34
DBH Mean (cm)	–	0.01	0.42	2.38	3.33	4.13	4.48	4.57	5.31
SD	–	0.05	0.30	1.35	1.55	1.55	1.80	1.80	2.18
H Mean (cm)	0.42	1.05	1.54	2.69	3.85	4.56	5.19	5.54	6.17
SD	0.40	0.16	0.21	0.86	1.18	1.36	1.51	1.74	2.11
YS (t/ha)	0.00074	0.0895	0.2316	1.424	2.987	3.977	5.307	5.726	8.194
YB (t/ha)	0.00000	0.0108	0.0318	0.262	0.606	0.837	1.160	1.268	1.901
YL (t/ha)	0.00089	0.0709	0.1553	0.653	1.208	1.535	1.947	2.069	2.785
YR (t/ha)	0.00042	0.0904	0.2396	1.559	3.330	4.464	6.000	6.490	9.370
YT (t/ha)	0.00163	0.1712	0.4186	2.340	4.801	6.348	8.414	9.063	12.879
Y (t/ha)	0.00205	0.2616	0.6583	3.899	8.131	10.812	14.414	15.553	22.249

Table 4.5 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE – 3 (compost plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	88	88	85	83	80	79
Survival	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	0.82	0.80	0.77	0.76
DO Mean (cm)	–	1.74	2.42	4.95	6.98	7.07	–	8.28	–
SD	–	0.20	0.43	1.94	2.11	2.05	–	2.42	–
D 30 Mean (cm)	–	1.20	1.72	4.04	5.42	6.05	6.82	7.16	7.36
SD	–	0.16	0.34	1.79	1.94	2.04	2.20	2.48	2.80
DBH Mean (cm)	–	0.04	0.53	2.59	3.71	4.31	4.99	5.22	5.36
SD	–	0.09	0.38	1.69	1.65	1.66	1.98	1.96	2.57
H Mean (cm)	0.42	1.15	1.57	2.91	4.31	4.90	5.64	5.53	6.14
SD	0.04	0.27	0.28	1.13	1.26	1.29	1.65	2.22	2.45
YS (t/ha)	0.00074	0.1178	0.2822	1.934	3.905	4.888	6.546	6.725	8.084
YB (t/ha)	0.00000	0.0147	0.0398	0.373	0.812	1.049	1.468	1.529	1.897
YL (t/ha)	0.00089	0.0891	0.1827	0.838	1.527	1.834	2.324	2.346	2.710
YR (t/ha)	0.00042	0.1197	0.2935	2.134	4.374	5.508	7.437	7.660	9.264
YT (t/ha)	0.00163	0.2216	0.5047	3.144	6.245	7.771	10.337	10.599	12.690
Y (t/ha)	0.00205	0.3413	0.7982	5.278	10.619	13.279	17.775	18.260	21.954

Table 4.6 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE – 4 (dressing plot)

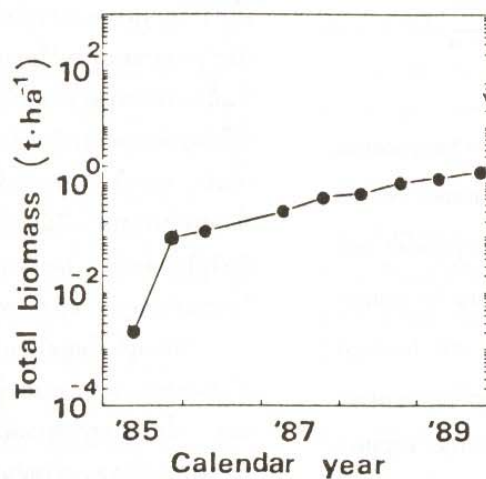
Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	102	101	100	99	91	91
Survival	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.88	0.88
DO Mean (cm)	–	3.76	4.65	7.29	8.61	9.12	–	9.75	–
SD	–	0.85	0.95	1.59	2.02	2.04	–	2.60	–
D 30 Mean (cm)	–	3.04	3.78	6.44	7.54	8.29	8.79	8.77	9.34
SD	–	0.72	0.78	1.57	1.91	1.98	2.29	2.54	2.75
DBH Mean (cm)	–	1.57	2.41	4.75	5.56	6.19	6.61	6.80	7.18
SD	–	0.75	0.76	1.42	1.68	1.82	2.06	2.17	2.55
H Mean (cm)	0.42	2.32	2.73	4.82	6.21	6.85	7.76	7.70	8.30
SD	0.04	0.52	0.54	1.28	1.42	1.63	2.08	2.66	2.94
YS (t/ha)	0.00074	1.0069	1.6055	6.154	9.584	11.943	14.650	13.421	16.385
YB (t/ha)	0.00000	0.1688	0.2854	1.318	2.173	2.792	2.539	3.257	4.097
YL (t/ha)	0.00089	0.5202	0.7682	2.312	3.339	4.000	4.708	4.289	5.045
YR (t/ha)	0.00042	1.0824	1.7454	6.932	10.915	13.681	16.886	15.482	19.009
YT (t/ha)	0.00163	1.6959	2.6590	9.784	15.096	18.735	22.897	20.966	25.528
Y (t/ha)	0.00205	2.7784	4.4044	16.716	26.011	32.415	39.783	36.448	44.537

Table 4.7 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE – 5 (agroforestry plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	104	102	81	79	79	76	75
Survival	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	0.76	0.76	0.73	0.72
DO Mean (cm)	–	1.59	2.03	4.91	5.82	6.50	–	7.75	–
SD	–	0.27	0.38	0.99	2.07	2.17	–	2.46	–
D 30 Mean (cm)	–	1.06	1.45	4.26	4.65	5.50	6.38	6.60	7.38
SD	–	0.21	0.29	0.93	1.91	1.99	2.41	2.41	2.83
DBH Mean (cm)	–	0.02	0.37	2.82	3.06	3.89	4.55	4.72	5.25
SD	–	0.08	0.32	0.91	1.59	1.66	2.03	2.06	2.55
H Mean (cm)	0.42	1.09	1.43	3.08	3.57	4.34	4.91	5.47	5.61
SD	0.04	0.18	0.27	0.68	1.13	1.24	1.46	1.94	2.08
YS (t/ha)	0.00074	0.0955	0.1985	2.131	2.511	3.603	5.209	5.828	7.151
YB (t/ha)	0.00000	0.0117	0.0267	0.395	0.502	0.755	1.150	1.1317	1.665
YL (t/ha)	0.00089	0.0745	0.1365	0.967	1.036	1.399	1.892	2.056	2.425
YR (t/ha)	0.00042	0.0967	0.2046	2.335	2.791	4.040	5.900	6.630	8.182
YT (t/ha)	0.00163	0.1818	0.3616	3.492	4.049	5.750	8.251	9.200	11.241
Y (t/ha)	0.00205	0.2784	0.5662	5.827	6.840	9.796	14.152	15.830	19.424

Table 4.8 Survival and growth of *E. camaldulensis* planted in TE-6 (cover plant plot)

Census	0	1	2	3	4	5	6	7	8
N of tree	104	104	103	80	79	78	78	76	73
Survival	1.00	1.00	0.99	0.77	0.76	0.75	0.75	0.73	0.70
DO Mean (cm)	–	1.36	1.75	3.88	5.24	6.06	–	7.52	–
SD	–	0.26	0.38	1.50	2.29	2.19	–	2.19	–
D 30 Mean (cm)	–	0.89	1.44	3.12	3.91	4.63	5.54	5.87	6.56
SD	–	0.19	1.34	1.25	2.07	2.20	2.45	2.41	2.68
DBH Mean (cm)	–	0.00	0.21	1.72	2.34	3.15	3.85	4.19	4.73
SD	–	0.02	0.26	1.02	1.47	1.71	1.86	1.86	2.10
H Mean (cm)	0.42	0.97	1.25	2.20	2.90	3.62	4.28	4.65	5.21
SD	0.04	0.18	0.23	0.67	0.99	1.36	1.43	1.73	1.73
YS (t/ha)	0.00074	0.0661	0.2225	0.860	1.718	2.577	3.839	4.309	5.420
YB (t/ha)	0.00000	0.0077	0.0353	0.149	0.333	0.525	0.819	0.934	1.215
YL (t/ha)	0.00089	0.0549	0.1342	0.428	0.739	1.039	1.455	1.599	1.925
YR (t/ha)	0.00042	0.0663	0.2356	0.931	1.898	2.874	4.321	4.864	6.158
YT (t/ha)	0.00163	0.1287	0.3920	1.437	2.790	4.141	6.114	6.842	8.560
Y (t/ha)	0.00205	0.1949	0.6277	2.368	4.688	7.016	10.434	11.707	14.718

**Fig. 2** Biomass growth of *Eucalyptus camaldulensis* plantation in control plot of the study site.

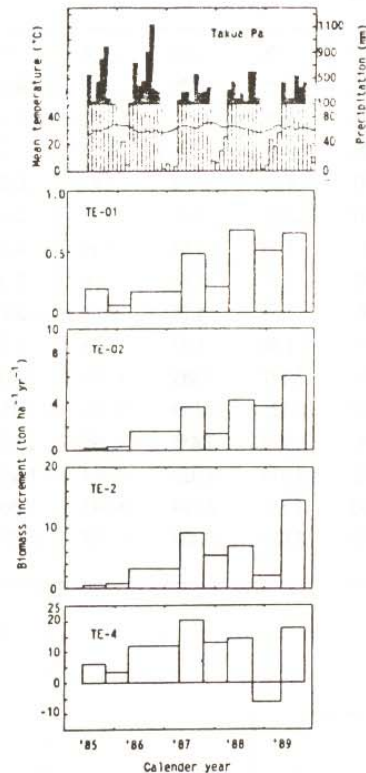


Fig. 3 Seasonality of biomass increment in *Eucalyptus camaldulensis* plantation in the study site. Monthly mean temperature and precipitation are shown following the manner of Walter's climate diagram, and biomass increment rate between succeeding censuses are shown for some plots. The negative biomass increment in TE - 4 was caused by the death of large trees after an abnormal defoliation in 1988.

จะผันแปรไปตามคุณภาพของพื้นที่ และการกระจายของมวลชีวภาพในส่วนของใบ ลำต้น กิ่ง และราก ก็จะแปรเปลี่ยนไปตามคุณภาพของพื้นที่ด้วยเช่นกัน

อัตราส่วนของมวลชีวภาพของรากต่อมวลชีวภาพทั้งหมดนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มของมวลชีวภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนของรากต่อมวลชีวภาพทั้งหมดนั้นจะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับผลผลิต ดังนั้นอัตราส่วนของรากต่อผลผลิตจึงมีค่าสูงกว่าในสภาพพื้นที่ที่มีคุณภาพของพื้นที่ต่ำ ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการศึกษายของ Yoda และ Sahunulu (1991)

การเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ตามฤดูกาลและชนิดตามฤดูกาล

จากสภาพภูมิอากาศแสดงให้เห็นว่า ช่วงฤดูแล้งนั้น มีความยาวต่อเนื่องกันประมาณ 3-5 เดือน การเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการเจริญเติบโตกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมินั้นแสดงอยู่ใน Fig. 3 เนื่องจากเวลาของการเก็บข้อมูลนั้นมิได้ตรงกับช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะอธิบายให้เห็นถึงผลของฤดูกาลที่มีต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้อย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพทั้งหมดในรอบหนึ่งปีนั้นก็มีความแปรผันแตกต่างกันไปในแต่ละปี โดยอัตราการเพิ่มพูนจะสูงกว่าในระหว่างฤดูฝน หลังปี พ.ศ. 2530

ในการเก็บข้อมูลในแปลง TE-4 ในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2530 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2531 นั้นปรากฏว่าการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพมีลักษณะลดน้อยลงอย่างเด่นชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากการตายของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ในปี พ.ศ. 2530 ซึ่งการตายของต้นไม้มีสาเหตุมาจากการร่วงของใบที่มีลักษณะผิดปกติ

ผลของมาตรการต่าง ๆ ที่ใช้กับการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส

เนื่องจากดินในพื้นที่ศึกษาขาดความอุดมสมบูรณ์ ดังนั้นผลของปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพจึงปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัด (Fig. 4) มวลชีวภาพทั้งหมดของยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส อายุ 4.4 ปี ในแปลงที่มีใส่ปุ๋ย (TE-01 และ TE-1) มีค่าเท่ากับ 1.445 ± 0.127 ตัน/เฮกแตร์ การใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์และปุ๋ยเทศบาลนั้นสามารถทำให้มวลชีวภาพเพิ่มสูงขึ้นเป็น $19.59 + 3.48$ ตัน/เฮกแตร์ (TE-2, 3, 5, 6) สำหรับแปลง TE-04 ซึ่งเป็น soil dressing (clay + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ + ปุ๋ยเทศบาล) ปรากฏว่าได้ผลผลิตสูงถึง 44.53 ตัน/เฮกแตร์

สำหรับแปลงที่ใช้ mulching ปรากฏว่าได้ผลผลิต 11.2 ตัน/เฮกแตร์ หรือประมาณ 8 เท่าของแปลงที่มีใส่ปุ๋ยการใช้ mulching นั้นได้กระทำในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2529 โดยทำในแปลง TE-02 ซึ่งก่อนหน้านั้นแปลง TE-02 ก็ใช้มาตรการเดียวกันกับแปลง TE-01 (แปลงควบคุม) นั่นเอง ภายหลังการทำ mulching แล้วปรากฏว่าอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้เพิ่มอย่างรวดเร็ว (Fig. 4) ซึ่งทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการใช้ mulching นั้น มีผลต่อการลดการระเหยน้ำจากดิน ดังนั้น ปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในดินจึงมีมากกว่าในแปลงที่มีใส่ปุ๋ย mulching นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิของผิวดินก็ยังลดน้อยลงด้วย

การรอดตายของต้นไม้มีอัตราสูงในแปลงที่มีใส่ปุ๋ยและในแปลง TE-04 ซึ่งเป็น soil dressing (มากกว่า 90%) เมื่อต้นไม้มีอายุ 4.4 ปี และมีอัตราต่ำในแปลงที่ใส่ปุ๋ย (70–80%) ดังแสดงอยู่ใน Fig. 5 อัตราการตายสูงนั้นพบอยู่ 3 ครั้ง กล่าวคือ จาก พ.ศ. 2529–2530 ในแปลงที่ใส่ปุ๋ย ยกเว้น TE-4 และ TE-5 และในระหว่างฤดูฝน

ของปี พ.ศ. 2530 ในแปลง TE-5 และในระหว่างฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2531–2532 ในแปลง TE-4 อัตราการตายสูงของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส ในแปลง TE-4 ติดตามมาด้วยการร่วงของใบอย่างผิดปกติในปี พ.ศ. 2531

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า soil dressing และ mulching เป็นสิ่งที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการปลูกสร้างสวนป่าของพื้นที่แห่งนี้ ทั้งนี้เพื่อให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีอัตราการรอดตายสูง

คุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

คุณสมบัติเดิมของดินทางด้านกายภาพและเคมี โดยสรุปแสดงอยู่ใน Table 5

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการทางเคมีของดินชั้นบน และดินชั้นล่าง (20 เซนติเมตร จากผิวดิน) สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน ทั้งในแปลงป่าไม้และในแปลงที่ปลูกพืชเกษตร (มันสำปะหลัง และสับปะรด) คุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ pHw, OM, T-N, Av.N, Av.P, Ex.K และผลรวมของ Ex.B คุณสมบัติตัวอื่น ๆ ที่มีได้กล่าวถึงนั้น เนื่องจากพบว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา และส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่มีได้ทำการวิเคราะห์มาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นพวกที่นำมากล่าวไว้ในที่นี้ก็คือพวกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้เด่นชัด และได้ทำการวิเคราะห์มาอย่างต่อเนื่อง

ในแปลงที่ปลูกป่าปรากฏว่า pHw ของดินชั้นบนมีค่าประมาณ 5.0 สำหรับดินชั้นล่างนั้นมีพิสัยอยู่ระหว่าง 4.5–5.0 การใส่ปุ๋ยเทศบาลนั้นเป็นผลทำให้ pH ของดินชั้นบนและดินชั้นล่างสูงขึ้นมากกว่า 6.0 และ 7.0 ตามลำดับ การผันแปรของ pHw นั้นพบว่ามีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใน

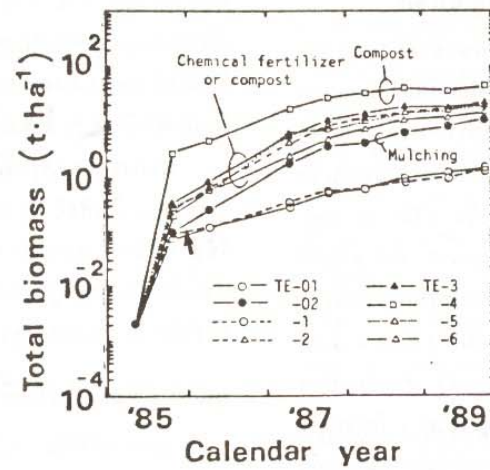


Fig. 4 Biomass growth of *Eucalyptus camaldulensis* plantation in the study site. An arrow indicates the start of mulching experiment in TE-20

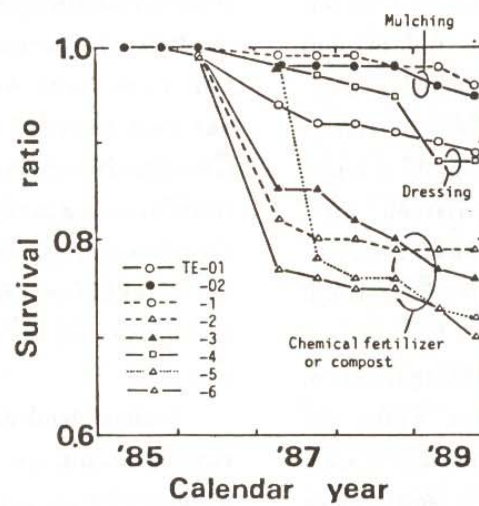


Fig. 5 Survival curves of *Eucalyptus camaldulensis* in the study site.

Table 5 Chemical and physical properties of original soils

Plot Depth	pHw	EC uS/cm	OM %	T-N	Av.N	Av.P ppm	Ex.K	Ex.Al	TA	Ex.B	CEC meq/100g	Sand	Silt %	clay
TE-01 0–20cm	5.2	33	0.09	67	14	4	10	0	0.31	0.24	0.36	97	3	0
20–40cm	5.1	30	0.03	18	14	3	10	0	0.33	0.25	0.44	99	1	0
40–60cm	5.1	29	0.05	46	11	2	10	0	0.40	0.14	0.28	99	1	0

pHw, pH measured in water ; EC, Electric conductivity ; OM Organic matter ;

Av.P, Available phosphorus ; Ex.K, Exchangeable K ; T-N, Total nitrogen ;

Av.N, Available nitrogen ; Ex.Al, Exchangeable Al ; TA, Total acidity ;

Ex.B, Sum of the exchangeable bases CEC, Cation exchange capacity ;

หลังการใส่ปุ๋ยเทศบาลและ/หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ กล่าวคือตัวแรกทำให้ pHw เพิ่มขึ้นและตัวหลัง ทำให้ pHw ลดต่ำลง ก่อนเริ่มการศึกษานั้นปริมาณของอินทรีย์วัตถุ ในพื้นที่แห่งนี้อยู่ในระดับที่ต่ำมาก อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดปีที่ 4 แล้วปรากฏว่าปริมาณของอินทรีย์วัตถุบนดินชั้นบนเพิ่มสูงขึ้นทุกแปลง ในแปลง TE-02 นั้นหญ้าคาซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมดิน (mulching) มิได้หลงเหลืออยู่ในดินมากกว่าแปลง TE-3 และ TE-4 ซึ่งใส่ปุ๋ยเทศบาล แต่ประการใด จากการศึกษาโดยการสังเกตพบว่า ปุ๋ยเทศบาลนั้นมิได้สลายตัว แต่ยังคงอยู่ในดิน ในรูปของอนุภาคเป็นเวลาที่ยาวนานในทางตรงกันข้าม แปลง TE-02 นั้นสีของดินเองได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และพบว่ามีสัตว์ในดินขนาดใหญ่ (ส่วนใหญ่คือ ไส้เดือน) อยู่ในดินชั้นบน (0–10 เซนติเมตร) ถึงแม้ว่าการพบไส้เดือนจะมีได้มีส่วนที่สะท้อนให้เห็นถึงผลของการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็ตาม แต่ก็ได้แสดงให้เห็นว่า mulching นั้นเป็นผลทำให้กิจกรรมทางด้านชีวภาพของดินเพิ่มสูงขึ้น

สำหรับคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ นั้นมิได้มีการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน กล่าวคือดินในแปลงศึกษาที่ยังคงเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมากอยู่เช่นเดิม ในบรรดาสิ่งต่าง ๆ ที่

วิเคราะห์นั้นปรากฏว่าปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับที่ต่ำมากที่สุด ดังนั้นการใส่อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยเทศบาลและการใช้ mulching นั้นสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ นอกจากนี้ mulching ยังเป็นตัวที่ทำให้กิจกรรมทางชีวภาพของดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดที่ทำให้กิจกรรมทางชีวภาพของดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดที่ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (Syers และ Springett, 1984)

ในแปลงที่ปลูกพืชเกษตร ปรากฏว่าแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกันกับในแปลงป่าไม้ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเทศบาลและปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ในแปลงป่าไม้นั้นมีอัตราสูงกว่าในแปลงเกษตร ดังนั้นความแตกต่างระหว่างแปลงที่ใส่ปุ๋ยกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยในแปลงป่าไม้จึงมีความแตกต่างมากกว่าในแปลงที่ปลูกพืชเกษตร อย่างไรก็ตามในแปลงที่ปลูกพืชเกษตรโดยใช้ mulching ปรากฏว่าปริมาณไส้เดือนซึ่งอยู่ภายใต้หญ้าคาที่ใช้คลุมดินนั้น มิได้มีปริมาณมากเหมือนกับในแปลงที่ปลูกพืชป่าไม้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการไถพรวนที่ได้กระทำทุกปี เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกครั้งต่อไปก็เป็นไปได้

ผลผลิตของพืชเกษตร

เพื่อต้องการที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปลูกพืชเกษตรบนพื้นที่ดินภายหลังจากการทำเหมืองแร่ดีบุก ดังนั้นจึงได้ทดลองปลูกมันสำปะหลังและสับปะรดลงบนพื้นที่ดังกล่าว ผลผลิตของมันสำปะหลัง (ในรูปของน้ำหนักแห้ง, ดัน/เฮกแตร์) จากปี พ.ศ. 2530-2533 แสดงอยู่ใน Table 6 ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตสูงสุดในแปลง TC-2 ซึ่งเป็นแปลงที่ใช้ mulching ปุ๋ยเทศบาล และปุ๋ยวิทยาศาสตร์รวมกัน สำหรับผลผลิตของมันสำปะหลังในแปลง TC-1 และ TC-3 นั้นปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ในทางตรงกันข้าม แปลงควบคุม (TC-0) นั้นสามารถเก็บรวบรวมเศษซากพืชได้อย่างไรก็ตามหากใช้แต่เฉพาะ mulching เท่านั้น (TC-OM) ปรากฏว่าผลผลิตของมันสำปะหลังหลังที่ได้จะมีค่าประมาณ 1/4 ของแปลง TC-3 ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ mulching ได้อย่างเด่นชัด

ถึงแม้ว่ามาตรการที่ใช้ในแปลง TC-2 สามารถให้ผลผลิตที่สูงสุดภายใต้สภาพที่ดินมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีที่เลวมากก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาถึงทางด้านเศรษฐกิจแล้ว มาตรการนี้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้ ในทางตรงกันข้าม การใช้ mulching เป็นสิ่งซึ่งสามารถที่จะกระทำได้ ทั้งนี้เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวหัวค้าได้โดยง่ายจากพื้นที่ที่กว้างเปล่าในบริเวณที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ทดลองนั่นเอง ยิ่งไปกว่านั้นการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ร่วมกับ mulching จะเป็นการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้อย่างแน่นอน

Table 6 และ 7 แสดงให้เห็นถึงมวลชีวภาพทั้งหมดของมันสำปะหลังและสับปะรด Table 8 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังและสับปะรดในแต่ละมาตรการที่ใช้ ในกรณีของมันสำปะหลังนั้น น้ำหนักแห้งเป็นเพียงประมาณ 25%

ของน้ำหนักสดเท่านั้น ผลผลิตในรูปของน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลัง ในปี พ.ศ. 2529 นั้นมีปริมาณเท่ากับค่าเฉลี่ยของผลผลิตในปี พ.ศ. 2530 และ 2531

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของมันสำปะหลังในประเทศในรูปของน้ำหนักสดจากปี พ.ศ. 2523-2532 มีค่าเท่ากับ 14.98 ดัน/เฮกแตร์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2532) Verapattananiurund และคณะ (1988) รายงานได้ว่า ผลผลิตของมันสำปะหลังซึ่งปลูกบนดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งใช้วิธีการปลูกโดยการไถพรวนพื้นที่ด้วยรถแทรกเตอร์ และมีการฉาบน้ำพืช 3 ครั้งต่อปี นั้นให้ผลผลิตในรูปของน้ำหนักสด 18.6 ดัน/เฮกแตร์ เมื่อเทียบกับผลผลิตในรูปของน้ำหนักสด 21.2 ดัน/เฮกแตร์ ในแปลง TC-2 ในปี พ.ศ. 2529 แล้ว จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ได้นั้นมีศักยภาพมากกว่าผลผลิต โดยเฉลี่ยของมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเสียอีก ดังนั้นการที่จะปลูกมันสำปะหลังในดินภายหลังจากการทำเหมืองแร่ ทั้งในรูปของการปลูกมันสำปะหลังอย่างเดี่ยว และในรูปของวนเกษตรจึงเป็นสิ่งที่น่าจะเป็นไปได้ El-Sharkawg และ Cock (1987) รายงานไว้ว่าการใช้มันสำปะหลังสายพันธุ์ CM 507-37 ในประเทศโคลัมเบีย สามารถให้ผลผลิตในรูปของน้ำหนักสดได้ถึง 57 ดัน/เฮกแตร์ ดังนั้นการนำสายพันธุ์ดังกล่าวมาใช้ในพื้นที่ศึกษาน่าจะเป็นวิธีการที่สามารถจะจัดการพื้นที่เพื่อให้คุ้มค่าการลงทุนได้

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของสับปะรดในประเทศไทยในรูปของน้ำหนักสดจากปี พ.ศ. 2523-2532 มีค่าเท่ากับ 24.17 ดัน/เฮกแตร์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2532) Sanchez (1979) รายงานไว้ว่าผลผลิตในรูปของน้ำหนักแห้งของสับปะรดสูงถึง 12.5 ดัน/เฮกแตร์ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้แปลงที่มีการจัดการอย่างดีที่สุดคือ TP-2 สามารถให้

Table 6 Biomass of Cossava in Takua Pa (tons/ha. oven dried basis)

Harvest timing	Jan.'85*	Feb.'87	Jan.'88	Jeb.'89	Jan.'90
TC-0					
Leaf	0	0	0	0	0
Stem	0	0	0	0.004	0
Tuber	0	0	0	0	0
Stick	0	0	0	0.042	0
Total	0	0	0	0.046	0
TC-0m					
Leaf	—	0.002	0.024	0.007	0.008
Stem	—	0.080	0.232	0.215	0.302
Tuber	—	0.417	0.960	0.976	0.654
Stick	—	0.259	0.252	0.333	0.566
Total	—	0.758	1.468	1.531	1.530
TC-1					
Leaf	0.080	0.056	0.344	0.079	0.060
Stem	8.332	0.364	1.368	2.081	1.192
Tuber	11.044	0.720	2.520	4.756	2.602
Stick	—	0.468	0.696	0.811	0.716
Total	19.456	1.608	4.928	7.726	4.570
TC-2					
Leaf	0.068	0.044	0.204	0.020	0.036
Stem	10.456	0.608	3.076	1.936	1.626
Tuber	21.208	3.148	5.588	7.344	4.857
Stick	—	0.700	0.716	0.803	1.105
Total	31.732	4.500	9.584	10.104	7.624
TC-3					
Leaf	0.056	0.020	0.124	0.047	0.020
Stem	6.776	0.280	1.380	0.882	0.882
Tuber	8.832	1.688	3.312	3.281	3.200
Stick	—	0.432	0.580	0.645	0.684
Total	15.664	2.420	5.396	4.855	4.736

*: fresh weight — : no data

Table 7 Biomass of pineapple in Takua Pa and Ratchaburi (tons/ha, oven dried basis)

Harvest timing	Takua Pa		Ratchaburi		
	Oct. '86	Oct. '88	Oct. '88	May., Jun. '88	Apr., Jun. '89
	TP-0		RP-0		
Fruit	0 (0.080)	0.052 (0.032)	0.975 (7.790)	0.170 (1.538)	0.165 (1.458)*
Stalk	0	0.016	0.060	—	—
Crown	0	0.084	0.710	—	—
Leaf + stem	—	1.028	—	—	—
Root	—	0.536	—	—	—
Total	0	1.716	1.745	0.170	0.165
	TP-1		RP-1		
Fruit	0.408 (2.808)	1.380 (10.724)	2.185 (14.665)	1.285 (11.490)	1.305 (11.645)
Stalk	0.396	0.164	0.085	—	—
Crown	0.156	0.640	0.805	—	—
Leaf + stem	—	2.876	—	—	—
Root	—	0.992	—	—	—
Total	0.960	6.052	3.075	1.285	1.305
	TP-2		RP-2		
Fruit	1.428 (15.357)	3.056 (23.716)	1.610 (12.995)	0.835 (7.470)	1.195 (10.655)
Stalk	0.944	0.272	0.155	—	—
Crown	0.596	0.780	0.740	—	—
Leaf + stem	—	7.668	—	—	—
Root	—	1.164	—	—	—
Total	2.968	13.140	2.505	0.835	1.195
	TP-3		RP-3		
Fruit	0.748 (5.158)	1.876 (16.180)	0.215 (1.745)	1.490 (13.275)	1.155 (10.340)
Stalk	0.152	0.180	0.120	—	—
Crown	0.272	0.736	0.150	—	—
Leaf + stem	—	4.792	—	—	—
Root	—	1.812	—	—	—
Total	1.172	9.396	0.485	1.490	1.155
	TE-5		RP-4		
Fruit	0.072 (0.628)	0.248 (2.008)	1.335 (8.955)	1.505 (13.425)	1.215 (10.840)
Stalk	0.044	0.020	0.085	—	—
Crown	0.028	0.088	1.105	—	—
Leaf + stem	—	0.608	—	—	—
Root	—	0.664	—	—	—
Total	0.144	1.628	2.525	1.503	1.215

Fruit yield in parentheses is expressed on fresh weight basis.

— : no data

Table 8 Treatments and cost for experimental plots (3)

Plot	Area m ²	Plowing	CF*	Compost (t/ha)	Mulch	Cost/ha Bahts	Crops
Takua Pa							
TC-0	125	—	—	—	—	—	Cassava (1985–90)
TC-0m	125	—	—	—	36	36,000 //	
TC-1	250	+	4	24	—	60,000 //	
TC-2	250	+	4	24	36	96,000 //	
TC-3	250	+	4	—	36	60,000 //	
TP-0	250	+	—	—	—	—	Pineapple (1985–88)
TP-1	250	+	4	24	—	60,000 //	
TP-2	250	+	4	24	36	96,000 //	
TP-3	250	+	4	—	36	60,000 //	

—, not done ; +, done ; //, same as above ; CF*, Chemical Fertilizer

หลังที่ได้จะมีค่าประมาณ 1/4 ของแปลง TC-3 ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ mulching ได้อย่างเด่นชัด ถึงแม้ว่ามาตรการที่ใช้ในแปลง TC-2 สามารถให้ผลผลิตที่สูงสุดภายใต้สภาพที่ดินมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีที่เลวมากก็ตาม

ผลผลิตสูงสุดถึง 3.06 ตัน/เฮกแตร์ ในรูปของน้ำหนักแห้ง และ 23.72 ตัน/เฮกแตร์ ในรูปของน้ำหนักสด ในปี พ.ศ. 2531 ซึ่งกล่าวได้ว่าผลผลิตในแปลง TP-2 นั้น อยู่ในระดับเดียวกันกับผลผลิต โดยเฉลี่ยของสับปะรดในประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามภายหลังจากการเก็บเกี่ยวในครั้งแรกแล้ว ไม่สามารถที่จะเก็บเกี่ยวผลในครั้งต่อไปได้จากพืชต้นเดิม การปลูกสับปะรดในเชิงการค้านี้พบว่ามีผลผลิตสูงถึง 3 ครั้ง ในเวลา 3 ปี เมื่อพิจารณาจากผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นว่า การที่จะปลูกสับปะรดในเชิงการค้าบนพื้นที่ที่ทำเหมืองแร่มาแล้วนั้น จะต้องมีการจัดการและการวิจัยที่ลึกซึ้งกว่านี้ เพื่อให้ได้ผลผลิตคุ้มกับการลงทุน

มวลชีวภาพทั้งหมดของสับปะรดในแปลง TP-2 นั้นมีค่าสูงสุดคือ 13.1 ตัน/เฮกแตร์ ในปี พ.ศ. 2531 และมีค่าสูงกว่า 50% ของผลผลิตของมันสำปะหลังในแปลง TC-2 ซึ่งมีผลผลิต 9.58

ตัน/เฮกแตร์ อย่างไรก็ตามเมื่อคำนึงถึงระยะเวลาของการเก็บเกี่ยว ซึ่งในกรณีของมันสำปะหลังใช้เวลา 18 เดือน แต่ของสับปะรดใช้เพียง 8 เดือนเท่านั้น ก็เป็นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการตัดสินใจที่จะเลือกชนิดพืชที่จะนำมาปลูกเช่นกัน ความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวนี้พบว่าได้ในระหว่างแปลง TC-1 กับ TP-1 และระหว่างแปลง TC-3 กับ TP-3 เช่นกัน

การใช้ mulching ร่วมกับปุ๋ยวิทยาศาสตร์ (TP-3) สามารถทำให้มวลชีวภาพของสับปะรดสูงกว่าแปลงซึ่งใส่ปุ๋ยเทศบาลร่วมกับปุ๋ยวิทยาศาสตร์ (TP-1) ถึง 50% แต่ในกรณีของมันสำปะหลังนั้นปรากฏว่าทั้ง 2 มาตรการดังกล่าวข้างต้นนั้นจะให้ผลผลิตที่สมดุลกัน การตอบสนองของมาตรการที่ใช้ในระหว่างสับปะรด และมันสำปะหลังนั้นจะต้องพิจารณาถึงรูปแบบการกระจายของราก ในกรณีของสับปะรดนั้น รากส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ใกล้กับผิวดินใกล้กับวัสดุที่ใช้คลุมดิน (mulching)

ในขณะที่รากของมันสำปะหลังนั้นจะแผ่ลงไปถึงกว่า (E1–Sarkawy และ Cock, 1987) ดังนั้น รากของสับปะรดจึงได้รับประโยชน์จาก mulching ได้มากกว่า อีกประการหนึ่งที่จะเป็นไปได้ก็คือ รากของมันสำปะหลังอาจจะได้รับน้ำมากเกินไป ในระหว่างฤดูฝน ซึ่งปริมาณน้ำที่มากเกินไปนั้น จะเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นแก่ราก ดังนั้น ในกรณีของมันสำปะหลัง mulching ซึ่งเป็นวัสดุ ที่ใช้เพื่อช่วยเก็บความชื้นและป้องกันการสูญเสีย ความชื้นจากดิน จึงมิได้มีผลดีแก่มันสำปะหลังมาก กว่าในเรื่องของการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่านั้น

ความเป็นไปได้ในการนำระบบวนเกษตรมาประยุกต์ใช้บนที่ดินภายหลังการทำเหมืองแร่

เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตของสับปะรดในรูปของน้ำหนักสดในแปลง TE-5 ซึ่งเป็น แปลงวนเกษตรพบว่าผลผลิตของสับปะรดในรูปของน้ำหนักสดที่เก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2529 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2531 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.628 และ 2.008 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับแล้วนั้น ผลผลิตที่ได้นี้ปรากฏว่าต่ำกว่าแปลงที่ปลูกสับปะรดอย่าง เดียวคือแปลง TP-1, TP-2 และ TP-3 แต่ก็ยัง สูงกว่าแปลงควบคุมคือแปลง TP-0 (Table 7) การที่ผลผลิตของสับปะรดที่ปลูกในระบบวนเกษตร ดำนั้นเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ (1) ระยะ ปลูกของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส น้อยเกินไปคือ 2×2 ม.² เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้น จึงควรขยายระยะปลูกเป็น 2×4 ม.² (2) มาตรการที่ใช้ในแปลง TP-5 นั้นใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ แต่เพียงอย่างเดียว ส่วนในแปลง TP-3 ซึ่งให้ ผลผลิตรองลงมา นั้น ใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ร่วมกับ mulching และแปลงที่ให้ผลผลิตต่ำลงมาคือ แปลง TP-1 นั้นใช้ปุ๋ยเทศบาลร่วมกับ mulching ดังนั้น หากต้องการใช้พื้นที่ดังกล่าวนี้ mulching จึงเป็น

สิ่งสำคัญที่สุดที่น่าจะนำมาพิจารณา ทั้งนี้เนื่องจาก ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นแล้วว่า mulching นั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการรักษาความชื้นขึ้น ในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตอยู่ของ พืชในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ mulching ยังเป็น ตัวที่ทำให้กิจกรรมทางด้านชีวภาพของดินดำเนิน ไปด้วยดี ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินดัง ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงผลผลิต ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในแปลง TE-2 และ TE-5 ซึ่งเป็นแปลงที่ใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เหมือนกัน ก็ปรากฏว่ามวลชีวภาพทั้งหมดของ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในแปลง TE-2 และ TE-5 เมื่ออายุได้ 4.4 ปี มีค่าเท่ากับ 22.249 และ 19.424 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าผลผลิต ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในแปลง TE-5 จะน้อยกว่าในแปลง TE-2 ก็ตาม แต่ส่วนที่ขาด หายไปนั้นก็สามารถที่จะชดเชยได้จากผลผลิตของ สับปะรดในแปลง TE-5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้ระบบวนเกษตร ในการปลูกสับปะรดร่วมกับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส บนพื้นที่ซึ่งผ่านการทำเหมืองแร่ดีบุกมา แล้วนั้น สามารถที่จะเป็นไปได้ แต่ทั้งนี้จะต้องทำ การปรับปรุงคุณสมบัติของดินเสียก่อน ซึ่งสามารถ ที่จะกระทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ร่วมกับปุ๋ยเทศบาลและ mulching หรือใช้ปุ๋ย วิทยาศาสตร์ร่วมกับ mulching หรือใช้ mulching แต่เพียงอย่างเดียว จากการศึกษาพบว่า mulching เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการรักษาความชื้นในดิน ซึ่งก็เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการรอดตายของพืช ในฤดูแล้ง ทำให้กิจกรรมทางด้านชีวภาพของดิน ดำเนินไปได้ด้วยดี ผลผลิตของสับปะรดที่ปลูก

ควมกับพืชป่าไม้ที่นั้นสามารถที่จะทำให้เพิ่มสูงขึ้นได้โดยการขยายระยะปลูกจาก 2×2 ม.² เป็น 2×4 ม.² ปุ๋ยวิทยาศาสตร์และ mulching เป็นสิ่งที่จำเป็นในการที่จะจัดการให้ดินเหมือนแรมี่ศกย-ภาพพอที่จะผลิตพืชเกษตรและพืชป่าไม้ให้สูงถึงระดับที่สามารถที่จะทำในเชิงการค้าได้

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2532. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2531/2532. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 414.
- El-Sharkawy M.A. and J.M. Cock. 1987. Response of cassava to water stress. Plant and Soil 100 : 345–360.
- Lugo, A.E., S. Brown, and J. Chapman. 1988. An analytical review of production rates and stemwood biomass of tropical forest plantations. Forest Ecology and Management, 23 : 179–200.
- Sanchez, P.A. 1976. Chapter 6. Nitrogen. "Properties and management of soils in the tropics" 203. John Wiley and Sons, New York.
- Syers, J.K. and J.A. Springett. 1984. Earthworms and soil fertility. Plant and Soil 76 : 93–104.
- Tanpibal, V. and P. Sahunalu. 1989. Characteristics and management of tin mine tailings in Thailand. Soil Technology, Vol. 2 : 17–26.
- Verapattananirund, P., T. Nagara, C. Tongyai, and S. Nuallaong. 1988. A promising low-input management to sustain high cassava yield in Northeast Thailand. Paper presented at the International symposium on tropical root crops. October 30–November 5, 1988. Bangkok, Thailand.
- Yoda, K. and P. Sahunalu. 1991. Improvement of biological productivity of tropical wastelands in Thailand. Report of the Thai–Japan Cooperative Research, Supported by Ministry of Education, Science and Culture, in Japan through the International Scientific Research Programs Nos. 59041056, 6204188, 6304110, 02041070. Osaka City University, Japan. 350 p.