RMUTP Research Journal Special Issue
The 5th Rajamangala University of Technology National Conference

ผลของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช
The Plant Growth and Production From Swine Farm Wastewater Usage

สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์[1*]

[1]อาจารย์ ภาควิชาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพผลผลิตของพืชโดยใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ได้ศึกษาทดลองกับพืช 3 ชนิด คือ ต้นหอม หญ้ารูซี่ และดาวเรืองโดยการวิจัยนี้มุ่งหาข้อมูลเบื้องต้นในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตของพืชและการสะสมธาตุต่างๆ ได้แก่ ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก และสังกะสีในพืช ผลการศึกษาพบว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์และธาตุอาหารในปริมาณค่อนข้างสูง มีค่าบีโอดีและซีโอดีเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร สำหรับปริมาณโลหะหนักพบว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีค่าตะกั่ว สังกะสี ทองแดง และเหล็ก เฉลี่ยเท่ากับ 0.106, 0.218, 0.082 และ 0.866 mg/kg ตามลำดับ ต้นหอม หญ้ารูซี่ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่สูงกว่าการรดด้วยน้ำธรรมชาติ สำหรับดอกดาวเรืองพบว่าน้ำหนักสดและแห้ง รวมถึงขนาดของดอกดาวเรืองเมื่อรดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรไม่แตกต่างจากการรดด้วยน้ำธรรมชาติ การรดพืชด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรหรือน้ำจากธรรมชาติทำให้ต้นหอม หญ้ารูซี่และดอกดาวเรืองมีการสะสมตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน สำหรับปริมาณสังกะสีมีค่าเกินมาตรฐานเฉพาะในส่วนต้นของต้นหอมและส่วนรากของหญ้ารูซี่ ไม่พบปริมาณทองแดงและเหล็กเกินค่ามาตรฐานในพืชทั้งสามชนิด

Abstract

The usage of wastewater from swine farm for agriculture have study on the production of three plants such as shallot (*Allium ascalonicum* L.) marigold (*Tagetes erecta* L.) and ruzi grass (*Bachiaria ruziziensis*). The experiment was focusing on the growth, production and metals accumulation (Pb, Cu, Fe, Zn) in plant. The results shown that swine farm wastewater were a lot of organic substant and nutrient. The biological oxygen demand and chemical oxygen demand were out of standard. The heavy metals, lead zinc copper and iron, were amount 0.106, 0.218, 0.082 และ 0.866 mg/kg respectively. The productivity of shallot and ruzi grass were high growing that treated by swine farm wastewater. The marigold production (flower size , dry weight and fresh weight) treated by swine farm wastewater found that were not significant from the marigold production that treated by control water. The amount of lead in shallot, ruzi grass and marigold flower were out of standard. The shallot and ruzi root found the amount of zinc out of standard. The amount of copper and iron were not out of standard all three plant.

คำสำคัญ : น้ำทิ้งฟาร์มสุกร
Keywords : Swine farm wastewater

[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ pongthornpruek@hotmail.com โทร. 0 5541 1096 ต่อ 1322 และ 1300*

1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำของประเทศนอกจากจะเกิดจากการระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำลำคลอง อาทิเช่น ชุมชนและกิจการอุตสาหกรรมแล้วน้ำเสียจากกิจกรรมการเกษตรไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือการปศุสัตว์ ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงสุกร ซึ่งปัจจุบันมีอยู่เป็นจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ประกอบด้วยฟาร์มสุกรทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ รวมทั้งการเลี้ยงตามบ้านแบบดั้งเดิม จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการประกอบอาชีพการเลี้ยงสุกรมาก ซึ่งการเลี้ยงสุกรในจังหวัดอุตรดิตถ์ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบรายย่อยที่มีขนาดเลี้ยง 10-20 ตัว/ราย และเป็นผู้ประกอบการฟาร์มสุกรขนาดเล็กคือมีจำนวนสุกร 50 - 499 ตัว ผลกระทบในปัจจุบันที่เห็นชัดเจน คือมีการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจนเป็นผลทำให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำ เช่น ปัญหาแหล่งน้ำเน่าเสีย เป็นต้น น้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากการทำความสะอาดสุกรและคอกเลี้ยงสุกรที่มีทั้งมูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอกโดยปริมาณและคุณสมบัติของน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะการเลี้ยง คุณภาพน้ำที่ใช้ล้างคอก ตลอดจนการจัดการของเสียจากการเลี้ยง ในปัจจุบันการเลี้ยงสุกรเป็นการเลี้ยงที่มีการใช้ยาและสารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงส่งผลทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีความสกปรกสูงมากขึ้น เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โลหะหนักมีการปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูกมีมานานกว่า 3 ทศวรรษ และในปัจจุบันการจัดการในเรื่องน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในทุกแห่งของโลกโดยเฉพาะที่ซึ่งมีปริมาณน้ำใช้จำนวนน้อย (Mara and Cairncross, 1989) ในประเทศอินเดียน้ำเสียจะนำมาใช้ในการชลประทาน รดน้ำต้นไม้ในสวนสาธารณะ ใช้ทำความสะอาด ใช้ในระบบหล่อเย็นของเครื่องปรับอากาศ และในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม (Chawathe and Kantawala, 1987) ประเทศจีนมีการนำน้ำเสียชุมชนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมาใช้ประโยชน์ในภาคเกษตรกรรมเป็นอันดับแรก สำหรับประเทศญี่ปุ่นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะใช้ในการทำความสะอาดห้องน้ำ การอุตสาหกรรม และนำไปใช้ในการเพิ่มความสุนทรียภาพในพื้นที่สีเขียว (Asano *et. al*, 1996) สำหรับประเทศไทยการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ยังไม่แพร่หลายและยังขาดการจัดการที่ดี การศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นการนำกากตะกอนจากน้ำเสียมาใช้มากกว่าจึงทำให้ข้อมูลด้านนี้ยังมีอยู่น้อยมาก มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่กำลังศึกษาอยู่ ได้แก่ การนำน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลมาใช้ประโยชน์โดยการนำน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียมารดสนามหญ้า ต้นไม้ ไม้ดอกไม้ประดับ ล้างถนน เป็นต้น การนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ เช่น นำมารดพืชเกษตรหรือพืชอื่นๆ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการลดมลภาวะเรื่องการจัดการน้ำเสียในชุมชน และยังช่วยให้เกษตรกรที่ใช้น้ำรดพืชเกษตรประหยัดน้ำและค่าใช้จ่ายได้ สำหรับการศึกษาครั้งนี้มุ่งหาข้อมูลเบื้องต้นของการสะสมโลหะหนักในดินและพืช ผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของพืช ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่มีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ อนินทรีย์ ธาตุอาหาร โลหะหนัก สารมลพิษอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือโทษต่อพืชที่ปลูก เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรต่อไป

2. วิธีการทดลอง

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ดำเนินการทดลองภาคสนามในพื้นที่ของฟาร์มสุกรขนาดเล็กในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีขั้นตอน วิธีการวิจัย การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดังนี้

2.1 การเตรียมหน่วยทดลองสำหรับปลูกพืช

การศึกษาคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรโดยการปลูกพืชในบ่อคอนกรีตที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร ลึก 0.42 เมตร ใช้พืช 3 ชนิดในการทดลอง คือ พืชผัก ได้แก่ ต้นหอม (*Allium ascalonicum* L.) พืชดอก ได้แก่ ดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) และพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ หญ้ารูซี่ (*Bachiaria ruziziensis*) โดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีจำหน่ายตาม

ท้องตลาดทั่วไป นำเมล็ดพันธุ์พืชมาเพาะในกะบะเพาะกล้า รดด้วยน้ำกลั่นทุกวัน จนกระทั่งต้นกล้ามีอายุครบสองสัปดาห์ (14 วัน) จึงย้ายกล้าพืชทดลองลงปลูกในบ่อทดลองโดยเลือกต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งความสูง จำนวนใบ โดยในแต่ละบ่อทดลองปลูกพืชจำนวน 5 ซ้ำ ใช้ดินปลูกจากบริเวณพื้นที่แปลงทดลองของฟาร์มสุกรโดยถากหญ้าและเศษพืชบริเวณหน้าดินออก ขุดดินลึกประมาณ 15 cm นำตัวอย่างดินที่ได้มาผึ่งแล้วทุบจนมีขนาดเล็ก เลือกเศษพืชออกให้หมดคลุกเคล้าดินให้ทั่วแล้วนำไปใส่ในบ่อทดลองเพื่อปลูกพืช

2.2 การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว

ดูแลพืชที่ปลูกในบ่อคอนกรีตโดยใช้น้ำรดจากน้ำธรรมชาติ (น้ำบาดาล) สำหรับบ่อควบคุม และรดน้ำทิ้งจากบ่อตกตะกอนของฟาร์มสุกรสำหรับบ่อเปรียบเทียบ ในปริมาณที่เท่าๆ กันให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชประมาณ 10 ลิตรต่อวันๆ ละ 1 ครั้ง ดูแลกำจัดวัชพืชและโรคพืชตามความจำเป็น (ใช้วิธีการควบคุมศัตรูพืชแบบชีวภาพ) เก็บเกี่ยวพืชแต่ละชนิดเมื่อครบอายุเก็บเกี่ยวและเจริญเติบโตเพียงพอ โดยแยกเก็บส่วนเหนือดินทั้งหมด จำนวนต้นและใบ และส่วนใต้ดิน (ราก) ดังนี้

1) ต้นหอม เก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 35 วัน แยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนราก และ ส่วนลำต้นรวมทั้งใบ
2) หญ้ารูซี่ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ ครบ 35 วัน แยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนราก และ ส่วนลำต้นรวมทั้งใบ
3) ดาวเรือง เก็บเกี่ยวเมื่อดอกออกและมีอายุครบ 90 วัน แยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนดอก และ ส่วนใบ

2.3 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.3.1 ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกพืช โดยเก็บตัวอย่างดินบน (Top Soil) ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร แบบสุ่มด้วยพลั่วที่สะอาด จำนวน 10 จุด ให้ได้ตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วนำมารวมเป็นตัวอย่างรวม (Composite Sample) บรรจุใส่ถุง นำมาผึ่งลมให้แห้ง (Air Dried) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) เนื้อดิน(Texture) อินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด(N) ฟอสฟอรัส(P) โพแทสเซียม(K) ปริมาณโลหะตะกั่ว(Pb) ทองแดง(Cu) เหล็ก(Fe) และสังกะสี (Zn)

2.3.2 ตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ (น้ำบาดาล)และน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรก่อนทดลองเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำ โดยใช้ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร นำตัวอย่างน้ำที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำตามตารางที่ 1 โดยใช้วิธีการในการเก็บตัวอย่าง รักษาตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(APHA, AWWA, WPCF, 1995)

ตารางที่ 1 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิธีการวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	**วิธีวิเคราะห์**
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	Electrometric method (pH meter)
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	Conductivity meter
อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	Membrane electrod meter (DO meter)
ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)	Azide modification
ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)	Closed reflux method
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(TKN)	Kjeldahl method
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP)	Sulfuric acid-Nitric acid digestion
โลหะหนัก (Pb, Zn , Cu, Fe)	Digestion and Atomic Absorption Spectrophotometer

2.3.3 ตัวอย่างพืช

บันทึกข้อมูลตัวอย่างพืชแต่ละชนิดก่อนเริ่มใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรรดพืชและตลอดช่วงเวลาที่ดำเนินการทดลองจนกระทั่งถึงช่วงระยะเวลาของการเก็บเกี่ยว โดยจะสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของพืช และบันทึกความสูงของพืช น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว(Pb) ทองแดง(Cu) เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) ในตัวอย่างพืช โดยนำพืชมาล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำกลั่นเพื่อลดการปนเปื้อนที่ผิวนอกของพืช และชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่างพืชทั้งหมด นำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและบันทึกผลไว้ นำตัวอย่างพืชมาบดด้วยครกกระเบื้องเคลือบให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัมแล้วย่อยสลายด้วยกรดผสม HNO_3 : $HClO_4$ ในอัตราส่วน 4:1 โดยปริมาตรแล้วนำไปหาปริมาณตะกั่ว ทองแดง เหล็กและสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

น้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์และธาตุอาหารในปริมาณค่อนข้างสูง มีระดับอุณหภูมิปกติ มีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH = 6.98) โดยมีปริมาณของ BOD, COD, TKN และ TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 747.13, 1199.52, 84.00 และ 7.93 mg/L ตามลำดับ สำหรับปริมาณโลหะหนัก พบว่า น้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีค่าตะกั่ว สังกะสี ทองแดง และเหล็ก เฉลี่ยเท่ากับ 0.106, 0.218, 0.082 และ 0.866 mg/kg ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1216.33 µS/cm ทั้งนี้จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพบว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดี มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าบีโอดีได้ไม่เกิน 60 และ 100 mg/L ส่วนค่าซีโอดี กำหนดไว้ให้มีค่าได้ไม่เกิน 300 และ 400 mg/L ในน้ำทิ้งฟาร์มสุกรประเภท ก และ ข ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการทดลองปลูกพืช

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าวิเคราะห์		ค่ามาตรฐาน	
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	น้ำธรรมชาติ[1/]	น้ำทิ้ง[3/]	น้ำบาดาล[4/]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.98 ± 0.06	8.01 ± 0.02	5.5 - 9	6.5 – 9.2
อุณหภูมิ (T, °C)	29.6 ± 0.01	27.7 ± 0.40	-	-
ค่าการนำไฟฟ้า (EC, µS/cm)	1216.33 ± 1.53	286.0 ± 2.00	-	-
BOD (mg/L)	747.13 ± 11.02	0.79 ± 0.01	60 - 100	-
COD (mg/L)	1199.52 ± 347.04	199.92 ± 42.99	300 – 400	-
TKN (mg/L)	84.00 ± 19.80	8.40 ± 2.47	120 – 200	-
TP (mg/L)	7.93 ± 1.33	0.044 ± 0.00	-	-
ตะกั่ว (Pb, mg/kg)	0.106 ± 0.04	0.091 ± 0.01	-	0.05
สังกะสี (Zn, mg/kg)	0.218 ± 0.08	0.152 ± 0.01	-	15.0
ทองแดง (Cu, mg/kg)	0.082 ± 0.00	Tr[2/]	-	1.5
เหล็ก (Fe, mg/kg)	0.866 ± 0.37	0.722 ± 0.26	-	1.0

หมายเหตุ: [1/] น้ำธรรมชาติ หมายถึง น้ำที่ใช้ล้างคอกหมูซึ่งเป็นน้ำที่สูบมาจากบ่อบาดาล
[2/] Tr = Trace หมายถึง มีจำนวนน้อยไม่สามารถอ่านค่าได้
[3/] มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรประเภท ก ข และ ค
[4/] มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (เกณฑ์อนุโลมให้สูงสุด)

3.2 สมบัติทางเคมี ปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังปลูกพืช

ดินที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นดินชุดอุตรดิตถ์ จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินชุดนี้ พบว่า เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.50 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) เท่ากับ 4.775 % ปริมาณธาตุอาหารพืชของดินชุดนี้ พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) เท่ากับ 0.340% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 0.920% โพแทสเซียม (K) 0.249% ในส่วนของการวิเคราะห์โลหะหนัก พบว่า ปริมาณตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และเหล็ก (Fe) มีค่าเท่ากับ 18.846, 64.835, 18.350 และ 2479.07 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินโดยทั่วไป พบว่า ดินชุดนี้มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง และมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ แต่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินค่อนข้างสูง กล่าวโดยสรุปแล้วดินชุดนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลาง และมีการสะสมโลหะหนักค่อนข้างสูง

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมี ปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณโลหะหนักในดินก่อนปลูกพืช

ลักษณะดิน	ดินชุดอุตรดิตถ์	ค่าปกติในดิน
เนื้อดิน	Sandy clay loam	-
ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)	6.50	-
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	4.775 ± 1.86	-
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.340 ± 0.27	0.03-0.30 [1/]
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (%)	0.920 ± 0.13	0.01-0.10 [1/]
โพแทสเซียม (%)	0.249 ± 0.09	0.20-3.00 [1/]
ตะกั่ว (mg/kg)	18.846 ± 4.74	0.10-30.0 [2/]
สังกะสี (mg/kg)	64.835 ± 19.62	0.10-0.03 [1/]
ทองแดง (mg/kg)	18.350 ± 7.30	0.0005-0.01 [1/]
เหล็ก (mg/kg)	2479.070 ± 159.39	Tr

หมายเหตุ : Tr = Trace หมายถึง มีจำนวนน้อยไม่สามารถอ่านค่าได้

ที่มา : [1/] ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ (2536)

[2/] ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2540)

ตารางที่ 4 การสะสมโลหะหนักในดินหลังปลูกพืช

โลหะหนัก	แหล่งน้ำรดพืช	ปริมาณโลหะสะสมในดินหลังปลูกพืช (mg/kg)		
		ต้นหอม	หญ้ารูซี่	ดาวเรือง
ตะกั่ว	น้ำธรรมชาติ	21.717	21.215	23.988
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	21.582	18.393	25.154
สังกะสี	น้ำธรรมชาติ	86.360	72.927	66.330
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	75.929	68.879	88.960
ทองแดง	น้ำธรรมชาติ	15.031	13.675	18.734
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	13.287	11.391	17.205
เหล็ก	น้ำธรรมชาติ	2492.591	2513.177	2598.598
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	2576.765	2441.678	2502.005

3.3 ผลของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผัก

การนำน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมาใช้ประโยชน์โดยการรดพืชแล้วทำให้การเจริญเติบโต เช่น ความสูง น้ำหนัก และผลผลิตแตกต่างไปจากการใช้น้ำธรรมชาติหรือน้ำบาดาล ทั้งๆ ที่น้ำทิ้งดังกล่าวมีตะกั่วพร้อมทั้งสารอินทรีย์ต่างๆ ปนอยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งถ้าไม่มีการสะสมโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานในพืชที่สามารถนำมาบริโภคได้ก็จะเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งเพื่อการเกษตรได้ สำหรับผลการเจริญเติบโตด้านความสูงเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำทิ้งฟาร์มสุกรกับน้ำธรรมชาติในการพืช พบว่าต้นหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าต้นหอมที่รดด้วยน้ำธรรมชาติ ผลการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นดาวเรืองที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและน้ำธรรมชาติ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันเล็กน้อย (ตารางที่ 5) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นหอมและหญ้ารูซี่ที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและน้ำธรรมชาติ พบว่า น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นหอมและหญ้ารูซี่ที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีค่าเฉลี่ยมากกว่าน้ำหนักสดและแห้งที่รดด้วยน้ำธรรมชาติ

ตารางที่ 5 ความสูงของที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและน้ำธรรมชาติ

ชนิดพืช	ความสูงพืช (cm)	
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	น้ำธรรมชาติ
ต้นหอม	29.88 ± 6.42	9.10 ± 4.94
หญ้ารูซี่	56.56 ± 7.37	41.76 ± 5.56
ต้นดาวเรือง	25.55 ± 4.79	22.00 ± 5.21

ตารางที่ 6 ผลผลิตน้ำหนักสดและแห้งของพืชผักที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและน้ำธรรมชาติ

ชนิดของพืช	น้ำหนัก	น้ำหนักพืช (g)		ส่วนของพืช
		น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	น้ำธรรมชาติ	
ต้นหอม	สด	22.74 ± 8.19	6.076 ± 1.64	ทั้งต้น
	แห้ง	1.802 ± 1.21	0.974 ± 0.48	
หญ้ารูซี่	สด	77.61 ± 41.92	8.198 ± 3.66	ทั้งต้น
	แห้ง	10.307 ± 6.10	1.836 ± 0.53	
ดาวเรือง	สด	11.084 ± 1.21	10.570 ± 3.56	ดอก
	แห้ง	1.131 ± 0.11	1.130 ± 0.08	

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกดาวเรืองที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีขนาดเฉลี่ย 7.153 ± 0.17 cm และมีขนาดเฉลี่ย 6.941 ± 0.82 cm เมื่อรดด้วยน้ำธรรมชาติสรุปว่าเมื่อรดน้ำด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรผลผลิตน้ำหนักสดและแห้ง รวมถึงขนาดของดอกดาวเรืองไม่แตกต่างจากดอกดาวเรืองที่รดด้วยน้ำธรรมชาติ (ตารางที่ 6 และรูปที่ 1)

รูปที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกดาวเรือง (เซนติเมตร)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่ใช้ในการศึกษามีปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ ค่อนข้างมาก มีสภาพเกือบเป็นกลาง (pH=6.9) ส่วนปริมาณตะกั่วน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรจะมีปริมาณมากกว่าน้ำธรรมชาติเพียงเล็กน้อยแต่ก็ไม่ได้มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ ดังนั้นกรรมวิธีที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อย่างเดียวอาจเสี่ยงต่อความเป็นพิษต่อพืชได้

3.4 ปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในพืช

การนำน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมาใช้ประโยชน์โดยการนำมารดพืช ถ้ามีวิธีการที่จะบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้เพื่อให้นำมาใช้รดต้นพืชได้โดยไม่ทำให้พืชเสียหายและไม่มีการสะสมโลหะหนักหรือธาตุพิษในพืช โดยเฉพาะพืชผักที่ใช้ในการบริโภค ส่วนพืชที่ไม่ใช้ในการบริโภค เช่น ไม้กระถาง ไม้ดอก ถึงแม้จะมีการสะสมของโลหะหนักหรือสารมลพิษ แต่ถ้ามีปริมาณไม่มากจนทำให้พืชดังกล่าวเสียหายก็นับว่าเป็นเรื่องที่เป็นไปได้มากขึ้นที่จะมีการนำน้ำทิ้งมาใช้เพื่อการเกษตร สำหรับพืชที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พืชผัก พืชอาหารสัตว์ และพืชดอก ผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชแสดงในตารางที่ 7

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน กำหนดให้อาหารที่มีสารปนเปื้อนต้องมีมาตรฐานตรวจพบสารปนเปื้อนตะกั่วไม่เกิน 1 mg/kg สังกะสีไม่เกิน 100 mg/kg และทองแดงไม่เกิน 20 mg/kg สำหรับมาตรฐานแห่งชาติสาธารณรัฐประชาชนจีนได้กำหนด Item Index ปริมาณสูงสุดของสารตะกั่วที่อนุญาตให้มีได้ในผักสดไม่เกิน 0.1 mg/kg สังกะสีไม่เกิน 20 mg/kg และทองแดงไม่เกิน 10 (mg/kg) ส่วนปริมาณเหล็กไม่ได้มีกำหนดไว้ในทั้งสองมาตรฐาน

ตารางที่ 7 การสะสมโลหะในส่วนต่างๆ ของพืชที่รดด้วยน้ำธรรมชาติและน้ำทิ้งฟาร์มสุกร

ชนิดโลหะ	แหล่งน้ำที่ใช้รดพืช	ปริมาณโลหะสะสมในส่วนต่างๆ ของพืช				
		ต้นหอม		หญ้ารูซี่		ดาวเรือง
		ส่วนต้น	ส่วนราก	ส่วนต้น	ส่วนราก	ดอก
ตะกั่ว	น้ำธรรมชาติ	625.069*	119.565*	118.241*	478.797*	40.535*
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	104.472*	138.509*	94.682*	112.785*	45.397*
สังกะสี	น้ำธรรมชาติ	207.029*	62.260	87.880	181.867*	87.332
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	109.148*	78.941	44.021	65.569	91.930
ทองแดง	น้ำธรรมชาติ	5.008	2.152	9.543	8.409	11.259
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	1.473	2.835	3.407	3.720	13.955
เหล็ก	น้ำธรรมชาติ	4203.018	6320.830	6542.263	19241.790	113.744
	น้ำทิ้งฟาร์มสุกร	545.278	8467.250	4157.499	9905.906	128.038

หมายเหตุ * หมายถึง มีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน

การสะสมปริมาณตะกั่วในส่วนต้นและรากของต้นหอม หญ้ารูซี่ พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานสารปนเปื้อน การรดน้ำต้นพืชด้วยน้ำธรรมชาติมีการสะสมปริมาณตะกั่วในส่วนต้นและรากมีค่าสูงกว่าการรดน้ำด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกร โดยต้นหอมมีการสะสมตะกั่วในส่วนของลำต้นมากกว่าส่วนราก สำหรับการสะสมปริมาณตะกั่วในดอกดาวเรืองพบว่าการรดน้ำดาวเรืองด้วยน้ำธรรมชาติหรือน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรจะมีการสะสมปริมาณตะกั่วเช่นกัน และมีค่าเกินมาตรฐานสารปนเปื้อน

การสะสมสังกะสีในส่วนต้นและรากของต้นหอม พบว่า ในส่วนต้นมีการสะสมสังกะสีสูงกว่าส่วนราก ทั้งนี้น้ำธรรมชาติมีผลต่อการสะสมสังกะสีในส่วนต้นสูงกว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร แต่น้ำธรรมชาติมีผลต่อการสะสมสังกะสีในส่วนรากน้อยกว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร สำหรับหญ้ารูซี่พบว่ามีการสะสมสังกะสีในส่วนรากมากกว่าส่วนต้นเมื่อรดด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรและน้ำธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปริมาณสังกะสีในดอกดาวเรือง พบว่า เมื่อรดน้ำดาวเรืองด้วยน้ำธรรมชาติ มีการสะสมปริมาณสังกะสีน้อยกว่าการรดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าปริมาณสังกะสีในส่วนต้นของต้นหอมมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด

การสะสมทองแดงในส่วนต้นมีค่ามากกว่าส่วนรากของต้นหอมเมื่อรดด้วยน้ำธรรมชาติ โดยน้ำธรรมชาติมีผลให้มีการสะสมทองแดงในส่วนต้นสูงกว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ส่วนน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีผลทำให้การสะสมทองแดงในรากของต้นหอมมีค่าสูงกว่าน้ำธรรมชาติ สำหรับหญ้ารูซี่พบว่าการใช้น้ำธรรมชาติทำให้การสะสมทองแดงทั้งในส่วนต้นและรากสูงกว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปริมาณทองแดงในดอกดาวเรือง พบว่า ดาวเรืองที่รดด้วยน้ำธรรมชาติ มีการสะสมทองแดงน้อยกว่าน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ซึ่งปริมาณทองแดงในต้นหอม หญ้ารูซี่และดอกดาวเรืองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข

การสะสมเหล็กในส่วนรากของต้นหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีค่าสูงกว่าน้ำธรรมชาติ สำหรับการสะสมเหล็กในส่วนต้น พบว่า ต้นหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกรมีการสะสมเหล็กต่ำกว่าน้ำธรรมชาติ การสะสมเหล็กในส่วนรากของต้นหอมจะมีค่ามากกว่าส่วนต้นเมื่อรดด้วยน้ำธรรมชาติและน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร หญ้ารูซี่ที่รดด้วยน้ำธรรมชาติมีการสะสมเหล็กในส่วนต้นและรากมากกว่าการรดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกร และมีการสะสมเหล็กในส่วนรากมากกว่าส่วนต้น เมื่อเปรียบเทียบการสะสมเหล็กในดอกดาวเรือง พบว่า ดอกดาวเรืองที่ปลูกแล้วรดด้วยน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีการสะสมเหล็กมากกว่าน้ำธรรมชาติ

ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นที่พืชต้องการจะถูกควบคุมโดยลักษณะของดินและพืช ในสภาพทั่ว ๆ ไปการสะสมธาตุในดินและพืชจะเป็นไปในทางเดียวกันเนื่องจากพืชต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของธาตุที่มีปริมาณสูงในดินเป็นผลให้พืชมีค่าความเข้มข้นของธาตุสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการสะสมของธาตุ

ในพันธุ์ไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในดิน (Rendig and Taylor, 1989) มีปัจจัยทางธรณีวิทยาอื่นที่มีอิทธิพลต่อการสะสมธาตุในพืชและปัจจัยต่างๆ ต้องทำงานร่วมกัน (Reimann *et al*., 2007) เหตุผลว่าทำไมพืชบางชนิดสามารถทนทานหรือสะสมธาตุโลหะต่างๆ นั้นไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน แต่สามารถอธิบายได้ว่าการสะสมธาตุแต่ละชนิดในพืชแตกต่างกันนั้นเนื่องมาจากกระบวนการเมตาโบลิซึมที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละชนิดพืช (Reimann *et al*., 2007) ดังจะเห็นได้จากรายงานของ Cottenie *et al.* (1984) ซึ่งได้ทดลองปลูกพืชในดินที่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันได้แก่ ดินทราย ดินเหนียว ดินร่วนปนทราย พบว่าปริมาณนิกเกิล และแคดเมียม สะสมสูงสุดในกะหล่ำที่ปลูกบนดินเหนียวและผักกาดหอมที่ปลูกบนดินร่วนปนทราย ซึ่งแสดงว่าลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินที่ต่างกันก็มีอิทธิพลต่อการดูดดึงโลหะหนักของพืชต่างชนิดกันด้วย โดยทั่วไปถือว่าเป็นระดับพีเอชที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ในดินต่อพืชมีสูง สำหรับตะกั่วมีค่าความเข้มข้นปกติในดินคือ 0.1-30 mg/kg ในพืช 0.1-10 mg/kg ค่าวิกฤติในดิน 70-300 mg/kg ค่าที่เริ่มอาการเป็นพิษต่อพืช 100-400 mg/kg (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540) จะเห็นได้ว่าถ้าพืชที่เรานำมาบริโภคมีการปนเปื้อนของโลหะหนักเกินมาตรฐานที่ยอมให้บริโภคได้ก็จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

4. สรุป

ต้นหอมและหญ้ารูซี่ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมีการเจริญเติบโตรวมถึงการให้ผลผลิตที่สูงกว่าการรดด้วยน้ำธรรมชาติ สำหรับดอกดาวเรืองพบว่าน้ำหนักสดและแห้ง รวมถึงขนาดของดอกดาวเรืองเมื่อรดด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรไม่แตกต่างจากการรดด้วยน้ำธรรมชาติ การรดพืชด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรหรือน้ำจากธรรมชาติทำให้ต้นหอม หญ้ารูซี่และดอกดาวเรืองมีการสะสมตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน สำหรับปริมาณสังกะสีมีค่าเกินมาตรฐานเฉพาะในส่วนต้นของต้นหอมและส่วนรากของหญ้ารูซี่ ไม่พบปริมาณทองแดงและเหล็กเกินค่ามาตรฐานในพืชทั้งสามชนิด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิชาการ หน่วยงานของรัฐและเอกชนต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. **เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร**. ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

กระทรวงสาธารณสุข .2529. **เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529)

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. **มลพิษทางดิน.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WPCE). 1995. **Standard Method for the Examination of Water and Waste-Water**. 19th ed. American Public Health Association, Washington D.C.

Asano, T.,Maeda, M. and Takaki,M. .1996. **Wastewater reclamation and reuse in Japan: Overview and implementation.** Water, Science and Technology, 34(11): 219-226

Chawathe, S.D. and Kantawala, D. .1987. **Reuse of water in city planning**. Water Supply, 15(1) : 17-23.

Cottenies, A., Klekans, L., and Van Landschoot, G. 1984. Problem of the mobility and predictability of heavy metal uptake by plants. In P.L' Hermite, and H. Ott (eds.), **Processing and use of sewage sludge**, Holland: D. Reidal Publishing Company p. 124-31.

Mara, D. and Cairncross, S.1989. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture**. Geneva : United Nations Environmental Programme/World Health Organization.

Reimann, C., Arnoldussen, A., Boyd, R., Finne, T.E., Koller, F., Nordgulen, O., and Englmaer, P. 2007. Element content in leaves of four plant species (birch, mountain ash,fern and spruce) along anthropogenic and geogenic concentration gradients. **Science of the Total Environment,** 337, p416-433.

Rendig, Victor V. and Taylor, H. M. 1989**. Crops and soils; Plant-soil relationships.** McGraw- Hill (New York), ISBN 0070518793.