

ผลของน้ำชะมูลฝอยต่อความงอกของเมล็ดและความยาว

ของรากพืชเศรษฐกิจบางชนิด

The Effects of Leachate on the Seed Germination and Root

Elongation of some Economic Plants

ภรณ์ ภทรานวัช

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ทองใบ เวชพันธ์

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

กฤษณ์ เทียรพประสิทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของน้ำชะมูลฝอยต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง และแตงกวา ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 รูปแบบการทดลองเป็นแบบ Batch study และมีชุดควบคุมควบคู่กันไปในแต่ละชุดการทดลอง ทำการทดลองภายใต้สภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ใช้ความงอกของเมล็ดพืชและความยาวของรากพืชเป็นดัชนี

ผลการทดลองเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีความเข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้ความงอกและความยาวของรากพืชทั้ง 4 ชนิดลดลง และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Log-Dose Response Curve พบว่าน้ำชะมูลฝอยที่มีผลในการยับยั้งความยาวของรากข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลืองและแตงกวาร้อยละ 50 (IC_{50}) มีค่าความเข้มข้นเป็นร้อยละ 12.92 25.84 15.34 และ 24.52 สำหรับค่าในการยับยั้งความงอกของเมล็ด ร้อยละ 50 (IC_{50}) มีค่าความเข้มข้นเป็นร้อยละ 18.15 59.58 35.60 และ 60.51 ตามลำดับ จากผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่าน้ำชะมูลฝอยที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันมีผลต่อความยาวของรากพืชทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลของน้ำชะมูลฝอยต่อความงอกของเมล็ดพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะข้าว ถั่วเหลือง และแตงกวาเท่านั้น ยกเว้นข้าวโพด นอกจากนี้พบว่าพืชที่มีความเป็นไปได้น้อยในการใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอย ได้แก่ ข้าว เนื่องจากมีความไวต่อการทดสอบ

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of leachate on the growth of 4 kinds of economic plants, e.g., rice, corn, soybean and cucumber. Leachate of 5 different levels of concentrations, 10, 20, 30, 40 and 50% were used in the experiment. The study was a batch type with a set of control incorporated in each test. The experiment was performed in a dark condition at 25°C for a period of 96 hours. Seed germination and root elongation were used as indicators in this study.

Test results showed that different concentrations of leachate had different effects on each kind of plants. That is the higher the concentration of leachate, the lower the rate of seed germination and the less

the length of root elongation. When the inhibition concentration at 50% (IC_{50}) was assessed using Log-Dose Response Curve, a 50% reduction in the root elongation of rice, corn, soybean and cucumber was found at leachate concentrations of 12.92, 25.84, 15.34 and 24.52%, respectively. Furthermore, the IC_{50} for germination of the 4 kinds of studied plants were 18.15, 59.58, 35.60 and 60.51%, respectively. Results also showed that different concentrations of leachate significantly affected root elongation in all 4 kinds of plants. Similarly, the effects of leachate concentration on seed germination was statistically significant for rice, soybean and cucumber except for corn. It was also found that kind of plants that might be appropriate as an indicator for biomonitoring the contamination of leachate is rice.

1. บทนำ

น้ำชะมูลฝอย เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการย่อยสลายภายในกองมูลฝอย รวมกับน้ำชะล้างจากน้ำฝน มีค่าความสกปรกสูงและปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ มีค่า BOD สูง มีโลหะหนักและสารพิษปนเปื้อนหลายชนิด ได้แก่ ตะกั่ว ปปรอท แคดเมียม โครเมียม และฟิซีบี เป็นต้น เป็นปัญหาในการจัดการของหน่วยงานท้องถิ่น ขาดการเก็บรวบรวมและการบำบัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ตลอดจนขาดการตรวจสอบและเฝ้าระวังการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียง น้ำชะมูลฝอยสามารถซึมผ่านดินได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนกับดิน แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินได้ เช่น การปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม และแมงกานีสในดิน ตะกอนและแหล่งน้ำสาธารณะบริเวณโดยรอบแหล่งกำจัดมูลฝอยอ่อนหุขและหนองแขม [1] การปนเปื้อนดังกล่าวทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรมได้เต็มที่ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและส่งผลกระทบต่อรวมต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรบางส่วนเป็นวัตถุดิบสำหรับภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนเงินมหาศาล การติดตามตรวจสอบและการเฝ้าระวังจาก monitoring well มีค่าใช้จ่ายสูงและไม่สามารถทำได้ตลอดเวลา การใช้พืชเป็นดัชนีชี้วัดถึงการปนเปื้อนดังกล่าวจึงอาจใช้เส้นทางเลือกหนึ่งที่ควรพิจารณาดังนั้นจึงมีความสนใจศึกษาถึงผลของน้ำชะมูลฝอยต่อการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิด

เพื่อประเมินความเป็นพิษและคัดเลือกพืชที่มีความไวในการตอบสนองสำหรับใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพอันเป็นประโยชน์ต่องานเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำชะมูลฝอยที่ต้องการทดสอบ ได้จากสถานที่ทิ้งมูลฝอยชุมชนของจังหวัดนนทบุรี (ตารางที่ 1) โดยนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาให้มีระดับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ

ส่วนพืชทดลองเป็นพืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ได้แก่ พืชใบเลี้ยงคู่ (ถั่วเหลืองและแตงกวา) และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวและข้าวโพด) โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้าหอมมะลิ (ข้าวขาวมะลิ 105) จากอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ส่วนเมล็ดข้าวโพดแตงกวาและถั่วเหลืองได้จากห้างเซ่งจ่วนเฮง ปากคลองตลาด กรุงเทพมหานคร นำมาล้างด้วยน้ำประปาแล้วแช่ในสารละลาย hyperchlorite 10% นาน 20 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น นำเมล็ดที่ได้ไปคัดเลือกให้มีความสมบูรณ์และขนาดเท่ากันแล้วเพาะในกล่องพลาสติกที่รองกล่องด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 93 กล่องละ 15 เมล็ด

เติมน้ำเสียทดสอบ (น้ำชะมูลฝอยที่ถูกเจือจางในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน) ให้มีความสูง 0.4

เซนติเมตร ทำการทดลอง 6 ซ้ำ เพาะเลี้ยงใน incubator อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะมืด เป็นเวลานาน 96 ชั่วโมง วัดความยาวของรากพืช (มิลลิเมตร) และจำนวนเมล็ดที่งอก [2][3][4][5][6][7]

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย จากสถานที่ทิ้งมูลฝอยชุมชนของจังหวัดนนทบุรี

ลักษณะสมบัติ (หน่วย)	pH	TS (mg/l)	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TKN (mg/l)	Alkalinity (mg/l)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)
	8.0	9,527	430	4,044	1,360	1,765	10,399	0.018	0.001	0.098	0.849

การยับยั้งการเจริญเติบโต (percent inhibition)/[8]
คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Percent Inhibition} = 100(C-T)/C$$

เมื่อ C = ค่าเฉลี่ยของความยาวของราก หรือ

ความงอกของพืชในชุดควบคุม

T = ค่าเฉลี่ยของความยาวของราก หรือ

ความงอกของพืชในชุดทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติ Chi-Square test (ความ
งอกของเมล็ดพืช) และ t-test (ความยาวของรากพืช) ส่วนการ
เปรียบเทียบการตอบสนองของพืชประเมินโดยใช้ค่า IC_{50} ที่
ระยะเวลา 96 ชั่วโมง โดยวิธี Log-Dose Response Curve [9]
เมื่อ n = 90

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว เมื่อความ
เข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยสูงขึ้น การเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวมีค่า
ลดลงโดยพบว่าเมล็ดข้าวเริ่มมีการงอกหลัง 48 ชั่วโมง และที่
ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ความงอกของเมล็ดมีค่าการยับยั้งเป็น ร้อย
ละ 0, 27.59, 34.49, 74.72, 100.00 และ 100.00 ส่วน
ความยาวของรากพบว่าการยับยั้งมีค่าเป็น ร้อยละ 0, 36.64,
64.18, 95.20, 100.00 และ 100.00 เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีระดับ
ความเข้มข้นเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตาม
ลำดับ (รูปที่ 1) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้อง

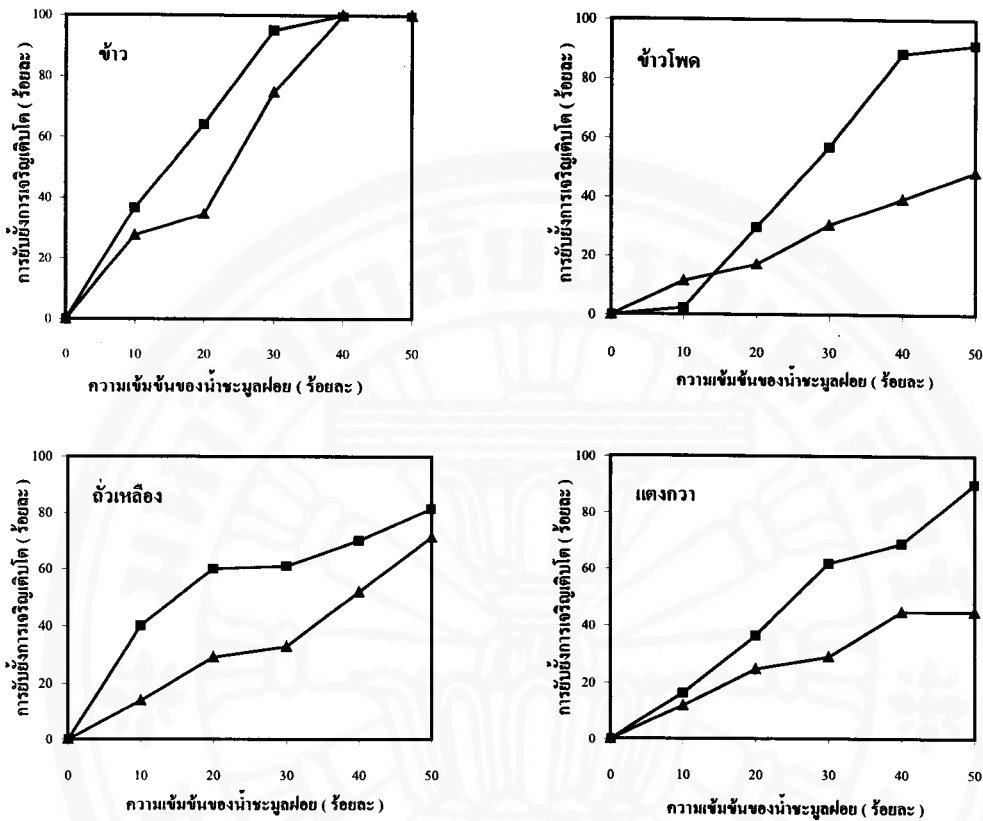
กับการศึกษาของ Wang และ William ว่าน้ำเสีย

ประเภทเดียวกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวแตกต่างกันเมื่อ
น้ำเสียนั้นมีปริมาณของสารเจือปนแตกต่างกัน และข้าวเป็นพืชที่
มีความไวต่อความเป็นพิษเมื่อ ทดสอบกับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
ประเภท ต่าง ๆ [9][10][11][12]

เมื่อเปรียบเทียบผลของน้ำชะมูลฝอย ในการยับยั้งการ
เจริญเติบโตพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ในระยะเวลา 96
ชั่วโมง น้ำชะมูลฝอยมีผลในการยับยั้งความยาวของรากมากกว่า
การยับยั้งความงอกของเมล็ด โดยมีค่า IC_{50} ต่อความงอกของ
เมล็ด และความยาวของรากเป็นร้อยละ 12.02 และ 8.74
ตามลำดับทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 2)

3.2 ผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยที่ระดับสูงจะมีผลทำให้ความงอก
ของเมล็ดและความยาวของรากลดลง โดยพบว่าเมล็ดข้าวโพด
เริ่มมีการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และที่ระยะเวลา
96 ชั่วโมง ความงอกของเมล็ดมีค่าการยับยั้ง (ร้อยละ) เป็น 0,
11.23, 16.86, 30.34, 39.33 และ 48.32 ส่วนความยาวของ
ราก มีค่าการยับยั้ง (ร้อยละ) เป็น 0, 2.22, 29.56, 56.86, 88.48
และ 91.36 เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีระดับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 0,
10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ผลของน้ำชะมูลฝอยที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการยับยั้งความงอก (ร้อยละ) (π) และความยาวราก (ร้อยละ) (■) ของพืชแต่ละชนิด ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบผลของน้ำชะมูลฝอย ในการยับยั้งการเจริญเติบโตพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง น้ำชะมูลฝอยมีผลในการยับยั้งความยาวของรากมากกว่า

การยับยั้งความงอกของเมล็ด โดยมีค่า IC_{50} ต่อความงอกของเมล็ด และความยาวของรากเป็นร้อยละ 59.58 และ 25.84 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่า IC_{50} ของน้ำชะมูลฝอยต่อความงอกของเมล็ด และความยาวของรากพืชในข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง และแตงกวา ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของพืช	IC_{50} ของน้ำชะมูลฝอย	
	ความงอก	ความยาวราก
ข้าว	18.95	12.92
ข้าวโพด	59.58	25.84
ถั่วเหลือง	35.60	15.34
แตงกวา	60.51	24.52

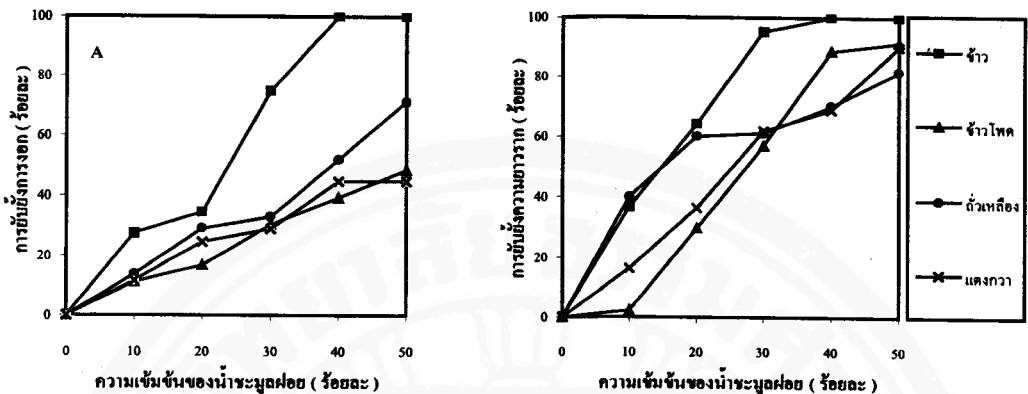
3.3 ผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดและความยาวของรากลดลง เมล็ดถั่วเหลืองมีการงอกภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยที่ความงอกของเมล็ดมีค่าการยับยั้ง (ร้อยละ) เป็น 0, 13.92, 29.12, 32.91, 51.90 และ 71.22 ส่วนความยาวของรากมีการยับยั้ง (ร้อยละ) เป็น 0, 40.09, 60.00, 61.00, 70.04 และ 81.53 เมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยมีค่าเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ (รูปที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบผลของน้ำชะมูลฝอยในการยับยั้งการเจริญเติบโตพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง น้ำชะมูลฝอยมีผลในการยับยั้งความยาวของรากมากกว่าการยับยั้งความงอกของเมล็ด โดยมีค่า IC_{50} ต่อความงอกของเมล็ด และความยาวของรากเป็นร้อยละ 35.60 และ 15.34 ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 2)

3.4 ผลต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าน้ำชะมูลฝอยที่มีความเข้มข้นสูงชันจะมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดและความยาวของรากลดลง เมล็ดแตงกวามีการงอกของเมล็ดภายในเวลา 48 ชั่วโมง มีค่าการยับยั้งความงอกของเมล็ด (ร้อยละ) เป็น 0, 11.76, 24.70, 29.04, 44.71 และ 44.71

โดยมีค่าการยับยั้งความยาวของราก(ร้อยละ) เป็น 0, 16.31, 36.39, 61.81, 68.85 และ 89.99 เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีระดับความเข้มข้นเป็น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ (รูปที่ 1) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang [7] ว่าโลหะหนักหลายชนิดที่มีอยู่ในน้ำทิ้งมีผลต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา และเมื่อเปรียบเทียบผลของน้ำชะมูลฝอย ในการยับยั้งการเจริญเติบโตพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง น้ำชะมูลฝอยมีผลในการยับยั้งความยาวของรากมากกว่าการยับยั้งความงอกของเมล็ด โดยมีค่า IC_{50} ต่อความงอกของเมล็ด และความยาวของรากเป็นร้อยละ 60.51 และ 24.52 ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 2)

จากการศึกษาในพืชทั้ง 4 ชนิด พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยสูงขึ้นจะมีผลในการยับยั้งความงอกของเมล็ด และความยาวของรากพืชเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในข้าว พบว่ามีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงไปได้แก่ ถั่วเหลือง แตงกวาและข้าวโพดในการยับยั้งความงอก และได้แก่ ข้าวโพด แตงกวา และถั่วเหลืองในการยับยั้งความยาวรากตามลำดับ (รูปที่ 2) สำหรับระดับความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยที่มีค่าต่ำ พบว่ายังคงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะต้นได้ เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยมีสารเจือปนทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์



รูปที่ 2 ผลของน้ำชะมูลฝอยที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต A. ความมก (ร้อยละ) และ B. ความยาวราก (ร้อยละ) ของพืชทั้ง 4 ชนิด ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง

เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้สารเจือปนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วยตามสัดส่วนของระดับความเข้มข้น และจากการที่น้ำชะมูลฝอยมีค่า COD และ BOD ค่อนข้างสูง (4,044 และ 1,360 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) แสดงว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการออกของเมล็ดซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน นอกจากนี้การปนเปื้อนของโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว และโครเมียม มีบางชนิดที่สามารถไปขัดขวางระบบการขนถ่ายอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจและสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในขั้นตอนการสังเคราะห์อาหาร โดยแคดเมียมจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไมเลส และลดอัตราการหายใจของเมล็ดตัวลันเตาในกระบวนการงอก ทำให้เมล็ดพืชไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ในกระบวนการงอกได้เพียงพอ ดังนั้นการเจริญเติบโตของรากและลำต้นของต้นอ่อนจึงไม่สมบูรณ์ [10]

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 น้ำชะมูลฝอยมีผลยับยั้งความงอกของเมล็ดและความยาวของรากพืชในข้าวและถั่วเหลืองมากที่สุด โดยมีข้าวเป็นพืชที่ไวต่อการตอบสนอง

4.2 ความยาวของรากพืชสามารถใช้เป็นดัชนีตรวจวัดการตอบสนองต่อน้ำชะมูลฝอยได้ดีกว่าความงอกของเมล็ดในพืชทดลองทุกชนิด

4.3 ความมีการศึกษาผลของน้ำชะมูลฝอยต่อการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้แปลงทดลองจริงปลูกข้าวเพื่อเสนอแนะการประยุกต์ใช้ต้นข้าวเป็น bioindicator สำหรับตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำชะมูลฝอยจากบริเวณกลบฝัง

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนิศรณ์ ทวรรณนท์ ธเรศ ศรีสถิตย์. การปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม แมงกานีส ในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม 2535 ; 12 : 1-17.
- [2] AAHA, AWWA and WPEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. NW Washington : American Public Health Association, 1998.

- [3] Ratsch HC. Interlaboratory root elongation testing of toxic substances on selected plant species. Toxic and hazardous materials development. U.S. EPA 1983 June. Report No. EPA-600/3-83-051.
- [4] Wang W. The use of plant seeds in toxicity test of phenolic compounds. Environ. Inter. 1985; 1149-55.
- [5] Walsh GE, Weber DE, Simon TL, Brashers LK. Toxicity test of effluent with marsh plants in water and sediment. Environ. Toxicol. 1982; 28:10-20.
- [6] Biney CA. A method for characterizing natural and wastewater using plant seeds. Environ. Monit. Assess. 1991 ; 18:123-128.
- [7] Wang W. Root elongation method for toxicity testing of organic and inorganic pollutants. Environ. Toxicol Chem. 1987; 6:409-414.
- [8] Behera BK, Misra BN. Analysis of the effect of industrial effluent on growth and development of rice seedlings. Environ. Res. 1982; 28:9-20.
- [9] Finney DJ. Probit analysis. 3rd edition. Cambridge : The University Press, 1971.
- [10] Wang W, William JM. Screening and biomonitoring of industrial effluents using phytotoxicity test. Environ. Toxicol. Chem. 1988; 7:645-652.
- [11] Wang W. Comparative seed germination test ten plants species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample. Water Air and Soil Pollut. 1990.
- [12] Chugh LK, Sawhney SK. Effect of Cadmium on germination, (52:369-379) amylases and rate of respiration of germination pea seeds. Environ. Poll. 1996; 92:1-5.