10th ANNIVERSARY
OF NARESUAN UNIVERSITY
PUBLISHING HOUSE

บึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสีย

หลักพื้นฐานและกรณีศึกษา

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก.

บึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสีย: หลักพื้นฐานและกรณีศึกษา.-- พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565.
294 หน้า.
1. น้ำเสีย -- การบำบัด. I. ชื่อเรื่อง.

628.3
ISBN 978-616-426-250-8
ISBN (e-book) 978-616-426-251-5
สพน. 103
ราคา **400** บาท
พิมพ์ครั้งที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565

สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามการลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่ **1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
สาขา ศาลาพระเกี้ยว กรุงเทพฯ โทร. 0 2218 7000-3
สยามสแควร์ อาคารวิทยทัตต์ กรุงเทพฯ โทร. 0 2218 9881, 0 2255 4433
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0 5526 0162-5
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 0 4421 6131-2
มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0 3839 4855-9
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (รร.จปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 0 3739 3023, 0 3739 3036
จัตุรัสจามจุรี กรุงเทพฯ โทร. 0 2160 5301
มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0 5446 6799, 0 5446 6800
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โทร. 0 4492 2662-3
สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จุฬาฯ โทร. 0 2218 3979
สาขาหัวหมาก โทร. 0 2374 1378

2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0 2579 0113

3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0 2613 3899, 0 2623 6493
สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0 5394 4990-1
ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0 7428 2980, 0 7428 2981
ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา โทร. 0 7329 9980

4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5596 8833 ถึง 8836

กองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
ออกแบบปก สรญา แสงเย็นพันธ์
ออกแบบรูปเล่ม สัญญา จันทา
พิมพ์ที่ บริษัท กู๊ดเฮด พริ้นท์ติ้ง แอนด์ แพคเกจจิ้ง กรุ๊ป จำกัด 6/1 นิคมอุตสาหกรรมบางชัน ซอยเสรีไทย 58 แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510

สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
http://www.thaibooksociety.com

พิมพ์บน กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ กระดาษถนอมสายตาGreen Read

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่ ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

nuph@nu.ac.th สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
0 5596 8833-8836 nu_publishing

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิต กิจกรรมการใช้น้ำจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากประโยชน์ที่ได้รับแล้วการใช้น้ำยังทำให้เกิดน้ำทิ้งที่อาจส่งผลกระทบต่อแหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติ ดังนั้นการบำบัดเพื่อลดผลกระทบจากมลสารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ระบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียอย่างง่าย ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินระบบถูก และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากจะช่วยลดผลกระทบจากปัญหามลพิษน้ำแล้ว ยังสามารถก่อประโยชน์ในรูปอื่น ๆ และช่วยสร้างความยั่งยืนให้กับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

หนังสือเล่มนี้ได้นำเสนอองค์ความรู้ เรื่อง “บึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสีย: หลักพื้นฐานและกรณีศึกษา” องค์ประกอบของหนังสือแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก รวม 7 บท โดยส่วนที่ 1 นำเสนอข้อมูลพื้นฐาน ลักษณะและองค์ประกอบหลักของระบบบึงประดิษฐ์ หลักเกณฑ์พื้นฐานในการออกแบบระบบ และข้อดีและข้อจำกัดของระบบบึงประดิษฐ์ ส่วนที่ 2 นำเสนอกระบวนการสำคัญในการบำบัดมลสารในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ ประกอบด้วย 5 บท ซึ่งกล่าวถึงการบำบัดของแข็งแขวนลอย การบำบัดสารอินทรีย์ การบำบัดไนโตรเจน การบำบัดฟอสฟอรัส และการบำบัดโลหะหนักและยาปฏิชีวนะ ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ และส่วนที่ 3 นำเสนอกรณีศึกษาการใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการลดมลสารในน้ำและน้ำเสีย ทั้งนี้เพื่อเผยแพร่แนวทางหนึ่งในการปกป้องดูแลรักษาสภาพแวดล้อม โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้ที่นำเสนอในหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์และมีส่วนในการสร้างความรู้ความเข้าใจที่จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากระบบบึงประดิษฐ์และการบำบัดน้ำเสียเพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับสิ่งแวดล้อมต่อไป

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทองค์ความรู้ ประสบการณ์ และผลักดันให้ผู้เขียนได้จัดทำและเผยแพร่ผลงานวิชาการ รวมถึงให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการเขียนและปรับปรุงหนังสือเล่มนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมและวงวิชาการได้บ้างไม่มากก็น้อย

ขอขอบพระคุณการส่งเสริมและสนับสนุนจากบิดาผู้ล่วงลับ ครอบครัว และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน และขอบคุณการสนับสนุนจาก นายคุณากร มั่นชื่น ผู้วาดภาพประกอบ

ขอขอบพระคุณการให้การสนับสนุนเนื้อหาวิชาการ และภาพถ่ายจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และที่สำคัญผู้เขียนขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทรแก้ว อาจารย์ผู้มีความเป็นครูอย่างสมบูรณ์ และในฐานะผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญและเป็นต้นทางของการจัดทำหนังสือเล่มนี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก

สารบัญ

บทที่ 1 บึงประดิษฐ์ 1

ความหมายของระบบบึงประดิษฐ์ 2

ประเภทของระบบบึงประดิษฐ์ 3

องค์ประกอบสำคัญของระบบบึงประดิษฐ์ 6

ข้อกำหนดในการออกแบบและดำเนินระบบบึงประดิษฐ์ 15

แบบจำลองในการออกแบบก่อสร้างและดำเนินระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ 25

ข้อดีและข้อจำกัดของระบบบึงประดิษฐ์ 38

บรรณานุกรม 48

แบบฝึกหัดท้ายบท 56

บทที่ 2 การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 57

การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 58

การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ 61

ประสิทธิภาพการบำบัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย
ของระบบบึงประดิษฐ์ 65

บรรณานุกรม 82

แบบฝึกหัดท้ายบท 86

บทที่ 3 การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 87

การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 89

การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ 92

ประสิทธิภาพการบำบัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
ของระบบบึงประดิษฐ์ 95

บรรณานุกรม 115
แบบฝึกหัดท้ายบท 120

บทที่ 4 การบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 121
การบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 123
การบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ 128
ประสิทธิภาพการบำบัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสีย
ของระบบบึงประดิษฐ์ 132
บรรณานุกรม 152
แบบฝึกหัดท้ายบท 158

บทที่ 5 การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 159
การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 161
การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ 164
ประสิทธิภาพการบำบัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย
ของระบบบึงประดิษฐ์ 167
บรรณานุกรม 185
แบบฝึกหัดท้ายบท 191

บทที่ 6 การบำบัดโลหะหนักและยาปฏิชีวนะในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 193
การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 195
การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ 199
ประสิทธิภาพการบำบัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสีย
ของระบบบึงประดิษฐ์ 202
การบำบัดยาปฏิชีวนะในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 220
บรรณานุกรม 230
แบบฝึกหัดท้ายบท 241

บทที่ 7 กรณีศึกษาการใช้ระบบบึงประดิษฐ์บำบัดมลสารในน้ำและน้ำเสีย 243

กรณีศึกษา: ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ 244

กรณีศึกษา: ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิววัสดุ..... 259

กรณีศึกษา: ระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน 274

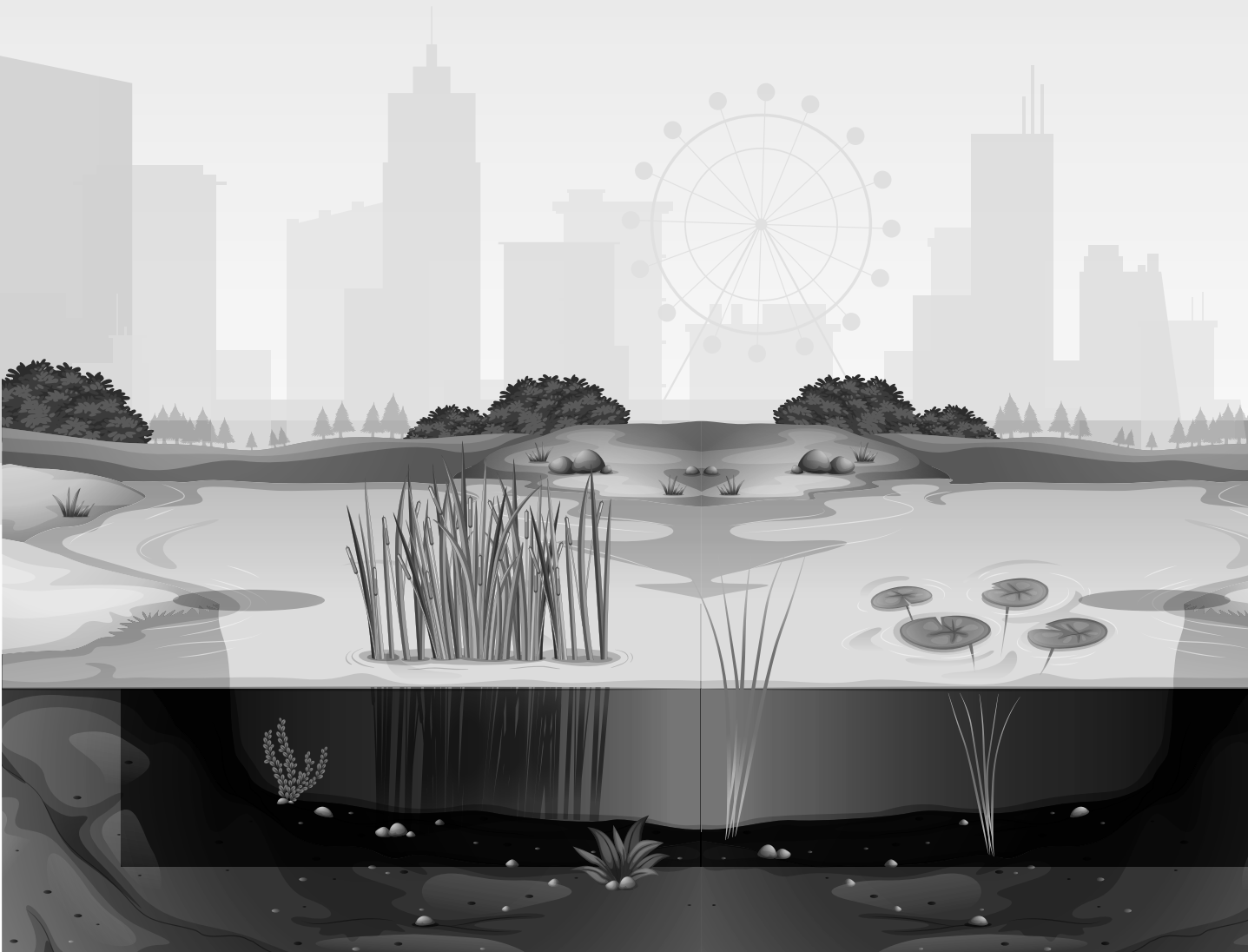
บรรณานุกรม 277

แบบฝึกหัดท้ายบท 279

ดัชนี..... 281

01

บึงประดิษฐ์



น้ำจำเป็นต่อมนุษย์ทั้งต่อการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน และต่อกิจกรรมการผลิตทั้งด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ภายหลังจากการใช้ประโยชน์ น้ำจะปนเปื้อนไปด้วยสสารหรือวัตถุต่าง ๆ ที่ทำให้คุณภาพของน้ำลดลงจนกลายเป็นน้ำเสียที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามปกติ อีกทั้งยังอาจก่อผลกระทบต่อระบบนิเวศภายในแหล่งที่รองรับน้ำเสียนั้นได้ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อลดผลกระทบจากมลสารที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันในปัจจุบันมีอยู่หลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อจำกัดที่ส่งผลต่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้บึงประดิษฐ์ (Constructed wetland) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภทหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดมลสารในน้ำเสีย และเป็นระบบบำบัดที่ได้รับการยอมรับในประสิทธิภาพการทำงาน อีกทั้งยังเป็นระบบบำบัดที่มีลักษณะเฉพาะที่สามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากหลากหลายกิจกรรมและยังสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายลักษณะพื้นที่

ความหมายของระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดที่ถูกสร้างขึ้นโดยเลียนแบบลักษณะของพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติ (Natural wetland) ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่เป็นรอยต่อระหว่างระบบนิเวศบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำที่มีบทบาทสำคัญประการหนึ่ง คือ การลดมลสารที่ปะปนอยู่ในน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ชุ่มน้ำ ทั้งนี้น้ำที่ไหลจากพื้นที่ตอนบนซึ่งมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายจะไหลตามทิศทางความลาดชันลงสู่ที่ลุ่มต่ำที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติก่อนจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อน้ำที่มักปนเปื้อนด้วยมลสารไหลลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ที่ดินมีลักษณะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ และมีพืชที่สามารถปรับตัวได้ในดินที่มีความชื้นสูงหรือมีน้ำท่วมขังเจริญเติบโตอยู่ในพื้นที่ (Kivaisi, 2001) น้ำจะถูกกักพักอยู่ในพื้นที่เป็นระยะเวลาหนึ่งซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มลสารที่ปะปนอยู่ในน้ำจะถูกบำบัดหรือถูกเคลื่อนย้ายออกจากน้ำด้วยกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ชุ่มน้ำ บทบาทของพื้นที่ชุ่มน้ำในการลดมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำดังกล่าวนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย โดยนำคุณลักษณะของพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติที่ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการบำบัดมาใช้และพัฒนาคุณลักษณะที่เหมาะสมเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบ ขณะที่ข้อด้อยของพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติที่เป็นข้อจำกัดของประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ถูกปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการทำงานของระบบและนำไปสู่การประยุกต์ใช้ต่อไป

02

การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

ของแข็งเป็นมลสารที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียเกือบทุกประเภท พบได้ทั้งในรูปของของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) และของแข็งละลาย (Dissolved solid) ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเสียและลักษณะของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ลักษณะเฉพาะของของแข็งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อลักษณะของการก่อผลกระทบ รวมถึงกลไกในการบำบัดของแข็งในน้ำเสีย เช่น ของแข็งละลายในกลุ่มของธาตุอาหาร และของแข็งละลายในกลุ่มของโลหะหนัก จะมีลักษณะของการก่อผลกระทบและมีกลไกในการบำบัดที่แตกต่างกันบางประการ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ที่จะกล่าวถึงในบทนี้ จัดเป็นการบำบัดด้วยกลไกการบำบัดอย่างง่ายที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของของแข็งแขวนลอยอันประกอบด้วยน้ำหนัก ขนาด ความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่นของของแข็งแขวนลอย ซึ่งจะส่งผลต่อการแยกของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลง และเนื่องจากของแข็งแขวนลอย หมายถึง ของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 1 μm ขึ้นไป (U.S. Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2000) หรือของแข็งที่สามารถถูกกรองไว้ได้ด้วยกระดาษกรองที่มีรูพรุนขนาด 1.2 μm (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation [APHA, AWWA, WEF], 1998) ของแข็งแขวนลอยจึงอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ดังนั้นการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจึงช่วยลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากคุณสมบัติของการเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ดังกล่าวด้วย และด้วยการลดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเป็นการบำบัดที่เกิดขึ้นเป็นลำดับแรก ๆ โดยกระบวนการอย่างง่ายที่ใช้แรงตามธรรมชาติเป็นหลักจึงมีต้นทุนในการบำบัดต่ำ ขณะที่มีผลในการลดปริมาณมลสารหลายชนิดในน้ำเสียลงด้วย ดังนั้นกระบวนการในการลดของแข็งแขวนลอยจึงมีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์

การบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ

ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ถูกบำบัดภายในบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุส่วนหนึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยที่ปะปนมาพร้อมกับน้ำเสีย ขณะที่อีกส่วนเป็นของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นภายในระบบจากการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิตและเศษซากของสิ่งมีชีวิต ซึ่งได้แก่ สาหร่าย เศษซากแพลงก์ตอน ตะกอนจุลินทรีย์ และเศษซากพืชที่ร่วงหล่นลงสู่น้ำเสีย เป็นต้น โดยจะพบมากในระบบที่รองรับน้ำเสียที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง และยังรวมถึงปริมาณของแข็งแขวนลอยประเภทตะกอนเคมีที่เกิดขึ้นภายในระบบ ขณะที่ของแข็งแขวนลอยที่ถูกกำจัดออกจากน้ำและตกสะสมอยู่ที่พื้นท้องน้ำหรือหน้าพื้นผิว

03

การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

สารอินทรีย์เป็นมลสารหลักที่พบปนเปื้อนทั้งในน้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากการเกษตรกรรม และน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารอินทรีย์ในกระบวนการผลิต ดังนั้นค่าของดัชนีที่บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนสารอินทรีย์จึงได้ถูกกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งทุกประเภท ซึ่งแสดงถึงความสำคัญในลดปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากการระบายน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปะปนในปริมาณสูงลงสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติจะทำให้ระบบนิเวศของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลงได้ จากการใช้ออกซิเจนในน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นเกิดอาการขาดออกซิเจนจนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เกิดการตายของสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถอพยพเคลื่อนย้ายถิ่นอาศัย และเกิดภาวะน้ำเน่าเสียได้ในที่สุด นอกจากผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำแล้ว การลดต่ำลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูง จะกระทบต่อความสามารถในการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ด้วย ดังนั้นการลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงเป็นเป้าหมายหลักที่สำคัญของการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ถูกใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียทุกประเภทด้วยเช่นกัน

สารอินทรีย์เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะปรากฏในหลายรูป โดยสามารถจัดแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้เป็นอนุภาคสารอินทรีย์ (Particulate organic matter: POM) และสารอินทรีย์ละลาย (Dissolved organic matter: DOM) ซึ่งจำแนกได้ด้วยการกรองผ่านรูพรุนขนาด 0.45 μm โดยคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกลไกในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย อย่างไรก็ตามการบ่งชี้ปริมาณการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น โดยทั่วไปมักบ่งชี้ด้วยผลการตรวจวัดค่าสารอินทรีย์รวมทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ ค่าสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (Total organic carbon) ค่าความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางเคมี (Chemical oxygen demand: COD) และค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการชีวเคมี (Biochemical oxygen demand: BOD) ทั้งนี้ นอกจากค่าสารอินทรีย์ในรูปของ COD และ BOD จะถูกกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งประเภทต่าง ๆ แล้ว ค่า COD และ BOD ยังถูกใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและใช้บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดสารอินทรีย์ด้วย

04

การบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต พบได้ทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นอกจากนั้นไนโตรเจนยังเป็นก๊าซที่มีมากที่สุดในชั้นบรรยากาศบริเวณที่เป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอีกด้วย แม้ในสภาพปกติตามธรรมชาติ ไนโตรเจนจะเกิดการหมุนเวียนอยู่เป็นวัฏจักร โดยเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงอินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารได้เองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่เนื่องจากเป็นธาตุที่สำคัญต่อการดำรงอยู่และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนจึงได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เพิ่มมากขึ้นนี้จะทำให้สิ่งมีชีวิตเพิ่มจำนวนและมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นด้วย ในขณะที่ออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนด้วยเช่นกัน ดังนั้นในระบบนิเวศแหล่งน้ำซึ่งมีออกซิเจนอยู่อย่างจำกัด ความต้องการออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของสิ่งมีชีวิตที่เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากแหล่งน้ำได้รับน้ำที่ปนเปื้อนไนโตรเจนร่วมกับความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อาจทำให้เกิดภาวะยูโธฟิเคชั่น (Eutrophication) ขึ้น ซึ่งจะทำให้คุณภาพน้ำและระบบนิเวศแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลงได้ในที่สุด

โดยปกติแล้วไนโตรเจนปรากฏในหลายรูปและสามารถเปลี่ยนรูปได้ภายใต้การทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพความต้องการออกซิเจนที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนรูปจะทำให้ไนโตรเจนรูปหนึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นไนโตรเจนอีกรูปหนึ่ง โดยการเปลี่ยนรูปนั้นอาจเป็นแบบถาวรหรือย้อนกลับได้ ผลลัพธ์จากการทำงานของจุลินทรีย์จะทำให้เกิดไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันและส่งผลกระทบแตกต่างกันด้วย ความเข้าใจในกลไกการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนจะทำให้สามารถดำเนินการเพื่อลดผลกระทบจากไนโตรเจนที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้น้ำเสียเกือบทุกประเภทโดยเฉพาะน้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น เป็นน้ำเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักที่จะปรากฏอยู่ในรูปและปริมาณที่ต่างกันไป ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนจึงได้ถูกกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวข้างต้น รวมถึงได้ถูกกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทอื่นด้วย

รูปของไนโตรเจนที่พบในน้ำเสีย ได้แก่ อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen: ON) ทั้งในรูปของอนุภาค และสารละลายอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน (Amino acids) ยูเรีย (Urea) กรดยูริค (Uric acids) พิวรีน (Purine) เป็นต้น และอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic nitrogen: IN) ได้แก่ ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) แอมโมเนียทั้งที่มีประจุ (NH_4^+) และไม่มีประจุ (NH_3) ซึ่งจะพบในสัดส่วนที่ต่ำกว่า รวมถึงอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปก๊าซ ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO_2) ไนโตรเจนก๊าซ (N_2)

05

การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

ฟอสฟอรัสในธรรมชาติเป็นธาตุอาหารที่ได้จากการผุกร่อนของหินฟอสเฟต ดังนั้นจึงต้องใช้ระยะเวลานานในการเติมฟอสฟอรัสให้กับระบบนิเวศด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ ขณะที่ฟอสฟอรัสบางส่วนจะสูญหายจากระบบนิเวศจากการตกตะกอนร่วมกับธาตุอื่นซึ่งเป็นส่วนที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำมาใช้ได้ จึงทำให้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารพันธุกรรม (RNA และ DNA) เยื่อหุ้มเซลล์ (Phospholipids) และโมเลกุลพลังงาน (Nucleotides) (Water Environment Federation [WEF], 2011) ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนั้นยังถูกใช้เป็นองค์ประกอบในสารซักฟอก (Detergent) ที่ถูกใช้ในหลายกิจกรรมและถูกใช้เป็นประจำในชีวิตประจำวัน จึงทำให้พบการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากหลายกิจกรรม ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้จะเป็นแหล่งที่เติมฟอสฟอรัสให้กับแหล่งรองรับน้ำเสียนั้น และเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับธาตุอาหารไนโตรเจน ดังนั้นผลกระทบสำคัญของฟอสฟอรัสต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจึงเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันกับธาตุอาหารไนโตรเจน คือ การกระตุ้นให้เกิดปรากฏการณ์ยูโธฟิเคชั่น (Eutrophication)

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียทั้งอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organic phosphorus: OP) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Inorganic phosphorus: IP) จะพบได้ทั้งในรูปของอนุภาคและสารละลาย ในกลุ่มของอินทรีย์ฟอสฟอรัสนั้น อนุภาคอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Particulate organic phosphorus: POP) ในน้ำเสียจะมีแหล่งที่มาจากซากของแบคทีเรีย พืช และสัตว์ ขณะที่สารละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Dissolved organic phosphorus: DOP) มีแหล่งที่มาจากการย่อยสลายเปลี่ยนรูปของอนุภาคอินทรีย์ฟอสฟอรัส (POP) และจากการหลั่งสารประกอบฟอสฟอรัสของเซลล์สิ่งมีชีวิต ส่วนกลุ่มของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส อนุภาคอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Particulate inorganic phosphorus: PIP) จะอยู่ในรูปของฟอสฟอรัสที่จับอยู่กับอนุภาคดินเหนียว หรือตะกอนเคมีฟอสฟอรัสที่จับอยู่กับธาตุเหล็ก (Fe) แคลเซียม (Ca) และอะลูมิเนียม (Al) ขณะที่สารละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Dissolved inorganic phosphorus: DIP) ซึ่งเป็นรูปหลักที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์นั้น โดยส่วนใหญ่จะปรากฏในรูปของออโธฟอสเฟต ได้แก่ H_3PO_4, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} และ PO_4^{3-} ซึ่งรูปของออโธฟอสเฟตที่พบจะผันแปรตามค่า pH ของน้ำ โดยน้ำที่มีค่า pH ในช่วงปกติตามธรรมชาติจะพบออโธฟอสเฟตในรูป $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} แต่หาก pH ของน้ำมีค่าต่ำกว่า 2 จะพบออโธฟอสเฟตในรูป H_3PO_4 และหาก pH ของน้ำมีค่าสูงกว่า 13 จะพบออโธฟอสเฟตในรูป PO_4^{3-} (Currie, VanZomeren, & Berkowitz, 2017; WEF, 2011)

06

การบำบัดโลหะหนักและยาปฏิชีวนะในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

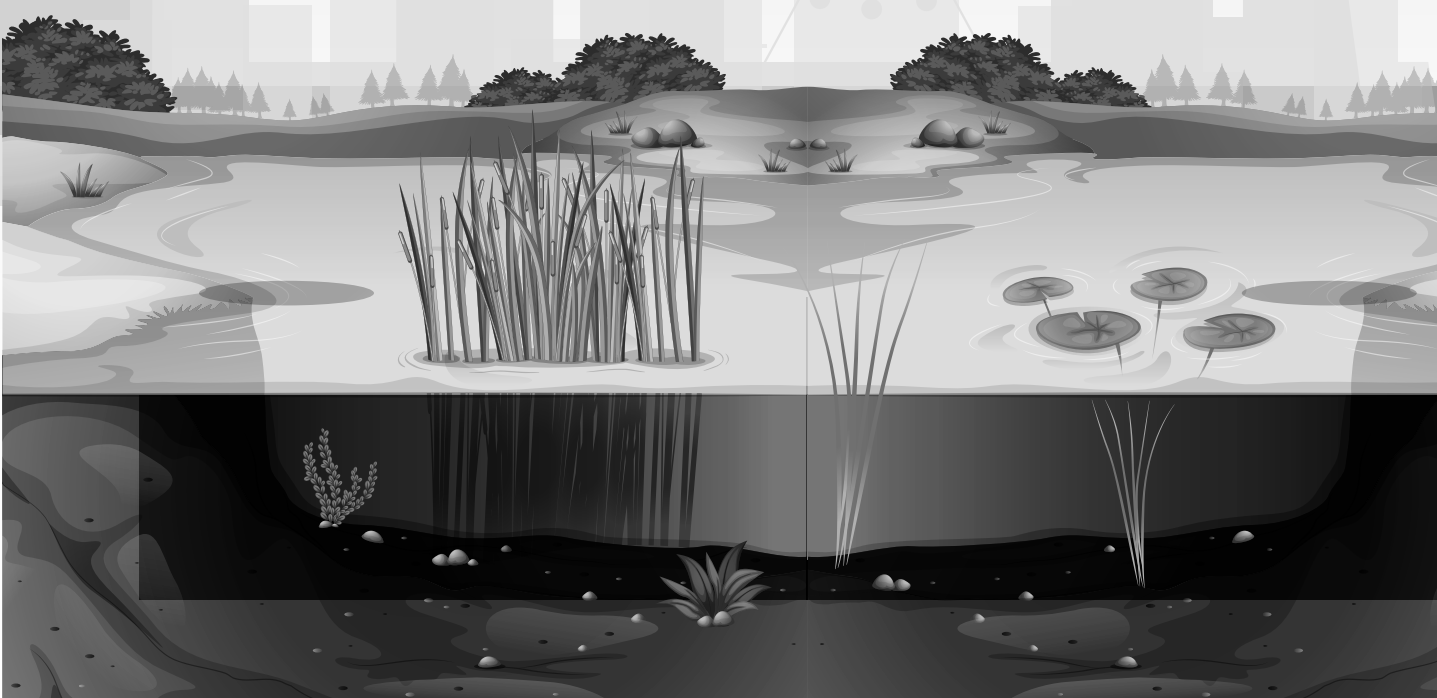
แม้โลหะหนักบางชนิดจะจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต แต่โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตมีความต้องการโลหะหนักในปริมาณที่ต่ำ ขณะที่โลหะหนักบางชนิดสามารถก่อผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และต่อความสมดุลของระบบนิเวศได้แม้ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่ไม่สูงนัก เนื่องจากโลหะหนักเป็นมลสารที่มีความเป็นพิษค่อนข้างรุนแรงทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและคุณสมบัติของโลหะหนัก นอกจากนั้นโลหะหนักยังคงทนหรือสลายตัวได้ยากในสภาพธรรมชาติจึงทำให้เกิดการสะสมและเพิ่มความเป็นพิษขึ้นเป็นลำดับ รวมถึงโลหะหนักยังสามารถถูกส่งต่อในระบบห่วงโซ่อาหารด้วย โลหะหนักพบได้ในน้ำเสียจากหลายแหล่งกำเนิด เช่น น้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม เหมืองแร่ อุตสาหกรรมการถลุงและหลอมโลหะ เป็นต้น และอาจพบปนเปื้อนในน้ำที่ไหลบ่าผ่านพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่เทกองขยะที่ไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม

การลดปริมาณของโลหะหนักที่ปะปนในน้ำทิ้งเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวกลางที่นำพาโลหะหนักเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและแหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีคุณภาพลดลงส่งผลกระทบต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์และกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ โลหะหนักที่ปะปนในน้ำเสียพบได้ทั้งในรูปของสารละลาย รูปขององค์ประกอบสารอินทรีย์เชิงซ้อน และในรูปของโลหะหนักที่ถูกดูดซับทางกายภาพหรือทางเคมีติดอยู่กับสารอินทรีย์ โดยโลหะหนักอาจเกิดการเปลี่ยนรูปได้เมื่อน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัด ทั้งนี้โลหะหนักในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดสามารถจำแนกตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 2 รูปหลัก คือ รูปของสารละลาย (Dissolved phase) และรูปของอนุภาคของแข็งแขวนลอย (Particulate phase)(Cantinho, Matos, Trancoso, & dos Santos, 2016; United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2000) โดยโลหะหนักแต่ละชนิดจะปรากฏในแต่ละรูปหลักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เช่น แคดเมียม และสังกะสี มักอยู่ในรูปของสารละลาย ขณะที่ตะกั่วมักอยู่ร่วมกับธาตุอื่นในรูปของอนุภาค (Morrison, Revitt, Ellis, Balmer, & Svensson, 1984) เป็นต้น

ขณะที่ยาปฏิชีวนะแม้จะก่อประโยชน์อย่างมหาศาลต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนยาปฏิชีวนะปริมาณเพียงเล็กน้อยในสิ่งแวดล้อมก็สามารถก่อผลกระทบได้อย่างรุนแรงเช่นเดียวกันกับโลหะหนัก ทั้งนี้ยาปฏิชีวนะจัดเป็นมลสารอุบัติใหม่ที่มีการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อทั้งในคนและสัตว์ นอกจากนั้น ยาปฏิชีวนะยังถูกใช้ในกิจกรรมปศุสัตว์โดยการผสมลงในอาหารสัตว์เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียและควบคุมการทำงานของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสัตว์ และยังใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์อีกด้วย การใช้ประโยชน์จากยาปฏิชีวนะทำให้เกิดการปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะในน้ำทิ้งจากชุมชน โรงพยาบาล และจากการปศุสัตว์ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

07

กรณีศึกษา การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ บำบัดมลสารในน้ำและน้ำเสีย



ระบบบึงประดิษฐ์ถูกนำมาใช้ในการบำบัดมลสารในน้ำเสียอย่างแพร่หลายทั้งเชิงพื้นที่และความหลากประเภทของน้ำเสียที่บำบัด ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารแต่ละชนิดในน้ำเสียของบึงประดิษฐ์แต่ละระบบเป็นผลสืบเนื่องจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในพื้นที่บำบัด ความแตกต่างด้านโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ และลักษณะของการดำเนินระบบที่แตกต่างกัน การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในน้ำเสียของบึงประดิษฐ์แต่ละระบบ จะทำให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงศักยภาพของระบบนั้น ๆ และบ่งชี้ถึงแนวทางที่เหมาะสมในการนำระบบบึงประดิษฐ์ไปใช้ประโยชน์

กรณีศึกษาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการลดมลสารที่สำคัญแต่ละประเภทในน้ำเสีย รวมถึงประโยชน์อื่นที่ได้รับจากระบบ เช่น การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ หรือประโยชน์ในรูปของพืชที่เก็บเกี่ยวออกจากระบบ ผลจากกรณีศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปสู่การจัดการระบบบึงประดิษฐ์และการนำระบบบึงประดิษฐ์ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรณีศึกษา: ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ (Surface flow constructed wetland: SF CW)

1. การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ ในการลดมลสารในน้ำเสียจากอาคารโภชนาการ เพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร

การศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุในการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากอาคารโภชนาการ เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการลดมลสารที่สำคัญในน้ำเสียชุมชน ได้แก่ สารอินทรีย์ ของแข็ง น้ำมันและไขมัน และธาตุอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย และศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียหลังการบำบัดไปใช้ในการผลิตพืช

ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นหน่วยทดลองบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิววัสดุ ขนาด 1x3x1.1 m ระดับความลาดชัน 1 % ใช้ดินปนทรายเป็นวัสดุปลูกหรือวัสดุตัวกลาง (Media) พืชในระบบเป็นกกกลม (*Cyperus corymbosus* Rottb.) ปลูกที่ระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 25x25 cm (ภาพ 7.1) หลังปลูกใช้น้ำประปาในการรดพืช จนกระทั่งพืชสามารถเติบโตและปรับตัวได้จึงระบายน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

หนังสือแนะนำ

เอนไซม์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ผู้แต่ง : ผศ. ดร.ทิพวรรณ ทองสุข

เอนไซม์ไม่ใช่เรื่องไกลตัวอย่างที่เราคิด แต่เกี่ยวข้องกับอาหารที่เราบริโภคมานาน จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ซึ่งปลี่ยนลักษณะของอาหารให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เช่น เปลี่ยนน้ำผลไม้ให้เป็นไวน์ เปลี่ยนน้ำนมให้เป็นบัตเตอร์มิลค์ หรือโยเกิร์ต หรือเครื่องปรุงรสอย่างน้ำปลา ซีอิ๊ว เอนไซม์เป็นสารช่วยในการผลิตและในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์มากมายในอุตสาหกรรมอาหารเอนไซม์ยังใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแง่การเพิ่มมูลค่าและคุณค่าอาหารหนังสือเล่มนี้ครอบคลุมบทบาทของเอนไซม์ในการพัฒนาน้ำมันสกัดวิธีธรรมชาติการเพิ่มผลผลิตและคุณค่าน้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสูง และการผลิตพรีไบโอติก ซึ่งเป็นส่วนผสมอาหารฟังก์ชันจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมเกษตรหนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป ช่วยเติมเต็มผู้อ่านด้วยองค์ความรู้ ช่วยสร้างแนวคิดการนำเทคโนโลยีเอนไซม์ประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอนาคต

พันธุศาสตร์โมเลกุลพื้นฐานจำเป็นสำหรับงานวิจัยด้านพืช

ผู้แต่ง : ผศ. ดร.คำรพ รัตนสุต

หนังสือเล่มนี้ให้ความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับกรดนิวคลีอิคจีโนม ยีน กลไกการทำงานของยีน หลักการและแนวทางการปฏิบัติที่ดี สำหรับเทคนิคระดับโมเลกุลพื้นฐานที่จำเป็นในการทำงานวิจัยด้านพืช ได้แก่ การสกัดแยกกรดนิวคลีอิคของพืช พีซีอาร์ ดีเอ็นเอโคลนนิ่ง พันธุวิศวกรรมพืช และการตรวจสอบการแสดงออกของยีน ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาวิจัยทางด้านชีววิทยาระดับโมเลกุลของพืช รวมทั้งผู้ที่ประสบปัญหาจากการทดลองที่ใช้เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ แม้ว่าเทคโนโลยีทางชีววิทยาระดับโมเลกุลของพืชจะมีความก้าวหน้าอย่างมาก เทคนิคพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลพื้นฐานยังคงจำเป็นสำหรับทุกห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การเข้าใจในหลักการของแต่ละเทคนิคเป็นอย่างดีจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประยุกต์ และดัดแปลงวิธีการ รวมทั้งออกแบบการทดลองได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้งานวิจัยมีโอกาสประสบความสำเร็จสูง

แมลงที่เป็นประโยชน์

ผู้แต่ง : รศ. ดร.อุดมพร แพ่งนคร

ปัจจุบันโลกมีแมลงประมาณมากกว่าล้านชนิด แมลงที่ให้โทษหรือเป็นศัตรูกับมนุษย์นั้นมีเพียง 0.1% ของแมลงที่มีในโลกทั้งหมด อีก 99.9% จัดเป็นแมลงที่มีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ หลากหลายประเภทได้แก่ แมลงที่ช่วยผสมเกสร เช่น ผึ้ง แมลงให้ผลผลิตชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำผึ้ง ชันครั่ง เส้นไหม เป็นตัวห้ำ ตัวเบียนช่วยทำลายแมลงศัตรูพืช เช่น ตั๊กแตนตำข้าว แมลงปอ ต่อเบียน แตนเบียน นำมาใช้ประโยชน์ในทางการศึกษา เช่น แมลงหวี่ ช่วยเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น มดกินซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายซากเหล่านั้น แมลงยังใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วย นอกจากนี้แมลงบางชนิดสามารถผลิตสารเคมีบางชนิดที่มีคุณสมบัติที่อาจนำมาใช้พัฒนาเป็นยารักษาโรค เช่น การนำสารเคมีจากพิษเหล็กในของผึ้งมารักษาโรคอัมพฤกษ์และอัมพาต ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ต่าง ๆ แก่มนุษย์ในอนาคต หนังสือเล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านได้รู้จักกับแมลงที่เป็นประโยชน์ชนิดต่าง ๆ และทราบว่าแมลงให้ประโยชน์อะไรแก่เราได้บ้างและสามารถทราบวิธีการเลี้ยงและอนุรักษ์แมลงเหล่านั้น

0 5596 8833-8836 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร nuph@nu.ac.th

NUPH online store
www.nupress.grad.nu.ac.th

สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว

สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

nuph@nu.ac.th
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
0 5596 8833-8836
nu_publishing

NUPH
online store
www.nupress.grad.nu.ac.th