

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ

ตารางที่ ก.1 ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 1 (8/5/2553)	เก็บครั้งที่ 2 (23/5/2553)	เก็บครั้งที่ 3 (3/6/2553)	เก็บครั้งที่ 4 (13/6/2553)	เก็บครั้งที่ 5 (23/6/2553)	เก็บครั้งที่ 6 (3/7/2553)	เก็บครั้งที่ 7 (13/7/2553)	เก็บครั้งที่ 8 (23/7/2553)	เก็บครั้งที่ 9 (3/8/2553)	เก็บครั้งที่ 10 (13/8/2553)	เก็บครั้งที่ 11 (23/8/2553)
น้ำที่เข้าระบบ	8.2	7.7	7.5	7.5	7.8	8.0	7.8	7.9	7.7	8.3	7.7
แปลง D1	8.0	7.7	8.0	7.8	7.7	7.6	7.6	7.6	7.4	7.8	7.6
แปลง D2	-	7.8	7.8	7.5	7.8	7.9	7.7	7.5	7.2	7.6	7.2
แปลง D3	8.1	7.4	8.0	7.5	7.1	7.8	7.6	7.6	7.4	7.2	7.6
แปลง D4	8.0	7.5	8.0	7.5	7.5	7.8	7.5	7.5	7.4	7.7	7.5
แปลง W1	7.8	7.3	8.0	7.8	7.1	6.7	7.6	7.6	6.9	7.6	6.6
แปลง W2	-	7.7	7.8	8.0	7.2	6.5	7.5	7.4	7.0	7.2	7.3
แปลง W3	-	7.4	8.6	7.8	7.4	7.1	7.0	7.7	7.4	6.6	7.1
แปลง W4	7.5	7.8	8.2	8.0	7.6	6.1	7.1	7.8	7.2	6.7	6.5
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	6.8	6.4	5.9	6.1	6.3	6.1	6.3	6.2	6.6	6.3
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	7.4	6.7	-	6.5	6.8	7.0	6.6	6.5	6.3	6.3

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 12 (3/9/2553)	เก็บครั้งที่ 13 (13/9/2553)	เก็บครั้งที่ 14 (23/9/2553)	เก็บครั้งที่ 15 (3/10/2553)	เก็บครั้งที่ 16 (13/10/2553)	เก็บครั้งที่ 17 (23/10/2553)	เก็บครั้งที่ 18 (3/11/2553)	เก็บครั้งที่ 19 (13/11/2553)	เก็บครั้งที่ 20 (23/11/2553)	เก็บครั้งที่ 21 (3/12/2553)	เก็บครั้งที่ 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งจากระบบ	7.7	7.8	8.0	8.1	8.0	7.7	8.3	7.9	8.3	8.5	8.3
แปลง D1	7.7	7.0	7.8	8.0	7.7	7.8	7.9	7.6	8.1	8.3	8.1
แปลง D2	6.9	7.2	7.5	8.0	7.8	7.7	7.4	7.5	8.1	8.4	8.3
แปลง D3	7.7	7.4	7.8	8.2	7.8	7.7	7.7	7.8	7.8	8.3	8.0
แปลง D4	7.8	7.5	7.8	8.3	7.2	7.8	7.9	7.7	8.1	8.5	7.9
แปลง W1	7.0	6.4	7.4	7.2	6.8	7.3	7.5	7.2	7.7	8.0	7.9
แปลง W2	6.3	7.0	7.1	6.2	6.7	7.5	6.8	7.3	7.8	8.1	7.9
แปลง W3	6.1	6.5	7.3	6.6	7.0	7.0	6.2	7.1	7.1	8.3	8.0
แปลง W4	7.2	7.3	7.4	7.3	7.7	7.4	7.7	7.5	7.8	8.4	7.8
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เข้า)	6.7	6.3	6.5	6.5	6.2	7.1	6.4	6.7	6.9	6.5	6.6
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	6.5	6.5	6.7	6.6	6.4	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	7.0

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 23 (23/12/2553)	เก็บครั้งที่ 24 (3/1/2554)	เก็บครั้งที่ 25 (13/1/2554)	เก็บครั้งที่ 26 (23/1/2554)	เก็บครั้งที่ 27 (3/2/2554)	เก็บครั้งที่ 28 (13/2/2554)	เก็บครั้งที่ 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	8.3	8.6	8.3	8.2	8.2	8.4	8.1
แปลง D1	8.3	8.3	8.1	8.1	7.8	7.2	7.7
แปลง D2	8.3	8.1	8.3	7.9	8.1	7.5	7.8
แปลง D3	8.2	7.7	8.0	7.7	7.8	7.7	7.7
แปลง D4	8.3	8.3	7.9	8.2	7.9	7.8	7.9
แปลง W1	8.2	8.1	8.1	8.2	7.7	7.9	7.9
แปลง W2	8.3	7.9	8.2	7.9	7.3	7.6	7.7
แปลง W3	7.4	8.2	7.9	8.1	7.9	7.7	7.7
แปลง W4	8.2	8.1	8.1	8.1	7.6	7.6	7.7
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เช้า)	6.2	6.9	7.1	6.5	6.8	6.6	7.3
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	6.1	7.0	7.0	6.7	7.5	7.1	7.6

ตารางที่ ๓.๒ ค่า COD ของน้ำที่เสาะและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 1 (8/5/2553)	เก็บครั้งที่ 2 (23/5/2553)	เก็บครั้งที่ 3 (3/6/2553)	เก็บครั้งที่ 4 (13/6/2553)	เก็บครั้งที่ 5 (23/6/2553)	เก็บครั้งที่ 6 (3/7/2553)	เก็บครั้งที่ 7 (13/7/2553)	เก็บครั้งที่ 8 (23/7/2553)	เก็บครั้งที่ 9 (3/8/2553)	เก็บครั้งที่ 10 (13/8/2553)	เก็บครั้งที่ 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งจากระบบ	3,901	3,032	2,700	10,500	11,902	1,536	3,704	8,081	2,806	6,412	4,363
แปลง D1	1,423	213	900	500	1,080	842	2,074	924	1,123	1,056	727
แปลง D2	-	249	1,000	1,100	654	1,778	2,222	924	982	1,509	873
แปลง D3	1,597	676	889	1,000	654	1,498	2,222	924	421	302	1,309
แปลง D4	1,199	427	790	800	491	1,591	2,074	1,077	982	1,207	873
แปลง W1	2,416	379	1,167	1,050	511	614	1,778	308	421	604	727
แปลง W2	-	329	967	800	319	307	2,371	462	281	453	1,018
แปลง W3	-	384	1,125	1,333	319	307	2,074	1,385	561	453	1,164
แปลง W4	-	329	667	200	479	614	1,482	308	281	604	1,164
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อย (เช้า)	-	39	30	50	38	75	89	62	56	30	58
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อย (ออก)	-	132	30	-	102	19	119	154	28	30	44

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ตัวอย่างน้ำ ครั้งที่เก็บ	เก็บครั้งที่ 12 (3/9/2553)	เก็บครั้งที่ 13 (13/9/2553)	เก็บครั้งที่ 14 (23/9/2553)	เก็บครั้งที่ 15 (3/10/2553)	เก็บครั้งที่ 16 (13/10/2553)	เก็บครั้งที่ 17 (23/10/2553)	เก็บครั้งที่ 18 (3/11/2553)	เก็บครั้งที่ 19 (13/11/2553)	เก็บครั้งที่ 20 (23/11/2553)	เก็บครั้งที่ 21 (3/12/2553)	เก็บครั้งที่ 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	4,066	5,331	4,920	6,468	12,936	4,211	5,472	4,000	7,616	9,248	4,288
แปลง D1	1,762	107	2,230	1,848	1,232	1,324	2,995	300	1,523	2,829	1,715
แปลง D2	407	320	1,837	1,355	2,094	722	230	200	1,523	2,176	1,930
แปลง D3	1,355	400	2,886	2,834	986	842	346	120	435	3,046	2,358
แปลง D4	1,084	427	1,706	2,218	1,355	1,083	1,037	120	1,741	2,611	643
แปลง W1	948	453	656	246	493	1,564	230	80	218	1,306	1,286
แปลง W2	518	666	1,050	493	986	842	230	300	2,394	3,264	2,358
แปลง W3	389	400	1,443	493	493	602	346	200	218	3,482	1,501
แปลง W4	518	320	1,837	739	2,094	1,203	346	300	653	2,176	214
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เจ้า)	52	67	16	17	62	48	46	20	22	22	21
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	26	53	11	25	49	48	23	30	22	44	43

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ตัวอย่างน้ำ ครั้งที่เก็บ	เก็บครั้งที่ 23 (23/12/2553)	เก็บครั้งที่ 24 (3/1/2554)	เก็บครั้งที่ 25 (13/1/2554)	เก็บครั้งที่ 26 (23/1/2554)	เก็บครั้งที่ 27 (3/2/2554)	เก็บครั้งที่ 28 (13/2/2554)	เก็บครั้งที่ 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งสู่ระบบ	6,000	9,622	7,840	9,620	8,602	3,704	4,827
แปลง D1	2,800	4,861	2,195	4,772	299	889	3,862
แปลง D2	3,000	2,633	3,606	3,694	299	296	3,310
แปลง D3	2,800	3,646	3,293	4,618	120	1,482	1,931
แปลง D4	1,800	2,431	1,725	5,541	598	1,778	690
แปลง W1	1,200	1,621	1,254	1,385	299	2,074	1,379
แปลง W2	1,800	4,254	1,568	5,387	598	889	1,655
แปลง W3	400	3,646	2,195	4,310	60	2,074	1,931
แปลง W4	1,600	2,633	1,411	3,540	329	1,185	1,655
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เช้า)	40	41	47	31	30	30	28
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	20	41	47	31	30	30	28

ตารางที่ ก.3 ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 1 (8/5/2553)	เก็บครั้งที่ 2 (23/5/2553)	เก็บครั้งที่ 3 (3/6/2553)	เก็บครั้งที่ 4 (13/6/2553)	เก็บครั้งที่ 5 (23/6/2553)	เก็บครั้งที่ 6 (3/7/2553)	เก็บครั้งที่ 7 (13/7/2553)	เก็บครั้งที่ 8 (23/7/2553)	เก็บครั้งที่ 9 (3/8/2553)	เก็บครั้งที่ 10 (13/8/2553)	เก็บครั้งที่ 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งจากระบบ	980	1,218	756	1,288	1,820	1,036	952	952	924	1,092	868
แปลง D1	350	182	658	476	448	350	700	616	308	476	294
แปลง D2	-	126	448	476	392	644	644	574	420	504	182
แปลง D3	602	84	476	518	308	602	644	658	350	252	448
แปลง D4	490	98	588	448	308	630	630	574	490	420	504
แปลง W1	924	70	686	294	70	112	700	224	210	56	140
แปลง W2	-	280	196	378	56	84	770	294	238	70	84
แปลง W3	-	434	224	364	56	42	700	434	406	63	378
แปลง W4	-	42	224	70	28	42	322	98	126	70	280
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	1.68	1.12	2.24	2.8	3.92	3.92	2.8	0.56	1.4	0.84
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	1.12	1.12	-	5.6	1.12	8.96	11.2	0.56	1.12	1.96

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 12 (3/9/2553)	เก็บครั้งที่ 13 (13/9/2553)	เก็บครั้งที่ 14 (23/9/2553)	เก็บครั้งที่ 15 (3/10/2553)	เก็บครั้งที่ 16 (13/10/2553)	เก็บครั้งที่ 17 (23/10/2553)	เก็บครั้งที่ 18 (3/11/2553)	เก็บครั้งที่ 19 (13/11/2553)	เก็บครั้งที่ 20 (23/11/2553)	เก็บครั้งที่ 21 (3/12/2553)	เก็บครั้งที่ 22 (13/12/2553)
น้ำที่เข้าสู่ระบบ	896	1,064	1,232	1,288	1,148	1,148	896	756	812	980	1,008
แปลง D1	448	84	756	952	728	672	350	224	504	770	672
แปลง D2	336	224	840	392	952	532	168	196	588	644	700
แปลง D3	364	168	868	728	448	588	266	168	168	728	728
แปลง D4	392	196	812	616	532	616	140	182	560	700	294
แปลง W1	140	84	448	140	252	448	308	252	168	336	210
แปลง W2	56	140	588	112	392	588	140	168	560	490	588
แปลง W3	84	140	476	224	168	140	56	140	168	560	644
แปลง W4	56	196	532	196	168	672	252	112	378	588	280
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เจ้า)	1.12	2.24	4.48	2.24	2.24	2.24	1.12	0.56	4.48	0.56	0.56
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	0	0.56	2.24	1.12	1.68	1.12	0.56	0.56	3.36	0.56	0.56

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 23 (23/12/2553)	เก็บครั้งที่ 24 (31/2554)	เก็บครั้งที่ 25 (13/1/2554)	เก็บครั้งที่ 26 (23/1/2554)	เก็บครั้งที่ 27 (3/2/2554)	เก็บครั้งที่ 28 (13/2/2554)	เก็บครั้งที่ 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งจากระบบ	1,260	1,316	1,246	1,372	1,288	1,148	1,036
แปลง D1	532	448	798	1,232	196	280	826
แปลง D2	980	602	868	476	140	140	700
แปลง D3	924	434	812	756	196	924	686
แปลง D4	896	700	672	1,176	420	784	728
แปลง W1	616	280	420	532	224	700	728
แปลง W2	504	560	686	1,092	112	112	952
แปลง W3	56	532	602	952	168	742	966
แปลง W4	504	378	574	504	210	210	672
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อย (เช้า)	3.36	0.56	3.36	2.24	1.12	1.68	2.24
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อย (ออก)	3.36	0.56	2.24	1.12	0.56	0.56	1.12

ตารางที่ ก.4 ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 1 (8/5/2553)	เก็บครั้งที่ 2 (23/5/2553)	เก็บครั้งที่ 3 (3/6/2553)	เก็บครั้งที่ 4 (13/6/2553)	เก็บครั้งที่ 5 (23/6/2553)	เก็บครั้งที่ 6 (3/7/2553)	เก็บครั้งที่ 7 (13/7/2553)	เก็บครั้งที่ 8 (23/7/2553)	เก็บครั้งที่ 9 (3/8/2553)	เก็บครั้งที่ 10 (13/8/2553)	เก็บครั้งที่ 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งจากระบบ	5,580	2,800	3,229	12,125	11,450	2,030	4,050	2,340	980	2,900	2,660
แปลง D1	1,450	72	553	525	780	480	1,855	370	410	660	527
แปลง D2	-	135	430	905	925	1,560	2,009	560	540	840	520
แปลง D3	2,250	133	805	1,085	500	1,920	1,375	320	160	620	830
แปลง D4	1,870	195	890	845	380	770	1,950	800	220	990	780
แปลง W1	3,030	213	2,010	895	490	265	1,350	100	220	20	480
แปลง W2	-	93	650	475	260	17	2,140	560	190	80	540
แปลง W3	-	82	1,175	870	160	110	2,200	720	390	40	720
แปลง W4	-	57	605	133	310	35	580	33	27	140	620
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	5	103	60	50	520	10	7	10	20	10
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	70	130	-	120	55	320	800	25	40	60

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	เก็บครั้งที่ 12 (3/9/2553)	เก็บครั้งที่ 13 (13/9/2553)	เก็บครั้งที่ 14 (23/9/2553)	เก็บครั้งที่ 15 (3/10/2553)	เก็บครั้งที่ 16 (13/10/2553)	เก็บครั้งที่ 17 (23/10/2553)	เก็บครั้งที่ 18 (3/11/2553)	เก็บครั้งที่ 19 (13/11/2553)	เก็บครั้งที่ 20 (23/11/2553)	เก็บครั้งที่ 21 (3/12/2553)	เก็บครั้งที่ 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเสียระบบ	1,910	2,063	2,980	2,160	4,980	2,120	2,860	2,670	1,838	2,700	2,000
แปลง D1	870	173	1,120	1,060	853	413	120	153	1,200	1,367	1,543
แปลง D2	73	367	1,120	650	1,030	225	97	45	1,360	1,567	1,743
แปลง D3	820	287	1,490	960	227	400	104	85	163	1,683	1,771
แปลง D4	610	340	1,170	990	760	310	827	30	1,313	1,867	513
แปลง W1	250	255	300	135	23	300	270	70	313	450	880
แปลง W2	20	340	670	255	137	215	33	45	1,450	1,800	1,743
แปลง W3	33	160	840	85	77	18	17	26	34	1,625	1,420
แปลง W4	50	350	1,387	365	1,073	510	330	355	420	1,390	447
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เข้า)	40	395	63	13	47	12	10	12	64	12	10
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	40	57	52	120	133	40	43	132	2	94	20

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ตัวอย่างน้ำ ครั้งที่เก็บ	เก็บครั้งที่ 23 (23/12/2553)	เก็บครั้งที่ 24 (3/1/2554)	เก็บครั้งที่ 25 (13/1/2554)	เก็บครั้งที่ 26 (23/1/2554)	เก็บครั้งที่ 27 (3/2/2554)	เก็บครั้งที่ 28 (13/2/2554)	เก็บครั้งที่ 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งจากระบบ	2,217	3,617	2,400	4,160	3,900	4,360	3,460
แปลง D1	767	2,940	1,609	3,200	107	1,987	2,750
แปลง D2	1,110	2,520	1,336	3,380	77	16	1,931
แปลง D3	1,300	1,700	1,273	2,814	90	1,790	1,090
แปลง D4	1,082	1,870	627	2,586	645	1,510	680
แปลง W1	693	429	364	618	43	1,370	850
แปลง W2	920	2,080	1,346	3,686	23	1,871	1,440
แปลง W3	23	1,891	1,664	1,850	165	1,420	1,430
แปลง W4	608	585	458	1,910	1,675	2,225	1,170
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (เจ้า)	4	10	6	10	30	14	23
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	8	4	66	10	28	4	30

ภาคผนวก ข

บทความวิจัยของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10
จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ณ โรงแรม บี พี สมิทลาบีช
เมื่อ 23-25 มีนาคม 54

การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation

พัชร สำนัพัฒน์พงศ์^{1*} อุดมพล พิชนไพบูลย์^{2*} สมทิพย์ ด่านธีรวณิช^{3*} พรทิพย์ ศรีแดง^{4*}

พนาลี ชีวักิดาการ^{5*} และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์^{6*}

Patchara Sananpattanapong^{1*} Udomphon Puetpaiboon^{2*} Somtip Danteravanich^{3*} Porntip Sridang^{4*}

Panalee Chevakidagarn^{5*} and Jerdjun siriwong^{6*}

^{1*}นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{2*}อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{3*}อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84100

^{4*}อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{5*}อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{6*}อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{1*}โทรศัพท์ : 082-4150617, E-mail : toonarmy_bee@hotmail.com

^{2*}โทรศัพท์ : 0-7428-7123, E-mail : udomphon.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยใช้ น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางชั้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในอัตราการรดที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยทดลองที่ค่า Hydraulic Loading Rate 0.5, 1, 2 และ 3 cm/wk ตามลำดับ และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองคือ แปลงที่รดทุกวันและแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง ผลการทดลองพบว่าค่า COD (Chemical Oxygen Demand), TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) และ SS (Suspended Solids) หลังจากผ่านระบบบำบัดโดยดินมีค่าลดลง โดยแปลงที่รดในอัตรา 10.7 m³/week มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD, TKN และ SS อยู่ในช่วง 60.0% – 98.1%, 35.1% – 98.5% และ 48.5% – 98.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำทิ้งโรงงานน้ำยางชั้น; การบำบัดโดยดิน

Abstract

Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation was investigated. The aims of this research were to optimize the treatment and determine removal efficiency. Slow-rate land treatment was conducted in oil palm plantation. Pretreated effluent was irrigated to the plantation at daily and weekly watering with different hydraulic loading rates 0.5, 1, 2 and 3 cm/week, respectively. Experimental results showed that COD, TKN and SS became lower after land treatment. Hydraulic loading rate at 10.7 m³/week resulted in the maximum treatment efficiency which COD, TKN and SS removal were found to be in a range of 60.0% – 98.1%, 35.1% – 98.5% and 48.5% – 98.9%, respectively.

Keywords: Concentrated latex effluent; Land treatment

บทนำ

ในปัจจุบันพื้นที่ในภาคใต้มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทยางพาราและผลิตภัณฑ์จากยางมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำยางข้นนั้นเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างมากในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะทำให้เกิดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูป COD (Chemical Oxygen Demand) , SS (Suspended Solids) รวมทั้งยังมีสารเคมีอื่นที่ใช้ เช่น แอมโมเนีย, ZnO, DAP (Diammonium Hydrogen Phosphate) [1] ในกระบวนการผลิต ซึ่งการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการใช้ในรูปแบบของบ่อเติมอากาศและบ่อฝัง โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเอาน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว

ส่วนที่เลือกดินปาล์มน้ำมันมาใช้ในการวิจัยเนื่องจากสวนต้นปาล์มน้ำมันในภาคใต้มีการปลูกกันมาก เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ไม่เพียงพาราและมีพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นไม้ยืนต้นอายุยืน ชอบอากาศชุ่มชื้น [2] ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ในภาคใต้และเหมาะที่จะนำมาทำการศึกษา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินด้วยวิธีการนำมารดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งตามวิธีการจัดการพื้นที่สวนปาล์มในโรงงานน้ำยางข้นหรือการบำบัดโดยดินมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัด เนื่องจากในน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีค่าไนโตรเจนสูงซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารอาหารให้กับพืชและการบำบัดโดยดินนั้นเหมาะสมกับการใช้ทำการบำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว เป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์และเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากวิธีการบำบัดน้ำทิ้งที่ทำให้มีคุณภาพดีขึ้นในปัจจุบันนี้ระบบบำบัดแบบต่างๆ มักมีค่าใช้จ่ายสูง ดูแลรักษายาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้เป็นแนวทางเลือกอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดการทิ้งน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและลดปริมาณน้ำที่จะใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมยางพาราและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางข้น มาวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งเพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้บำบัดโดยดินและเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆ ในภาคใต้มาวิเคราะห์อีก 5 โรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นสำรวจและเลือกพื้นที่ในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ โดยเลือกและกำหนดแปลงทดลองเป็นจำนวน 10 แปลง ซึ่งทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดมาแล้วมารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) [3] โดยทดลองที่ 4 ภาระบรรทุกและแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง (รดโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) จากนั้นนำน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบและหลังจากผ่านระบบมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งตัวแปรที่วิเคราะห์คือ pH, COD, TKN และ SS โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ตามที่ระบุใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [4]

ตารางที่ 1 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน

แปลงที่รดทุกวัน	Hydraulic Loading Rate (cm/week)	ขนาดพื้นที่แปลง (m ²)	อัตราการรดน้ำ (m ³ /d)
D1	3	2,027	8.7
D2	2	1,871	5.4
D3	1	2,094	3.0
D4	0.5	2,068	1.5

ตารางที่ 2 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง

แปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง	Hydraulic Loading Rate (cm/week)	ขนาดพื้นที่แปลง (m ²)	อัตราการรดน้ำ (m ³ /week)
W1	3	1,871	56.1
W2	2	2,420	48.4
W3	1	2,464	24.6
W4	0.5	2,130	10.7

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการวิจัยและน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆ ในภาคใต้พบว่าในแต่ละโรงงานจะมีบางพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักนิยมใช้การบำบัดโดยบ่อเติมอากาศและบ่อฝัง โดยแต่ละ

โรงงานมีจำนวนบ่อเติมอากาศและบ่อฝั้่งแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ลักษณะของน้ำทิ้งแตกต่างกัน โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำ
 ยางชั้นที่นำมาทำการวิจัยนี้มีค่า COD SS TP และ TKN ก่อนข้างมาก เนื่องจากมีการเติมอากาศ 2 บ่อ โดยไม่มีบ่อฝั้่ง ลักษณะ
 น้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางชั้นที่ได้สำรวจแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้น

พารามิเตอร์	ลักษณะน้ำทิ้งของ บริษัททศบัตินิต	ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงาน น้ำยางชั้นในจังหวัดสงขลา			ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงาน น้ำยางชั้นในจังหวัดสุราษฎร์ธานี		$\bar{X} \pm S.D.$
		โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D	โรงงาน E	
pH	8.0	8.3	8.7	8.8	6.7	10.6	8.6 ± 1.2
Temperature (°C)	28	27	29	27	31	34	30 ± 3
Conductivity (mS/cm)	8.92	2.70	1.68	1.94	2.95	2.54	2.36 ± 0.48
BOD ₅ (mg/L)	2,385	99	49	165	75	175	113 ± 50
COD (mg/L)	6,176	260	114	267	247	1,259	429 ± 419
TKN (mg/L)	1,062	406	32	70	210	42	152 ± 142
NH ₃ -N (mg/L)	882	300	26	55	172	11	113 ± 109
Org-N (mg/L)	180	106	6	15	38	31	39 ± 35
NO ₂ -N (mg/L)	2.73	0.01	0.01	0.12	0.37	0.11	0.12 ± 0.13
NO ₃ -N (mg/L)	2.53	3.76	2.13	0.014	0.05	0.05	1.20 ± 1.51
TS (mg/L)	12,053	2,638	1,602	1,998	138	1,873	$1,650 \pm 829$
SS (mg/L)	3,493	183	110	210	50	657	242 ± 215
TDS (mg/L)	2,308	3,078	1,820	2,197	226	948	$1,654 \pm 989$
TP (mg/L)	616.43	1.71	0.60	276.34	38.61	69.93	77.44 ± 102.73
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	4,212	1,866	947	711	2,110	1,422	$1,411 \pm 529$
Zn (mg/L)	0.21	0.44	7.49	< 0.05	N.D.*	0.18	2.04 ± 3.15
SAR	0.005	0.005	0.002	0.0004	0.012	0.011	0.006 ± 0.005

*N.D. = Non-Detectable

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมันพบว่า
 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดที่ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศ 2 บ่อ จะมีค่า pH ก่อนข้างเป็นกลาง แสดงดังตารางที่ 4 ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่าน
 ระบบบำบัดโดยดินมีค่า pH ก่อนข้างเป็นกลางเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 1

จากการศึกษาค่า COD, TKN และ SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบ พบว่ามีค่าแตกต่างกันออกไปในการเก็บแต่ละครั้ง
 เนื่องจากในพื้นที่ทำการวิจัยมีสภาพอากาศไม่แน่นอน บางวันมีฝนตกหนักบางวัน ไม่มีฝนตก จึงทำให้ค่า COD, TKN และ

SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งหลังจากน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดโดยดินแล้วค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจะเป็นน้ำทิ้งที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูปของ COD และ SS เมื่อนำมารดสวนปาล์ม น้ำทิ้งที่ผ่านระบบจะมีค่า COD และ SS ลดลงเนื่องจากชั้นดินและรากของพืชจะทำให้หน้าดินที่เสมือนตัวกรองจึงทำให้ค่าดังกล่าวหลังจากการรดผ่านสวนปาล์มนั้นมีค่าลดลงและทำให้น้ำในดินสูงขึ้นอีกด้วย สำหรับค่า TKN มีค่าลดลงเนื่องจากพืชมีการนำไนโตรเจนในน้ำทิ้งไปใช้ [5]

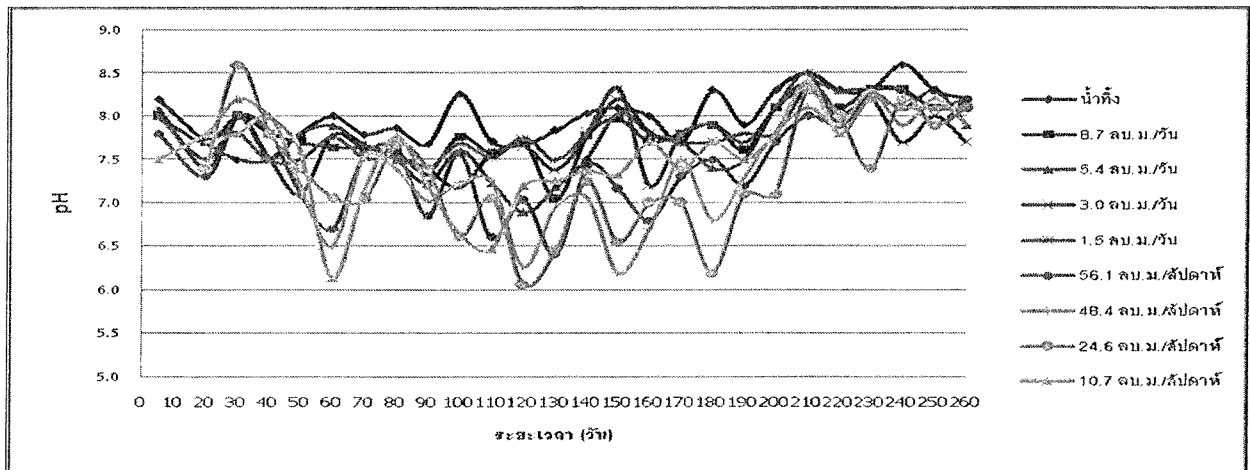
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโดยดิน พบว่าการบำบัด COD ส่วนใหญ่ในแต่ละแปลงทดลองจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่แปลง W4 (รด 10.7 m³/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด COD เฉลี่ยเท่ากับ 82.3 ± 12.4 % ส่วนการบำบัด TKN และ SS ในแต่ละแปลงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันออกไป ซึ่งแปลง W4 (รด 10.7 m³/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด TKN และ SS เฉลี่ยเท่ากับ 77.4 ± 17.9 % และ 82.7 ± 14.4 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ลักษณะน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการวิจัย

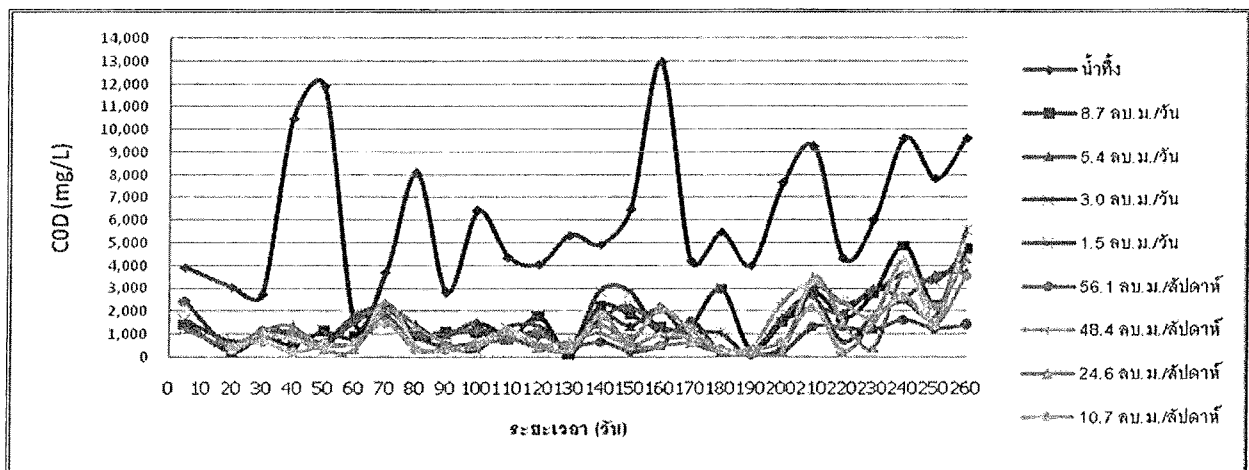
พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
pH	7.5 – 8.6	-
COD	1,536 – 12,936	mg/L
TKN	756 – 1,820	mg/L
SS	980 – 12,125	mg/L

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง

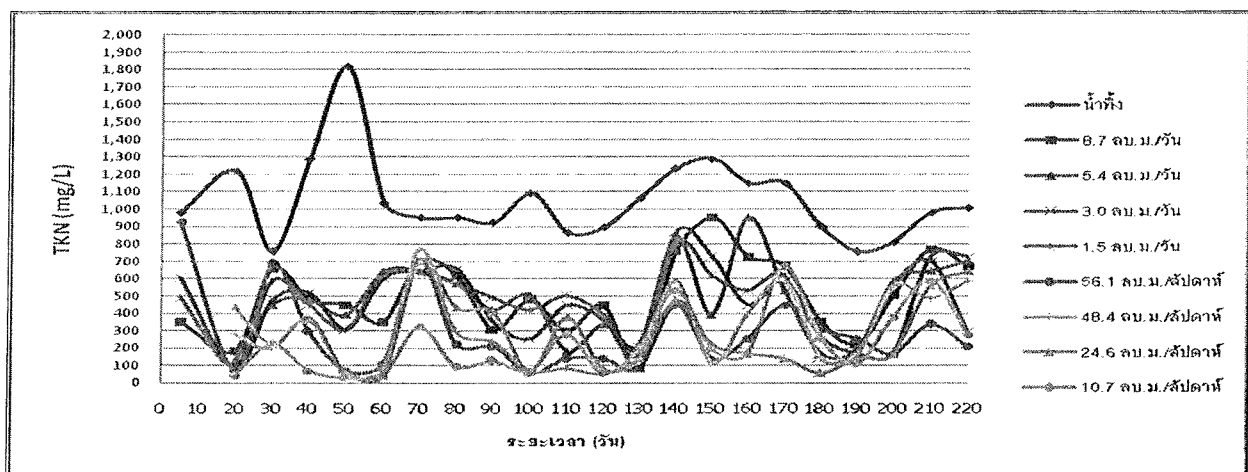
แปลงทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดโดยดิน (%)		
	COD	TKN	SS
	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$
D1	70.2 ± 17.6	51.2 ± 21.5	66.7 ± 24.8
D2	72.2 ± 24.2	53.8 ± 21.5	64.4 ± 27.8
D3	70.1 ± 23.1	55.1 ± 21.1	66.8 ± 26.5
D4	73.3 ± 20.7	54.1 ± 20.2	68.0 ± 19.1
W1	81.7 ± 15.9	70.7 ± 25.6	82.8 ± 15.8
W2	77.9 ± 17.7	70.5 ± 22.3	72.3 ± 29.3
W3	80.3 ± 15.3	72.1 ± 20.7	77.9 ± 24.6
W4	82.3 ± 12.4	77.4 ± 17.9	82.7 ± 14.4



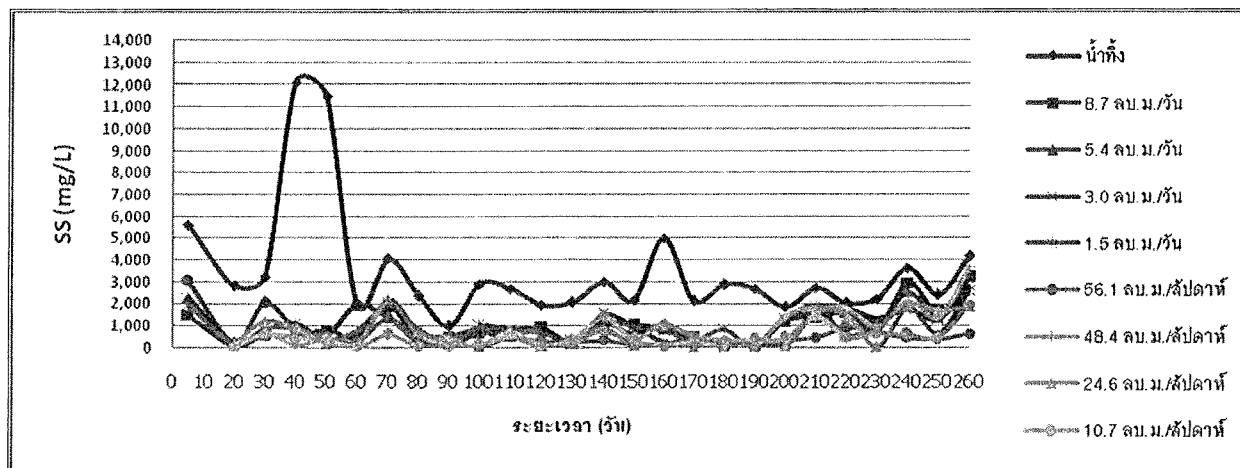
รูปที่ 1 ค่า pH ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางชั้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 2 ค่า COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางชั้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 3 ค่า TKN ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางชั้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 4 ค่า SS ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

ข้อมูลจากการทดลองสามารถระบุเป็นเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม

Parameter	Watering frequency		Design Criteria*
	Daily	Weekly	
Hydraulic Loading Rate, cm/week	< 3	< 3	2.5 – 10
BOD ₅ Loading Rate, g BOD ₅ /m ² .d	< 5	< 5	5 - 50
COD Loading Rate, g COD/m ² .d	< 14	< 14	-
TKN Loading Rate, g TKN/m ² .d	< 2.5	< 2.5	0.34 – 0.47
Expected Removal Efficiency, %			
COD	< 71	< 80	-
TKN	< 52	< 69	-
SS	< 67	< 78	-

*ที่มา : US.EPA. (2006) และกรมส่งเสริมการเกษตร [6]

สรุป

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินด้วยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน จะทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้นเนื่องจากค่า COD, TKN และ SS ในน้ำทิ้งมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์, SS และ TKN ได้ โดยแปลง W4 (รด 10.7 m³/week) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยผลผลิตปาล์มน้ำมันแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 121 – 212 กิโลกรัม/ไร่/เดือน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับช่วงการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปคือ 184 – 750 กิโลกรัม/ไร่/เดือน [7] โดยผลผลิตที่ลดลงเนื่องจากปาล์มมีอายุมาก (ประมาณ 25 ปี) ซึ่งปาล์มที่มีอายุหลังจาก 15 ปี จะให้ผลผลิตลดลง [8]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S และทุนบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2548). แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น(ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.pcd.go.th/count/waterdl.cfm?FileName=rubbertree.pdf [22 มกราคม 2553]
- [2] ชัยรัตน์ นิพนธ์. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [3] US.EPA. 2006. Process Design Manual: Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents. EPA/625/R-06/016. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- [4] APHA, AWWA and WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Maryland: American Public Health Association.
- [5] Metcalf and Eddy, Inc (1991). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3rd Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- [6] กรมส่งเสริมการเกษตร. ความต้องการธาตุอาหารพืชและการใช้ประโยชน์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://contact.doae.go.th/cts/upload/269/1809/1823/1714_ความต้องการธาตุอาหารพืชและการใช้ประโยชน์.doc [24 มกราคม 2553]
- [7] ชีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2545. ปาล์มน้ำมันและการเพิ่มมูลค่า(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://natres.psu.ac.th/researchcenter/palm/picbook/2.thecra_46.pdf [28 ธันวาคม 2553]
- [8] ชัยรัตน์ นิพนธ์ และ ชีระพงศ์ จันทนิยม. 2551. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา : สถาบันวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลักษณะของดินและน้ำท่าจากการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยาง ชั้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Soil and runoff characteristics from treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation

เพ็ญภา ทองประไพ^{1*} อุดมพล พิชนไพบูลย์^{2*} สมทิพย์ ด่านธีรวินิชย์^{3*} พรทิพย์ ศรีแดง^{4*}
พนาลี ชีวักิดาการ^{5*} และ เจตจรรย์ ศิริวงศ์^{6*}

Pennapa tongprapai^{1*} Udomphon Puetpaiboon^{2*} Somtip Danteravanich^{3*} Porntip Sridang^{4*}

Panalee Chevakidagarn^{5*} and Jerdjun siriwong^{6*}

^{1*}นิสิตบัณฑิตศึกษา; ^{2*}อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{3*}อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84100

^{4*}อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{5*}อาจารย์; ^{6*}อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

^{1*}โทรศัพท์ : 081-4786228, E-mail : benice_2-6@hotmail.com

^{2*}โทรศัพท์ : 0-7428-7123, E-mail : udomphon.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่ารวมถึงการประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมันจากการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันแบบ Slow-rate Irrigation โดยสร้างแปลงทดลองในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาทดแทนแปลงทดลอง โดยใช้อัตราการรดที่แตกต่างกัน จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะดินและน้ำท่าทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองรวมทั้งเปรียบเทียบผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ได้จากการทดลองแต่ละแปลงจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างดินและน้ำท่าพบว่าค่า pH ของดินระหว่างการทดลองมีค่าสูงกว่าดินก่อนการทดลองกล่าวคือ pH ของดินก่อนการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 3.64-5.89 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.43-5.92 สำหรับน้ำท่าไม่พบว่าลักษณะของน้ำท่ามีคุณภาพด้อยกว่าเดิม การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสำหรับแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งมีค่า 120.9-221.8 kg/ไร่/เดือน ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ไม่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีค่า 31.7 kg/ไร่/เดือน และแปลงที่รดด้วยน้ำบ่อที่มีค่า 112.7 kg/ไร่/เดือน

คำสำคัญ : การบำบัดโดยดิน; ดิน; น้ำท่า; น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้น

Abstract

This research aims to investigate the effects of land treatment of concentrated latex effluent on the characteristic of soil and runoff and yield of oil palm. Slow-rate irrigation land treatment system was conducted in oil palm plantation. Pre-treatment effluent was irrigated to the oil palm plantation at different hydraulic loading rates. Soil and runoff characteristics before, during and after the experiment were investigated. Soil in palm oil plantation and runoff from plantation were collected to characterize their physical and chemical properties. The results show that pH and organic matter in soil was increased after irrigation with concentrated latex effluent. pH in soil before watering were 3.64-5.89 and was increased to be 4.43-5.92. No significance change of runoff was observed. However the production of oil palm plantation irrigated with concentrated latex effluent was found to be in a range of 120.9-221.8 kg/rai/month which was higher from control unit and irrigated with well water unit with a production of 31.7 kg/rai/month and 112.7 kg/rai/month, respectively.

Keywords : Land treatment; Soil; runoff; Concentrated latex effluent

บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำยางชันมีน้ำทิ้งเกิดขึ้นปริมาณมาก และมีปัญหามลพิษทางน้ำมากกว่าน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากมีสารอินทรีย์และสารอาหารที่มีความเข้มข้นสูง และยังมีการใช้กรดซัลฟูริก และแอมโมเนียในบางขั้นตอนของการผลิต ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเป็นพิษและกลิ่นเหม็น เพื่อลดมลพิษที่จะเกิดขึ้นจึงควรบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชันก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

วิธีการบำบัดโดยดิน (land treatment systems) เป็นวิธีที่โรงงานน้ำยางชันบางแห่งเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยพืชร่วมด้วยในการบำบัดและพืชที่นิยมเลือกใช้ก็คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากทางภาคใต้ การใช้น้ำเสียมารดสวนปาล์มน้ำมัน อาจส่งผลกระทบต่อลักษณะของดินและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน รวมถึงอาจส่งผลกระทบต่อน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่า จากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชันโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน รวมถึงการประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมัน โดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางชันโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางชันในภาคใต้ จำนวน 6 โรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างกันของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชัน จากนั้นสำรวจและกำหนดแปลงทดลองที่ศึกษาในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัททวศัณษิต จำกัด ในจังหวัดกระบี่ จำนวน 10 แปลง ขนาดแต่ละแปลงดังแสดงในตารางที่ 1 และสร้างคันดินขนาดความประมาณสูง 10 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตรกันแปลงแต่ละแปลง สร้างร่องรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดโดย

ดินไว้ด้านล่างแนวลาดเทของแปลงทดลองทุกแปลง และวางแนวท่อสำหรับรดน้ำทิ้งไว้ด้านบนแนวลาดเทของแปลงทดลองทุกแปลง ทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดมาแล้ว จากบริเวณใกล้เคียงสวนปาล์มน้ำมัน มารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) [1] โดยทดลองที่ 4 ภาระบรรทุก และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด แสดงดังตารางที่ 1 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง (รดโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) โดยก่อนการทดลองได้เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะของดินในแปลงทดลอง และน้ำท่าบริเวณใกล้แปลงทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะของดินและน้ำท่า เดือนละ 1 ครั้ง และเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมันจากแต่ละแปลงทดลองตลอดการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง ด้วยการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์ม น้ำมันที่เก็บได้ของแต่ละแปลงทดลองที่ศึกษาและบันทึกข้อมูลเก็บไว้ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 9 เดือน ซึ่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำท่าโดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ตามที่ระบุใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [2] และวิเคราะห์คุณสมบัติของดินตามที่ระบุใน คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเริญ, 2547) [3]

ตารางที่ 1 อัตราการรดน้ำทิ้งของแปลงทดลอง

แปลงรดทุกวัน	พ.ท. (m ²)	อัตราการรดน้ำ		แปลงรดน้ำสัปดาห์ละ ครั้ง	พ.ท. (m ²)	อัตราการรดน้ำ	
		(cm/wk)	(m ³ /d)			(cm/wk)	(m ³ /d)
D ₁	2,027	3	8.69	W ₁	2,027	3	56.13
D ₂	1,871	2	5.35	W ₂	1,871	2	48.4
D ₃	2,094	1	2.99	W ₃	2,094	1	24.64
D ₄	2,068	0.5	1.48	W ₄	2,068	0.5	10.65

ตารางที่ 2 คุณสมบัติดินน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
pH	9	NO ₃ -N (mg/L)	2.53
Temperature (°C)	28	TS (mg/L)	12,053
Conductivity (mS/cm)	8.92	SS (mg/L)	5,950
BOD ₅ (mg/L)	2,385	TDS (mg/L)	2,308
COD (mg/L)	5,246	TP (mg/L)	616.43
TKN (mg/L)	1,137	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	4,212
NH ₃ -N (mg/L)	882	Zn (mg/L)	0.21
Org-N (mg/L)	254.8	SAR	0.005
NO ₂ -N (mg/L)	2.73		

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนการทดลอง

พารามิเตอร์	Soil Texture	pH	Conductivity (S/cm)	OM (g/kg)	TN (g/kg)	Available P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	CEC (cmolc/kg)	ESP (%)
D ₁	SL	3.64	183.45×10 ⁻⁶	15.44	3.72	114.75	94	30.25	3.65	1.92
D ₂	SCL	3.72	168.45×10 ⁻⁶	15.00	9.23	93.78	156	34.45	5.45	1.28
D ₃	SCL	5.01	167.75×10 ⁻⁶	15.97	9.71	363.21	168	83.9	5.89	0.85
D ₄	SCL	4.75	168.9×10 ⁻⁶	15.97	5.12	80.06	663	12.68	6.3	1.59
W ₁	SL	4.07	99.82×10 ⁻⁶	16.17	7.78	235.91	90	74.11	3.36	0.89
W ₂	SL	4.46	297.5×10 ⁻⁶	18.12	12.03	417.24	269	83.45	5.89	1.19
W ₃	SL	5.89	503×10 ⁻⁶	16.36	17.92	455.58	667	53.87	6.73	1.49
W ₄	SCL	5.5	219.95×10 ⁻⁶	17.92	10.72	120.75	289	23.37	5.4	1.11
รดน้ำบ่อย	SL	4.17	98.22×10 ⁻⁶	16.80	2.71	114.36	59	17.39	4.56	0.66
ไม่รดน้ำบ่อย	L	3.83	100.795×10 ⁻⁶	15.05	2.13	49.66	105	3.22	4.23	0.71

หมายเหตุ : SL ดินร่วนปนทราย, SCL ดินร่วนเหนียวปนทราย, L ดินร่วน

mg/kg = ppm และ cmol/kg = meq/100g, OM = Organic Matter, ESP = Exchangeable Sodium Percentage

จากตาราง 3 พบว่าแต่ละคุณสมบัติของดินก่อนการทดลองของแต่ละแปลงทดลองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ค่า Organic Matter, Exchangeable Sodium Percentage, CEC, Available P และ K ของดินก่อนการทดลองในตาราง 2 มาเทียบกับเกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตาราง 4

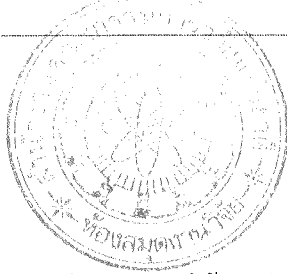
ตารางที่ 4 เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (จำป๋น ทองอ่อน, 2547)

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	อินทรีย์วัตถุ (g/kg)	ความอึดตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)
ต่ำ (คะแนน)	<15 (1)	<35 (1)	<10 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง (คะแนน)	15-35 (2)	35-75 (2)	10-20 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง (คะแนน)	>35 (3)	>75 (3)	>20 (3)	>25 (3)	>90 (3)

หมายเหตุ : ผลการประเมินใช้เกณฑ์ดังนี้ เมื่อรวมคะแนนถ้าได้คะแนนรวม น้อยกว่า 7 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถ้าคะแนนระหว่าง 8- 12 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และคะแนนตั้งแต่ 13 ขึ้นไปถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลองพบว่า ตัวอย่างดินก่อนการทดลองรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้นมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลางเหมือนกันทุกแปลง

เมื่อทำการทดลองรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางชั้น pH ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำ บ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเท่ากับ 4.46, 4.84, 5.23, 4.93, 4.43, 5.05, 5.92, 5.63, 5.01 และ 5.13 ตามลำดับ Conductivity ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อมีค่าเท่ากับ 185.30, 419.60, 277.00, 97.83, 220.90, 256.75, 137.80, 379.20, 52.77 และ 66.78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ตามลำดับ ค่า TN ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเท่ากับ 9.95, 9.79, 3.73, 4.24, 5.09, 5.54, 10.08, 6.90, 2.87 และ 2.45 g/kg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า pH ของดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองพบว่าค่า pH ของดินระหว่างการทดลองมีค่ามากกว่าดินก่อนการทดลอง เนื่องจากน้ำทิ้งที่ใช้ทดลองมีค่า pH ค่อนข้างเป็นด่าง ดังนั้นเมื่อผ่านแปลงทดลองจึงทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น พิจารณาค่า Conductivity พบว่ามีแนวโน้มไม่ต่างจากเดิม พิจารณาค่า Organic Matter พบว่าทุกแปลงมีค่า Organic Matter เพิ่มขึ้น เนื่องจากในน้ำทิ้งที่ใช้ทดลองมีธาตุอาหารที่เป็นทั้งค่อพืชและจุลินทรีย์ในดิน ทำให้จุลินทรีย์นำสารอาหารไปใช้แล้วเกิดเป็นคาร์บอนอยู่ในดิน ซึ่งเป็นการเพิ่ม Organic Matter ให้กับดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น พิจารณาค่า TN พบว่าบางแปลงมีค่า TN เพิ่มขึ้น เนื่องจากในน้ำทิ้งที่ใช้รมีค่าไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่มีบางแปลงที่ ค่า TN ลดลง อาจเกิดจากการที่ดินปาล์มน้ำมันนำไปใช้



อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลองมีอายุมากทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง โดยการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะลดลงตั้งแต่อายุ 15 ปีขึ้นไป [5]

สรุป

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันมีผลทำให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนจากค่อนข้างต่ำมีค่าเพิ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ให้กับดินทำให้ดินมีคุณสมบัติดีขึ้น และมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น สำหรับลักษณะของน้ำที่ไม่พบการปนเปื้อนของธาตุบางตัวที่เป็นอันตรายที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น และคุณภาพของน้ำที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งจัดอยู่ในประเภทที่ 4 สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน พบว่าการใช้น้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมันทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมัน เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายแทนการใส่ปุ๋ยและยังเป็นการลดต้นทุนในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาการอัตราการรดที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S และทุนบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณบริษัทวงษ์ภัณฑ์ จำกัด ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] US.EPA. 2006. Process Design Manual: Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents. EPA/625/R-06/016. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- [2] APHA, AWWA and WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Maryland: American Public Health Association.
- [3] จำเป็น ทองอ่อน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [4] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. ฉบับที่ 8. 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111. ตอนที่ 16 ง. ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.
- [5] ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรมนิม. 2551. สถาบันวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

