

## **5. อัตราการบำบัดทุกทางคลศาสตร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสารอินทรีย์โดยใช้ดินร่วมกับพืชและดินที่ไม่มีการปลูกพืช**

ในการทดลองนี้ทำการศึกษาอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ BOD COD และ ลิกนินของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยดินที่มีการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลจากผลการทดลอง มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำจัดสารอินทรีย์เพื่อหาค่าอัตราการบำบัดทุกทางคลศาสตร์ที่เหมาะสม ที่อัตราการทางคลศาสตร์ต่างกันคือ 0.313, 0.626 และ 1.25 ชม./วัน ตามลำดับ

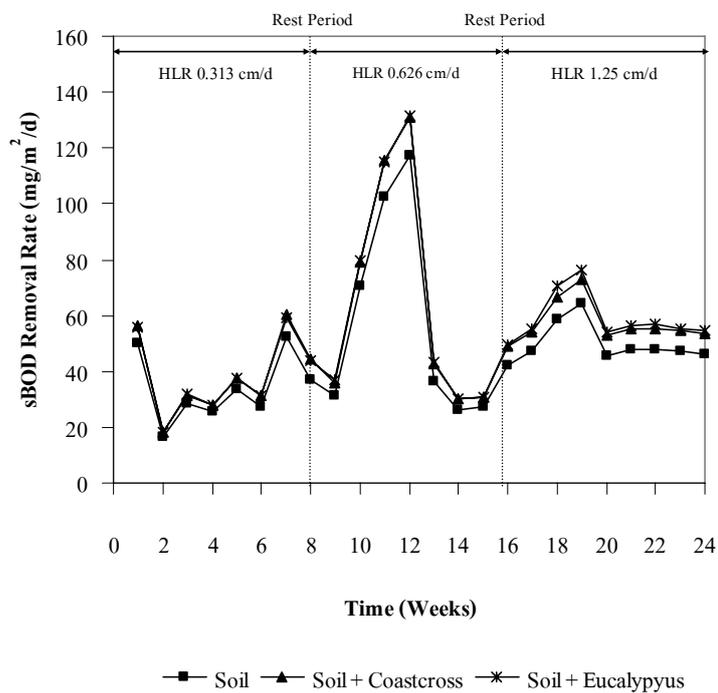
### **5.1 อัตราการบำบัดทุกทางคลศาสตร์ที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD**

ผลการทดลองพบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลองไม่มีพืช หญ้าโคสครอส และยูคาร์ลิปตัส ที่อัตราการทางคลศาสตร์ 0.313 ชม./วัน มีค่าอยู่ในช่วง 16.42-52.46, 17.98-60.43 และ 18.14-59.14 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 77.34-86.51, 89.08-94.35 และ 87.19-94.34 ตามลำดับ และพบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sCOD มีค่าอยู่ในช่วง 224.76-964.90, 304.91-1284.75 และ 311.89-1262.08 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 58.44-71.66, 79.28-88.06 และ 79.12-88.75 ตามลำดับ

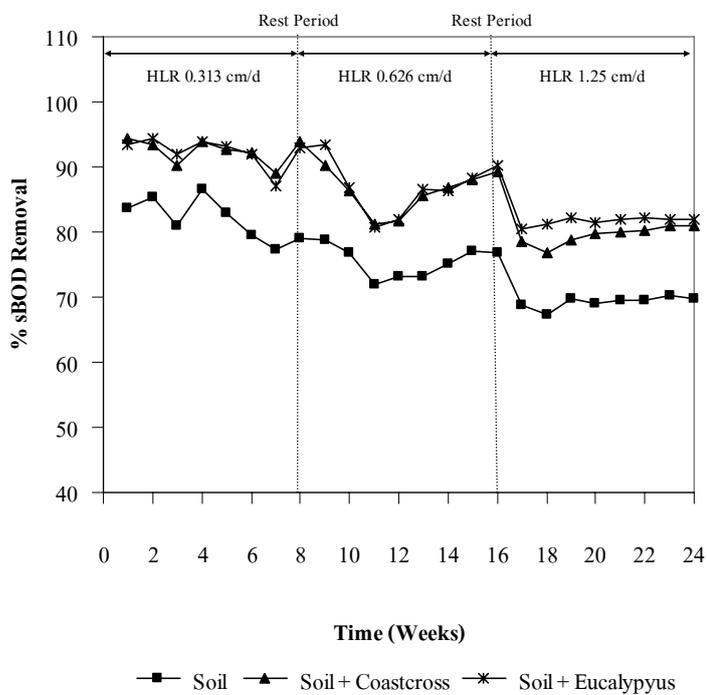
ในขณะการทดลองที่อัตราการทางคลศาสตร์ 0.626 ชม./วัน พบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลองไม่มีพืช หญ้าโคสครอส และยูคาร์ลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 26.37-117.02, 30.46-130.68 และ 30.28-131.42 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 71.94-78.87, 81.10-90.36 และ 80.69-93.38 ตามลำดับ และพบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sCOD มีค่าอยู่ในช่วง 466.21-2098.52, 632.26-2627.99 และ 627.49-2633.93 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 50.94-62.39, 66.68-82.69 และ 63.95-87.21 ตามลำดับ

ส่วนการทดลองที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 1.25 ชม./วัน พบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลองไม่มีพืช หญ้า โคลศกรอส และยูคาร์ลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 45.79-64.48, 53.02-72.88 และ 54.15-76.09  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 67.30-70.28, 76.80-81.0 และ 80.51-82.32 ตามลำดับ และพบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sCOD มีค่าอยู่ในช่วง 769.79-1093.85, 1032.31-1418.33 และ 1053.29-1508.68  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 47.15-52.64, 62.10-68.38 และ 64.69-70.54 ตามลำดับ

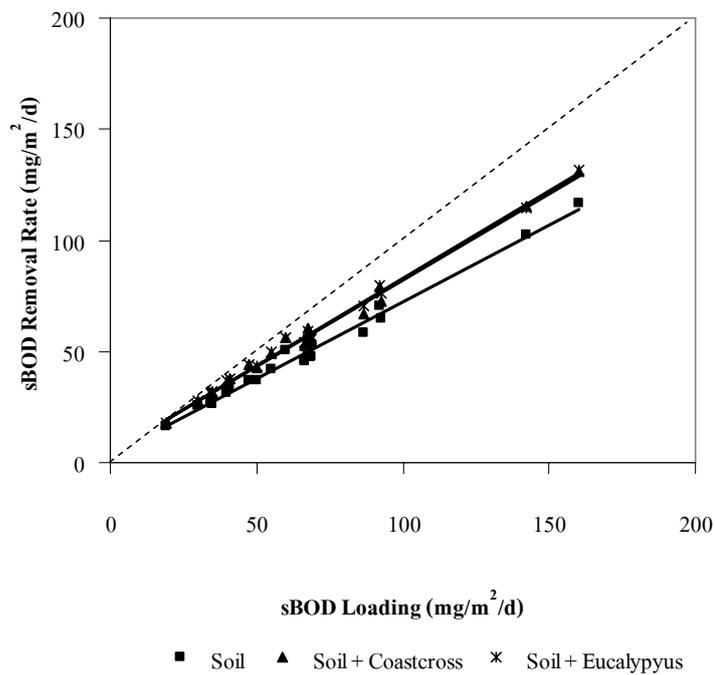
จากผลการทดลองพบว่า อัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD จะมีค่าแปรผันกับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำซึม และปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนเข้าแปลงทดลอง และน้ำที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลอง โดยในการทดลองที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.626 ชม./วัน มีค่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์แปรผันอยู่ในช่วงกว้างที่สุดทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 10-12 มีฝนตกเป็นปริมาณมาก ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD จะมีค่าสูงที่สุดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.313 ชม./วัน และจะมีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มอัตราภาระทางชีวศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์จะมีค่าต่ำที่สุดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 1.25 ชม./วัน ซึ่งสามารถแสดงอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD และประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ต่างกันคือ 0.313, 0.626 และ 1.25 ชม./วัน ได้ดังภาพที่ 27 ถึงภาพที่ 34



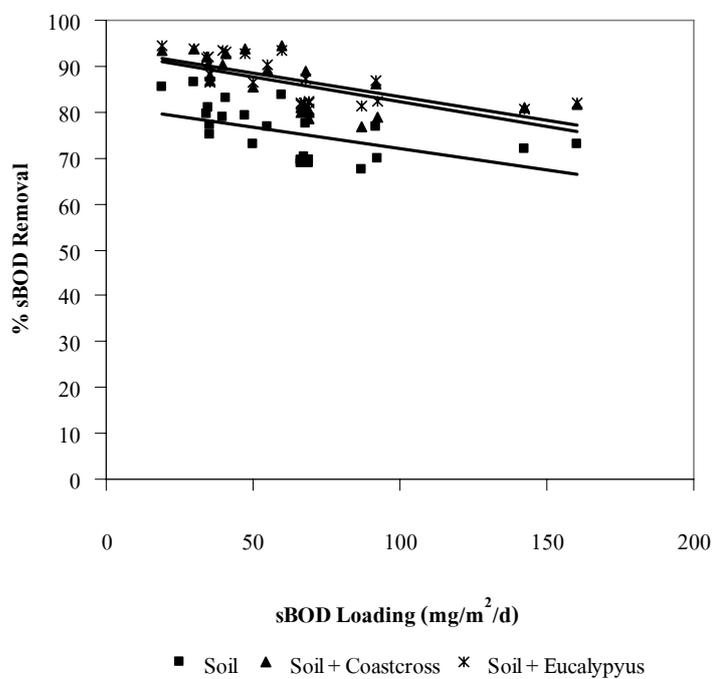
ภาพที่ 27 อัตราการกำจัด sBOD ที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



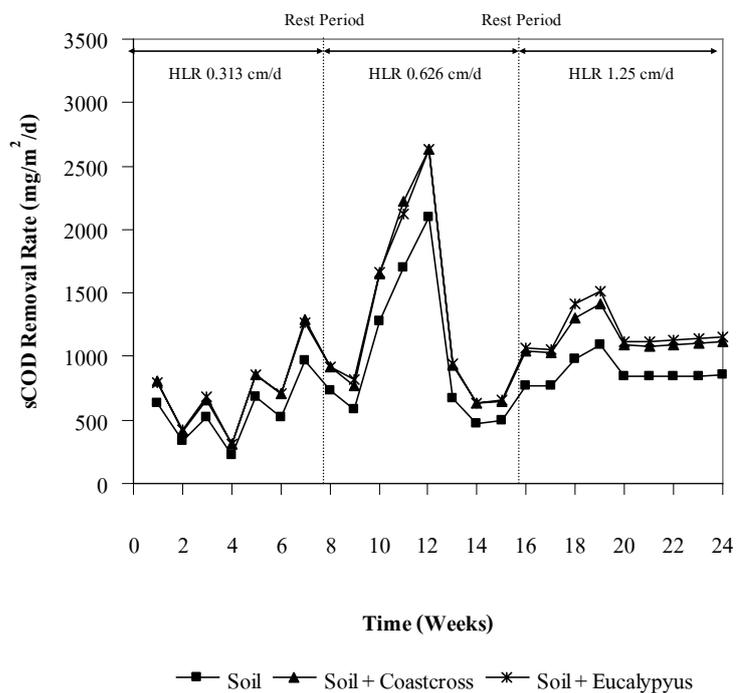
ภาพที่ 28 ประสิทธิภาพการกำจัด sBOD ที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



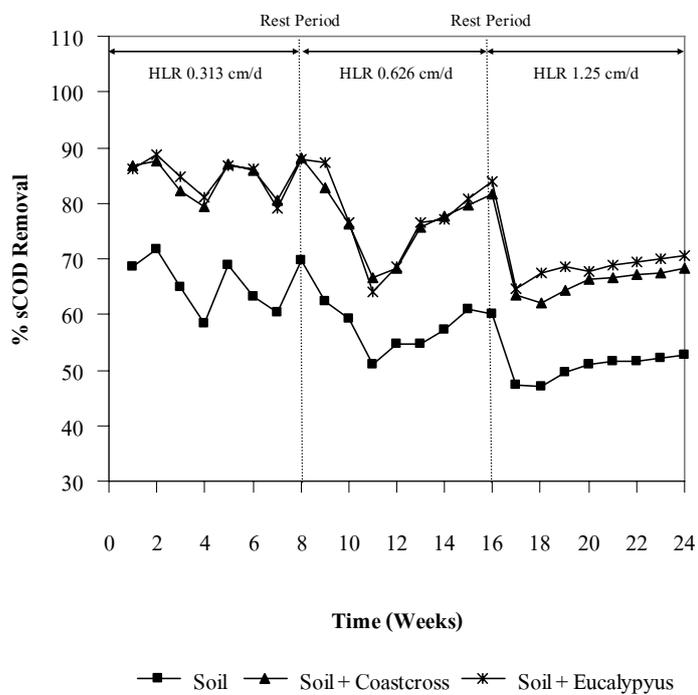
ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับอัตราการกำจัด sBOD



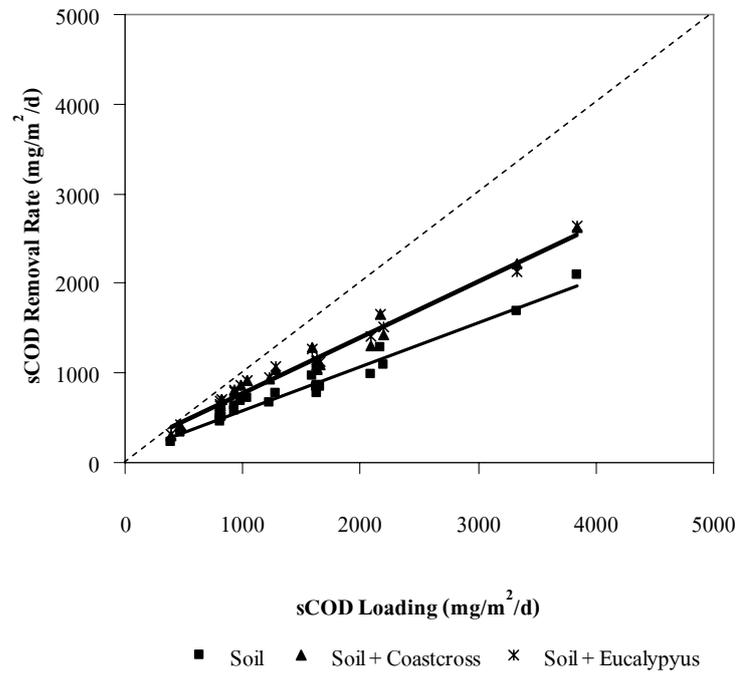
ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับประสิทธิภาพการกำจัด sBOD



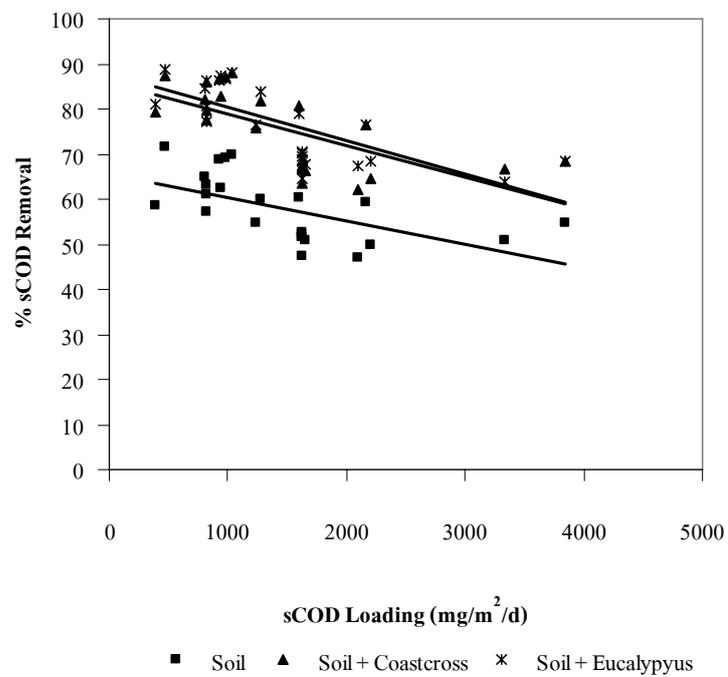
ภาพที่ 31 อัตราการกำจัด sCOD ที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



ภาพที่ 32 ประสิทธิภาพการกำจัด sCOD ที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับอัตราการกำจัด sCOD

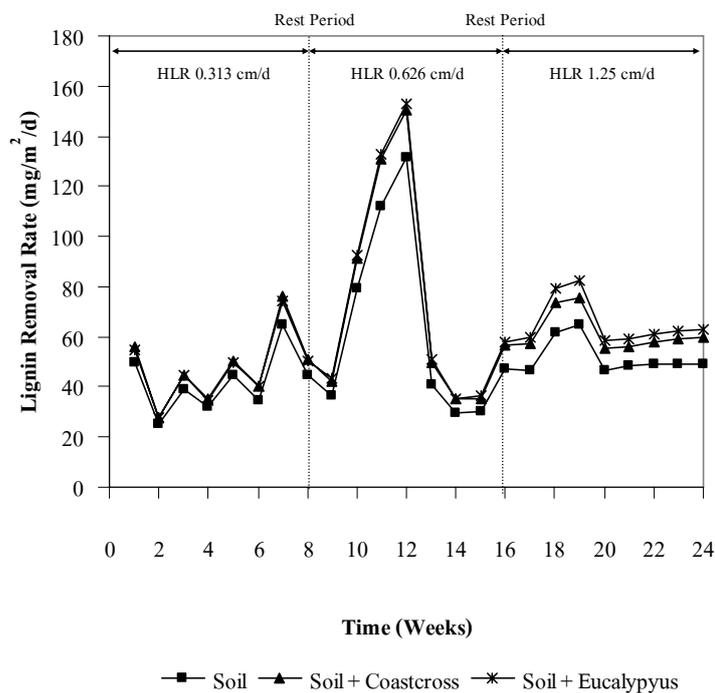


ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับประสิทธิภาพการกำจัด sCOD

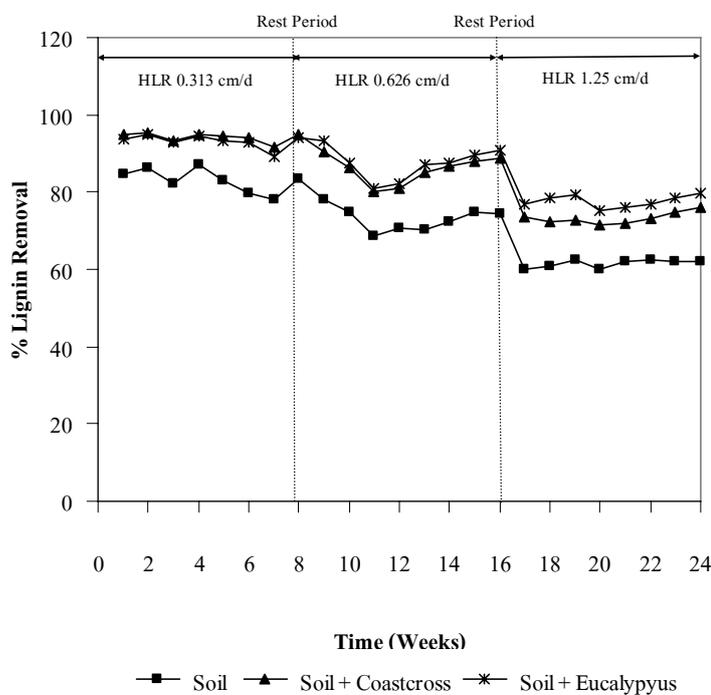
## 5.2 อัตราการบำบัดทุกทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน

ผลการทดลองพบว่าอัตราการกำจัดลิกนินจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลอง ไม่มีพีช หญ้าโคสโครส และยูคาร์ลิปตัส ที่อัตราการทางชลศาสตร์ 0.313 ชม./วัน มีค่าอยู่ในช่วง 25.17-65.09, 27.84-76.11 และ 27.73-74.30 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 78.28-87.18, 91.54-95.31 และ 89.36-94.94 ตามลำดับ ในขณะที่การทดลองที่อัตราการทางชลศาสตร์ 0.626 ชม./วัน พบว่าอัตราการกำจัดลิกนินของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลอง ไม่มีพีช หญ้าโคสโครส และยูคาร์ลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 29.40-131.30, 35.20-150.33 และ 35.46-152.86 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 68.44-77.99, 80.05-90.51 และ 80.88-93.33 ตามลำดับ และการทดลองที่อัตราการทางชลศาสตร์ 1.25 ชม./วัน พบว่าอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของลิกนินของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลอง ไม่มีพีช หญ้าโคสโครส และยูคาร์ลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 46.44-64.98, 55.38-75.71 และ 58.33-82.54 mg/m<sup>2</sup>/d โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 59.81-62.50, 71.32-76.05 และ 75.12-79.61 ตามลำดับ

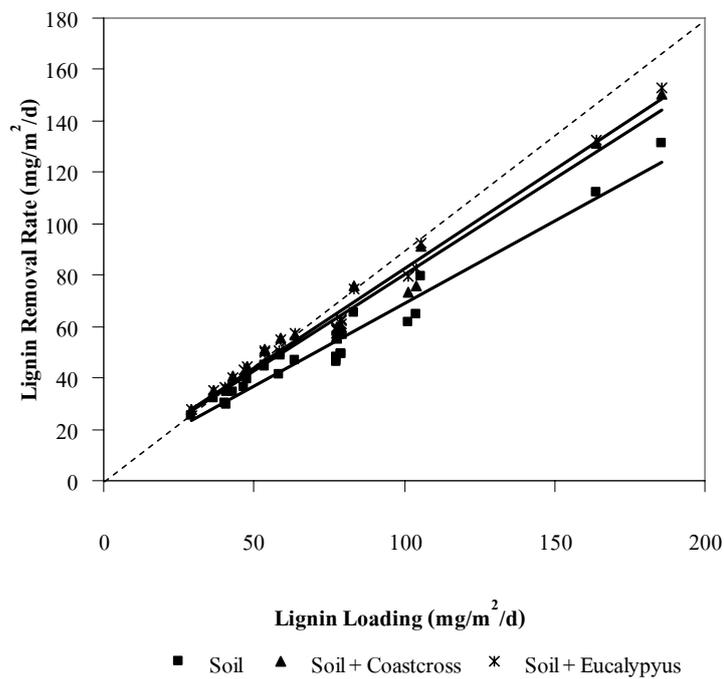
จากการศึกษาอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของลิกนินด้วยอัตราการทางชลศาสตร์ที่แตกต่างกัน พบว่าให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกับอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD กล่าวคือ อัตราการกำจัดจะมีค่าแปรผันกับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำซึม และปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนเข้าแปลงทดลองและที่ผ่านการบำบัดในแปลงทดลอง โดยพบว่าอัตราการกำจัดลิกนินแปรผันในช่วงกว้างที่สุดในสัปดาห์ที่ 10-15 ของการทดลองที่อัตราการทางชลศาสตร์ 0.626 ชม./วัน ทั้งนี้เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 11 และ 12 ของการทดลองที่อัตราการทางชลศาสตร์ดังกล่าวมีฝนตกปริมาณมาก โดยมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 201.13 และ 240.16 ลิตรต่อสัปดาห์ตามลำดับ และไม่มีฝนในสัปดาห์ที่ 14 และ 15 และจากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของลิกนินก็ให้ผลเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของ sBOD และ sCOD เช่นกัน กล่าวคือ ประสิทธิภาพการกำจัดลิกนินจะมีค่าสูงที่สุดที่อัตราการทางชลศาสตร์ 0.313 ชม./วัน และมีค่าต่ำที่สุดที่อัตราการทางชลศาสตร์ 1.25 ชม./วัน ซึ่งสามารถแสดงอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของลิกนินและประสิทธิภาพการกำจัดลิกนินที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 35 ถึงภาพที่ 38



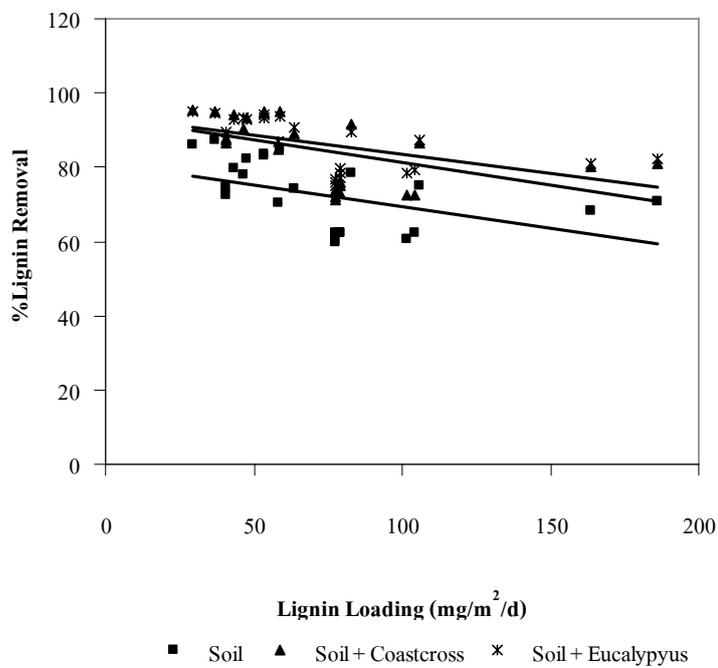
ภาพที่ 35 อัตราการกำจัดลิกนินที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



ภาพที่ 36 ประสิทธิภาพการกำจัดลิกนินที่อัตราการทางชลศาสตร์ต่าง ๆ



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับอัตราการกำจัดลิกนิน



ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระบรรทุกกับประสิทธิภาพการกำจัดลิกนิน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของแปลงทดลองที่ไม่มีการปลูกพืช พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัด sBOD sCOD และลิกนิน สูงที่สุดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.313 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 63.61, 33.86 และ 65.25 ตามลำดับ รองลงมาคือ การบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.626 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 59.99, 30.96 และ 56.22 ตามลำดับ ส่วนการบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 1.25 ชม./วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำที่สุดคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.14, 27.13 และ 43.47 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษและน้ำซึมที่ผ่านการบำบัดด้วยดินที่ไม่มีการปลูกพืช

Parameter	Avg.Eff. by Soil					
	Run 1	%R <sub>1</sub>	Run 2	%R <sub>2</sub>	Run 3	%R <sub>3</sub>
pH	7.91±0.09	-	8.06±0.04	-	8.07±0.06	-
sBOD (mg/l)	1.98±0.26	63.61±0.73	2.23±0.04	59.99±0.9	2.45±0.05	55.14±0.99
sCOD (mg/l)	78.81±2.72	33.86±1.82	90.61±3.32	30.96±2.54	95.02±2.34	27.13±1.86
SS (mg/l)	288.38±66.13	-*	172.92±6.78	-*	176.25±6.78	-*
TDS (mg/l)	1224±24.07	5.05±2.46	1117.21±6.92	13.35±0.63	1147.5±22.92	12.49±2.06
Conductivity (µs/cm)	1002±19.44	22.07±1.62	1104.38±3.77	18.32±0.27	1107.75±5.52	18.9±0.45
Colour (Pt-Co unit)	98.54±1.2	32.78±1.71	97.5±1.89	34.61±1.37	116.21±1.99	22.07±1.36
Lignin (mg/l)	2.33±0.02	65.25±0.89	2.82±0.02	56.22±0.33	3.54±0.08	43.47±1.29

หมายเหตุ: Average±SD., %R=%Removal

\* ไม่เหมาะสมในการประเมินเนื่องจากมีอนุภาคดินจากแปลงทดลองหลุดติดมากับน้ำซึม

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของแปลงทดลองที่มีการปลูกหญ้าโคศครอส พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัด sBOD sCOD และลิกนิน สูงที่สุดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.313 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 74, 50.07 และ 79.64 ตามลำดับ รองลงมาคือ การบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.626 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.98, 46.58 และ 68.37 ตามลำดับ ส่วนการบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 1.25 ชม./วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำที่สุดคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 65.37, 41.73 และ 54.96 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษและน้ำซึมที่ผ่านการบำบัดด้วยดินที่มีการปลูกหญ้าโคศครอส

Parameter	Avg.Eff. by Soil+Coastcross					
	Run 1	%R1	Run 2	%R2	Run 3	%R3
pH	7.84±0.13	-	7.97±0.05	-	8.07±0.06	-
sBOD (mg/l)	1.4±0.1	74±1.69	1.73±0.04	68.98±0.86	2.45±0.05	65.37±1.35
sCOD (mg/l)	59.43±1.43	50.07±2.29	70.11±3.12	46.58±2.38	95.02±2.34	41.73±1.92
SS (mg/l)	120.13±25.03	-*	124.13±3.85	-*	176.25±6.78	-*
TDS (mg/l)	1081.25±54.49	16.11±4.78	1095.83±12.86	15.01±0.63	1147.5±22.92	15.88±2.09
Conductivity (µs/cm)	997.13±13.6	22.53±1.33	1098.75±5.14	18.74±0.33	1107.75±5.52	20.27±0.25
Colour (Pt-Co unit)	80.62±3.45	45.04±1.85	84.13±2.18	43.59±1.37	116.21±1.99	40.18±0.82
Lignin (mg/l)	1.37±0.04	79.64±0.71	2.03±0.03	68.37±0.6	3.54±0.08	54.96±1.68

หมายเหตุ: Average±SD., %R=%Removal

\* ไม่เหมาะสมในการประเมินเนื่องจากมีอนุภาคดินจากแปลงทดลองหลุดติดมากับน้ำซึม

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของแปลงทดลองที่มีการปลูกยูคาลิปตัส พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด sBOD sCOD และลิกนิน สูงที่สุดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.313 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.17, 41.74 และ 71.93 ตามลำดับ รองลงมาคือ การบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 0.626 ชม./วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 65.04, 38.36 และ 66.44 ตามลำดับ ส่วนการบำบัดที่อัตราภาระทางชีวศาสตร์ 1.25 ชม./วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำที่สุดคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 63.08, 35.79 และ 54.54 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษและน้ำซึมที่ผ่านการบำบัดด้วยดินที่มีการปลูกยูคาลิปตัส

Parameter	Avg.Eff. by Soil+Eucalyptus					
	Run 1	%R <sub>1</sub>	Run 2	%R <sub>2</sub>	Run 3	%R <sub>3</sub>
pH	7.77±0.21	-	8.06±0.06	-	8.09±0.06	-
sBOD (mg/l)	1.73±0.21	68.17±1.22	1.95±0.05	65.04±0.69	2.01±0.06	63.08±0.99
sCOD (mg/l)	69.35±1.45	41.74±2.83	80.9±3.42	38.36±2.56	83.72±3.38	35.79±2.63
SS (mg/l)	342.63±118.45	-*	160±14.39	-*	150.88±4.23	-*
TDS (mg/l)	1242±56.46	3.74±3.22	1135.54±11.96	11.93±0.83	1161±9.95	11.47±0.94
Conductivity (µs/cm)	1024±22.84	20.34±2.32	1112.88±4.91	17.67±0.33	1109.25±9.47	18.79±0.69
Colour (Pt-Co unit)	94.71±5.06	35.34±4.54	97.25±2.07	34.78±1.67	110.37±1.21	25.91±0.93
Lignin (mg/l)	1.88±0.03	71.93±0.39	2.16±0.05	66.44±0.8	2.84±0.13	54.54±2.15

หมายเหตุ: Average±SD., %R=%Removal

\* ไม่เหมาะสมในการประเมินเนื่องจากมีอนุภาคดินจากแปลงทดลองหลุดติดมากับน้ำซึม