การพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยเพื่อการเฝ้าระวังการรับสัมผัสสารพาราควอตในเกษตรกรผู้ฉีดพ่นสารพาราควอต
The Development of Occupational Health Risk Matrix for Surveillance of Paraquat Exposure among Paraquat Knapsack Spraying Farmers

จุฑามาศ ฉากครบุรี*, **สุนิสา ชายเกลี้ยง****[a], **วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล****

*หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, [a]ผู้รับผิดชอบบทความ

Chuthamas Chagkornburee*, **Sunisa Chaiklieng****[a], **Vichai Preuktharatikul****

*M.Sc. program in Occupational Health and Safety,
Faculty of Public Health, Khon Kaen University

**Department of Environmental Health, Occupational Health and Safety,
Faculty of Public Health, Khon Kaen University, [a]Corresponding author: csunis@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบภาคตัดขวางเชิงสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยต่อการรับสัมผัสสารพาราควอต เก็บข้อมูลโดยสัมภาษณ์ผู้ฉีดพ่นอำเภอหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น ใช้ข้อมูลส่วนบุคคล การทำงาน เพื่อประเมินการการรับสัมผัสสารพาราควอตผ่านการหายใจ และพัฒนาเมตริกความเสี่ยงที่พิจารณาความรุนแรงจากอาการผิดปกติ พิจารณาโอกาสจากความถี่การรับสัมผัสร่วมกับค่ามัธยฐานความเข้มข้นของสารพาราควอต เท่ากับ 6.851 $\mu g/m^3$ ที่เก็บตัวอย่างอากาศในกล่องทดลอง (n=7) พบการรับสัมผัสอยู่ในช่วง 0.006–2.527 $\mu g/kg/day$ สามารถอธิบายได้ว่าการรับสัมผัสสารพาราควอตทางการหายใจที่ความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 10 ของค่าขีดจำกัดการสัมผัส (OEL=100 ug/m^3) ส่งผลต่อความเสี่ยงต่อมนุษย์ที่สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้จากเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยร้อยละ 34.48 และจากสมการคำนวณต่อการรับสัมผัสของมนุษย์ (เมื่อ HQ>1) ระยะยาวร้อยละ 10.34 ระยะสั้นร้อยละ 10.34 และผลจำเพาะต่อปอดเป็นความเสี่ยงระดับยอมรับได้ ดังนั้นข้อมูลนี้จึงมีประโยชน์ต่องานด้านสาธารณสุขและเกษตรกรผู้ฉีดพ่นเพื่อให้เกิดการเฝ้าระวังอันตรายทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารพาราควอต และการป้องกันการรับสัมผัสสารพาราควอตเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจขณะฉีดพ่นโดยนำเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยนี้ไปทดลองใช้ประเมิน

ความเสี่ยงของเกษตรกรผู้ฉีดพ่นที่มีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารพาราควอตจริง เพื่อการเผยแพร่เมตริกความเสี่ยงนี้ไปใช้ในการเฝ้าระวังการรับสัมผัสสารพาราควอตต่อไป

คำสำคัญ: เมตริกความเสี่ยง, ความเสี่ยงต่อมนุษย์, อาการผิดปกติ, รับสัมผัสผ่านทางการหายใจ, พาราควอต

Abstract

The cross-sectional survey study aimed to develop occupational health risk matrix on airborne paraquat exposure of knapsack sprayers. The study conducted in paraquat knapsack sprayers in one district of Khon Kaen province, Thailand. Personal and working characteristics of sprayers were used for inhalation intake estimation and develop occupational health risk matrix severity concerned adverse symptoms experience, considering likelihood of paraquat exposure and concentration (were calculated at median airborne paraquat concentration 6.851 μg/m^3 from the experimental model n=7). The estimation intakes ranged between 0.006-2.527 μg/kg/day. It can be explained that exposure to paraquat on inhalation route at the concentration which was lower than 10% of the occupational exposure limited level (OEL=100 μg/m^3) had higher risk than an acceptable level from occupational health risk 34.48%, from risk estimation was presented by hazard quotient (when HQ>1) 10.34% of knapsack sprayers were at risk of long term exposure, 10.34% for short term exposure, acceptable risk level for chronic pneumonitis. The finding risk matrix is useful for public health sectors and sprayers for the surveillance program and prevention on inhalation exposure to paraquat while field spraying. The measurement of inhaled paraquat while spraying for concentration use in the developed matrix would support further the distribution of this occupational health risk matrix in health surveillance program of paraquat exposure.

Keywords: Risk matrix, Human health risk, Adverse symptom, Inhalation exposure, Paraquat

Submitted 19/8/2018 *Accepted* 2/12/2018 *Published* 31/3/2019

บทนำ

จากข้อมูลการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี พ.ศ. 2553-2559 พบว่าสารกำจัดวัชพืชมีการนำเข้ามากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับสารกำจัดศัตรูพืชทุกกลุ่ม[1] และในปี พ.ศ. 2559 สารพาราควอตที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดรับสัมผัสตายและทำลายไม่เลือกว่าเป็นวัชพืชชนิดใด มีการนำเข้ามายังประเทศไทยกว่า 31.5 ล้านตัน[2] คิดเป็นมูลค่า 2,110,162,094.45 บาท[2] ซึ่งสารพาราควอตนี้เป็นสารกำจัดวัชพืชสามอันดับแรกที่มีปริมาณการนำเข้าสูงที่สุดในประเทศไทย[2]

พิษของสารพาราควอตนั้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในร่างกายทำให้เกิดผลต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายถูกทำลาย[3] โดยพิษของสารชนิดนี้จะเกิดผลกระทบต่อร่างกายจากการรับสัมผัสผ่านทางผิวหนังมากที่สุด พบมากกว่าร้อยละ 40.00[4, 5] และระบบทางเดินหายใจเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญ จากฐานข้อมูลสุขภาพในกลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมที่เข้ารับการรักษาด้วยสาเหตุพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งประเทศพบ 5,437 ราย โดยที่กลุ่มอายุช่วง 15-59 ปี ซึ่งกลุ่มคนวัยแรงงานเป็นส่วนหนึ่งในช่วงอายุดังกล่าวนี้มีอัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ 10,277.34 คนต่อประชากรแสนคน[6] (ข้อมูลสุขภาพ ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2560) การศึกษาต่างประเทศที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า สารพาราควอต ส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติกับระบบทางเดินหายใจส่วนต้น[5-7] สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาอาการผิดปกติจากการฉีดพ่น สารพาราควอต พบว่ามีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนต้นสูงสุด ร้อยละ 50.00[5] รองลงมาคือหายใจลำบาก กว่าร้อยละ 6.80[5, 9]

จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่มีการศึกษาความเข้มข้นของสารพาราควอตในพื้นที่ฉีดพ่นของประเทศไทย การศึกษาความเข้มข้นของสารพาราควอตในประเทศมาเลเซีย[10] ในบรรยากาศขณะฉีดพ่นมีค่าเฉลี่ย 125.49 $\mu g/m^3$ ซึ่งสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่แนะนำโดย ACGIH (50 $\mu g/m^3$)[11] และ NIOSH (100 $\mu g/m^3$)[12] นอกจากนี้ยังมีการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพที่พิจารณาเมตริกความเสี่ยงโดยใช้ความถี่ในการรับสัมผัส และประสบการณ์อาการผิดปกติจากการรับสัมผัสมาพิจารณา พบว่าผู้ฉีดพ่นมีความเสี่ยงปานกลางขึ้นไป ร้อยละ 23.33[8] จากการศึกษาที่ผ่านมาเคยมีการพัฒนาเมตริกเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยแต่เป็นงานด้านสิ่งคุกคามทางการยศาสตร์[13] อย่างไรก็ตามยังไม่มีด้านการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดวัชพืชและสารพาราควอต ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีใช้ค่าความเข้มข้นจากการทดลองทางห้องปฏิบัติการที่ต่ำกว่ามาตรฐานและสอดคล้องการศึกษาในภาคสนามของการศึกษาที่ผ่านมา[10] เพื่อที่จะพัฒนาเมตริกประเมินความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการรับสัมผัสสารเคมีอันตรายในกลุ่มเกษตรกรผู้ฉีดพ่น โดยพิจารณาความเข้มข้นสารที่รับสัมผัสร่วมกับความถี่หรือระยะเวลาในการรับสัมผัสจากเมตริกที่เคยพัฒนาก่อนแล้วกับสารเคมีกลุ่มอื่น ๆ สำหรับคนทำงาน[14,15] และการใช้หลักการที่ประเมินผ่านเส้นทางการเดินหายใจของ United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) เข้ามาเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผล เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเชิงลึกต่อไปด้านการป้องกันการรับสัมผัสสารเคมีในเกษตรกรที่จะทำให้ความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารเคมีลดลงจากแนวทางการใช้เมตริกทางอาชีวอนามัยที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ได้

วิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional survey study) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยต่อการรับสัมผัสสารพาราควอต

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ประยุกต์มาจากแบบประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กระทรวงสาธารณสุข[16] ที่ผ่านการตรวจสอบเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย, แพทย์, เภสัชเวทและพิษวิทยา) อาสาสมัครผู้ฉีดพ่นในอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น[5] ซึ่งคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจง มีเกณฑ์คัดเข้าคือประกอบอาชีพเกษตรกรที่ฉีดพ่นสารพาราควอตอย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี มีอายุ 18 ปีขึ้นไป และสมัครใจเข้าร่วมโครงการ

ข้อมูลความเข้มข้นสารพาราควอตในบรรยากาศขณะทำการฉีดพ่น ในการศึกษานี้มาจากการทดลองทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งเก็บตัวอย่างสารภายในกล่องทดลองที่จำลองการฉีดพ่นสารโดยจำลองสภาวะการทดสอบฉีดพ่นทางห้องปฏิบัติการ คือจำลองสภาวะการฉีดพ่นภายในกล่องทดลองที่สร้างจากอะครีลิค ผนังด้านหลังของกล่องทดลองจะมีพัดลมดูดอากาศขนาดเล็ก โดยความเร็วของพัดลมดูดอากาศขนาดเล็กนี้ มีการตั้งค่าไว้ที่ความเร็วรอบต่ำ เพื่อควบคุมทิศทางให้สารพาราควอตที่ฉีดพ่นเข้าไปในกล่องนั้นได้มีทิศทางการกระจายไปยังทิศทางที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ชุดเก็บตัวอย่างเอาไว้เท่านั้น จะใช้ถังฉีดพ่นขนาด 3 ลิตร บรรจุสารสารพาราควอตที่มาจากการใช้สาร Gramoxone ผสมกับน้ำในสัดส่วนต่ำสุดที่เกษตรกรเตรียมสารใช้ในการฉีดพ่นจริงในแปลง คือ 2.5 ml: น้ำสะอาด 500 ml คิดเป็นความเข้มข้นสารละลายสารพาราควอต 1.37 mg/ml เพื่อจำลองการฉีดพ่นเข้าไปยังภายในกล่องทดลอง ซึ่งภายในมีหุ่นทดลองเป็นตัวแทนของเกษตรกรที่ทำงานบริเวณที่มีการฉีดพ่น ที่ได้ติดตั้งชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างไว้ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศคือปั๊มดูดอากาศ (Personal pump) ติดตั้งปั๊มดูดอากาศไว้ที่ขาตั้งมีอัตราการไหล: 2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 25 นาที ปริมาตรอากาศรวม 50 ลิตร วัสดุเก็บตัวอย่าง สารพาราควอต ในอากาศคือ Polytetrafluoroethylene filter[12] อาศัยหลักการตาม NIOSH 5003[12] อีกทั้งการศึกษานี้ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ป้องกันทางการหายใจสำหรับหุ่นในขณะทำการเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บไปวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วย High Performance Liquid Chromatography (UV detector 254 nm)[12] ค่ามัธยฐานความเข้มข้นที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศในกล่องทดลองสภาวะจำลอง (n=7) คือ 6.851 $\mu g/m^3$ เป็นความเข้มข้นจากการเตรียมสารครั้งเดียวข้างต้น และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานความเข้มข้นในบรรยากาศการทำงานของ (NIOSH) คือ 100 $\mu g/m^3$ แบ่งระดับตามเกณฑ์ระดับการรับสัมผัสของการประเมินความเสี่ยงมี 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ <10% ของค่ามาตรฐาน, ระดับ 2 คือ 10% – <50% ของค่ามาตรฐาน, ระดับ 3 คือ 50% – <75% ของค่ามาตรฐาน, ระดับ 4 คือ 75% – 100% ของค่ามาตรฐาน และระดับ 5 คือ >100% ของค่ามาตรฐาน ซึ่ง**ความเข้มข้น**ของสารพาราควอตในบรรยากาศที่ใช้พิจารณาสำหรับการเมตริกความเสี่ยงในศึกษานี้ อยู่ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 10% ของค่ามาตรฐาน (100 $\mu g/m^3$)[12] หรือระดับ 1

ความเข้มข้นจากการฉีดพ่นทางห้องปฏิบัติการภายในกล่องจำลองจำนวน 7 การทดลองนี้ เพื่อกำหนดความเข้มข้นที่ระดับต่ำกว่าร้อยละ 10 ของค่ามาตรฐาน (100 $\mu g/m^3$)[12] มาใช้ประเมินความเสี่ยงในการศึกษานี้ทั้งหมดมี 4 รูปแบบ คือ การประเมินเชิงปริมาณโดยใช้สมการของ U.S. EPA[19] ที่อาศัยหลักการรับสัมผัสผ่านทางการหายใจและคาดการณ์ความเสี่ยง 3 แบบ ได้แก่ ความเสี่ยงที่มีผลต่อปอด ความเสี่ยงระยะสั้น ความเสี่ยงระยะยาว และอีก 1 ส่วนคือรูปแบบของการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพโดยใช้เมตริกความเสี่ยงที่

พัฒนาขึ้น ดังนี้

(1) การประเมินความเสี่ยงที่มีผลต่อปอด (สมการ 4) โดยเปรียบเทียบค่าการรับสัมผัส (สมการ 1) กับค่าอ้างอิงที่จำเพาะกับปอด (RfD; 4.50 μg/kg/day)[18]

(2) การประเมินความเสี่ยงระยะสั้น (สมการ 2) โดยเทียบค่าการรับสัมผัสกับค่ามาตรการรับสัมผัสระยะสั้น (AOEL short term; 0.50 μg/kg/day)[19]

(3) การประเมินความเสี่ยงระยะยาว (สมการ 3) โดยเทียบค่าการรับสัมผัสกับค่ามาตรการรับสัมผัสระยะยาว (AOEL long term; 0.40 μg/kg/day)[19]

(4) การพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัย เป็นการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพที่พิจารณาโอกาสและความรุนแรง ซึ่งการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชต่างจากงานทั่วไปที่ทำประจำ 8 ชั่วโมง/วัน ทำให้ไม่สามารถใช้เกณฑ์เดิมตามกฎหมายมาประเมินความเสี่ยงได้ จึงมีความสำคัญที่จะต้องพัฒนาให้มีความสอดคล้องกับลักษณะงานฉีดพ่นมากยิ่งขึ้น โดยลักษณะเด่นของเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวะอนามัยต่อการรับสัมผัสสารพาราควอตในผู้ฉีดพ่นที่พัฒนาขึ้น คือการคำนึงถึงโอกาสทั้งจากความถี่ในการรับสัมผัสและความเข้มข้นสารพาราควอตในบรรยากาศขณะฉีดพ่นร่วมกัน ส่วนความรุนแรงพิจารณาจากอาการผิดปกติที่เคยเกิดขึ้นกับผู้ฉีดพ่นอันมีสาเหตุมาจากงานฉีดพ่นในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

โดยที่ข้อมูลความรุนแรงได้มาจากอาการผิดปกติที่เกิดจากพิษของสารชนิดนี้จากการทบทวนวรรณกรรม และถูกจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบสัมภาษณ์ มี 3 ระดับอาการ (เล็กน้อย ปานกลาง รุนแรง) แล้วจึงใช้เกณฑ์ตามการศึกษาที่ผ่านมา[5, 15] แบ่งได้เป็น 5 ระดับความรุนแรง ได้แก่ ระดับ 1 คือไม่มีอาการ, ระดับ 2 คือมีอาการเล็กน้อยเพียงระดับเดียว, ระดับ 3 คือมีอาการระดับปานกลางอย่างน้อย 1 อาการ, ระดับ 4 คือมีอาการระดับรุนแรงอย่างน้อย 1 อาการ, และระดับ 5 คือเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้หรือป่วยด้วยโรคมะเร็งหรือเสียชีวิต

ข้อมูลระดับโอกาส ได้มาจากผลคะแนนจากการคูณระหว่างระดับความถี่ในการรับสัมผัส 5 ระดับ และระดับความเข้มข้นของสารพาราควอตในบรรยากาศขณะทำการฉีดพ่นสารพาราควอต มี 5 ระดับ จึงได้ระดับโอกาส 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ 1-3 คะแนน ระดับ 2 คือ 4-9 คะแนน, ระดับ 3 คือ 10-16 คะแนน, ระดับ 4 คือ 17-20 คะแนน, และระดับ 5 คือ 21-25 คะแนน ดังนั้นระดับความเสี่ยงจึงได้มาจาก ระดับโอกาส × ระดับความรุนแรง ดังสมการ 5

สมการ 1: $\text{Intake} = \left(\frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}\right)$

สมการ 2:

$\text{HQ Short term} = \left(\frac{\text{Intake}}{AOEL_{\text{Short term}}}\right)$

สมการ 3:

$\text{HQ Long term} = \left(\frac{\text{Intake}}{AOEL_{\text{Long term}}}\right)$

สมการ 4:

$\text{HQ Chronic pneumonitis} = \left(\frac{\text{Intake}}{RfD_{\text{Chronic pneumonitis}}}\right)$

สมการ 5: ระดับความเสี่ยง = (ระดับความถี่ในการรับสัมผัส × ระดับความเข้มข้นของ สารพาราควอต ในบรรยากาศขณะฉีดพ่น) × ระดับความรุนแรง

สมการการรับสัมผัสและความเสี่ยง

ซึ่งค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในสมการ 1 ถึง 5 มีดังนี้ AT คือ ระยะเวลาการรับสัมผัสเฉลี่ย (30 years)[16]

IR คือ อัตราการรับสัมผัส/หายใจ (20 m^3/day)[16] ED คือ ช่วงการรับสัมผัส (30 years)[16] BW คือ น้ำหนักร่างกายที่ได้จากการสัมภาษณ์ (kg), EF คือ ความถี่การรับสัมผัสที่ได้จากการสัมภาษณ์ (day/year) C คือ ความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองทางห้องปฏิบัติการ (มัธยฐาน: Median = 6.85 μg/m^3 พิสัยระหว่างควอไทล์: IQR= 7.97, n=7), AOEL คือ ระดับการรับสัมผัสของผู้ปฏิบัติงานที่ยอมรับได้ซึ่งไม่จำเพาะต่ออวัยวะใด จากการรับสัมผัสระยะสั้น (0.50 μg/kg/day)[19] และระยะยาว (0.40 μg/kg/day)[19] RfD คือ ค่าอ้างอิงการรับสัมผัสที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสารเข้าสู่ร่างกายทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติ ซึ่งจำเพาะต่อปอด: Chronic pneumonitis (4.50 μg/kg/day)[18]

งานวิจัยนี้ได้รับความเห็นชอบให้ดำเนินการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่นเลขที่โครงการ HE 592418

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน และข้อมูลการป้องกันตนเองของอาสาสมัคร

อาสาสมัครผู้ฉีดพ่นในการศึกษานี้จำนวน 29 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 86.21 เพศหญิง ร้อยละ 13.79 มีอายุระหว่าง 25 ถึง 79 ปี (มัธยฐาน=55, IQR=12) มีประสบการณ์การฉีดพ่น 1-46 ปี (มัธยฐาน=20, IQR=17) ซึ่งอาสาสมัครมีอาชีพหลักเป็นงานด้านเกษตรกรรมเพาะปลูกที่มีการฉีดพ่น ร้อยละ 86.21 ซึ่งเกษตรกรหนึ่งคนปลูกพืชหลายชนิด อย่างน้อยหนึ่งชนิด ได้แก่ ข้าว ร้อยละ 82.76 อ้อย ร้อยละ 65.52 มันสำปะหลัง ร้อยละ 27.59 แตงกวา ร้อยละ 24.14 ฝรั่ง ร้อยละ 20.69 ถั่วฝักยาว ร้อยละ 17.24 พริก ตะไคร้ ข้าวโพดมีเท่ากัน ร้อยละ 6.90 กะหล่ำปลี ฟักทอง ยางพารามีเท่ากัน ร้อยละ 3.45 นอกจากประกอบอาชีพเกษตรกรแล้วอาสาสมัครที่เหลือจะรับจ้างฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชเป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 13.79 ในส่วนของอาชีพรอง พบว่าไม่มีอาชีพรอง ร้อยละ 41.38 รับจ้างทั่วไป ร้อยละ 34.48 เกษตรเพาะปลูก ร้อยละ 13.79 ก่อสร้าง ร้อยละ 6.90 และช่างซ่อมบำรุง ร้อยละ 3.45 สำหรับปริมาณสารพาราควอตที่ใช้ผสมฉีดพ่นกำจัดวัชพืชมีตั้งแต่ 0.1-2,400 ลิตรต่อปี มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองเมื่อฉีดพ่น คือ เสื้อผ้าแขนยาวกางเกงขายาว ร้อยละ 96.55 รองเท้าบู๊ท ร้อยละ 96.55 ถุงมือ ร้อยละ 65.52 แว่นตาหรือที่ครอบตา ร้อยละ 6.90 ในส่วนของทางเดินหายใจมีการป้องกันกล่าวคือปิดปากปิดจมูก ร้อยละ 96.55 จำแนกได้ 6 ประเภท คือ หมวกโม่ง ร้อยละ 75.86 หน้ากากอนามัย ร้อยละ 41.38 หน้ากากแบบผ้า ร้อยละ 37.93 หน้ากากแบบใยฟองน้ำ ร้อยละ 24.14 ผ้าขาวม้า ร้อยละ 6.90 เสื้อยืด ร้อยละ 10.34

อาการผิดปกติจากการรับสัมผัสสารพาราควอต

อาสาสมัครร้อยละ 86.21 เคยมีเกิดอาการผิดปกติจากการฉีดพ่นและรับสัมผัส สารพาราควอตในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา โดยมีอาการที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ คือ ระคายเคืองจมูก ระคายเคืองลำคอ น้ำมูกไหลที่ไม่ใช่จากหวัด หายใจหวีด หายใจลำบาก และเมื่อแบ่งตามระดับความรุนแรงของอาการ พบว่าอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น 3 อันดับแรกในระดับเล็กน้อย คือ ระคายเคืองลำคอ ร้อยละ 51.72 รู้สึกไม่สบายตัว เพลีย เหนื่อย ล้า ร้อยละ 37.93 ระคายเคืองผิวหนัง ร้อยละ 24.14 อาการระดับปานกลาง คือ วิงเวียน ร้อยละ 31.03 น้ำตาไหลมาก ร้อยละ 27.59 หน้ามืด ร้อยละ 20.69 ระดับรุนแรง คือ กล้ามเนื้ออ่อนแรง ร้อยละ 17.24 หายใจมีเสียงหวีด หายใจลำบาก ร้อยละ 13.79 มีผลต่ออัณฑะ ระคายเคือง คัน บวม ร้อยละ 6.90

เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการรับสัมผัสสารพาราควอตในบรรยากาศ

จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้ฉีดพ่นที่ได้มาด้านความถี่ในการฉีดพ่นหรือรับสัมผัส สารพาราควอต พบว่ามีความแตกต่างไปจากลักษณะการทำงานอื่นที่ทำเป็นประจำทุกวันตลอดทั้งปี ทำให้ไม่สามารถใช้เกณฑ์เดิม มาประเมินความเสี่ยงตามกฎหมาย[14] จึงจำเป็นต้องมีการประยุกต์เกณฑ์นี้ขึ้นมาใหม่เพื่อให้เป็นไปตามลักษณะงานฉีดพ่นมากที่สุดโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ฉีดพ่นและข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมา[15] โดยมีเกณฑ์ด้านความถี่ในการฉีดพ่นหรือรับสัมผัส สารพาราควอต จากการทำงาน 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ 1-15 นาทีต่อวัน โดยเฉลี่ย และ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อรอบ 3 เดือน, ระดับ 2 คือ 1-15 นาทีต่อวันโดยเฉลี่ย และ 1 ถึง 3 ครั้งต่อรอบ 3 เดือน, ระดับ 3 คือ มากกว่า 15-30 นาทีต่อวันโดยเฉลี่ย และ 1-2 ครั้งต่อเดือน, ระดับ 4 คือ มากกว่า 30-60 นาทีต่อวัน โดยเฉลี่ย และ 3-4 ครั้งต่อเดือน, และระดับ 5 คือ มากกว่า 60 นาทีต่อวัน โดยเฉลี่ย และ มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีร้อยละผู้ฉีดพ่นที่อยู่ในคะแนนความเสี่ยงตั้งแต่ 1-25 คะแนน เป็นดังตารางที่ 1 และเมื่อจำแนกคะแนนความเสี่ยงออกเป็นความเสี่ยง 5 ระดับ พบว่า ผลความเสี่ยงสูงสุด (ร้อยละ 65.52) อยู่ที่ระดับ 1 หมายความว่าความเสี่ยงระดับต่ำ ข้อมูลโอกาสสูงสุด (ร้อยละ 79.31) อยู่ที่ระดับ 1 ข้อมูลความรุนแรงสูงสุดอยู่ที่ระดับ 3, 4 เท่ากัน (ร้อยละ 31.03) จากนั้นเมื่อนำความเสี่ยงทั้ง 5 ระดับนี้ มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ฉีดพ่นมีความเสี่ยงยอมรับได้ ร้อยละ 65.52 และเสี่ยงสูงกว่ายอมรับได้ หรือสูงกว่าความเสี่ยงต่ำขึ้นไปมีร้อยละ 34.48 ดังตารางที่ 2 ดังนั้นข้อมูลนี้จึงมีประโยชน์ต่อการงานด้านสาธารณสุขและเกษตรกรฉีดพ่นเพื่อให้เกิดการเฝ้าระวังอันตรายทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารพาราควอต และการป้องกันด้วยการใช้อุปกรณ์ป้องกันทางการหายใจขณะฉีดพ่นโดยนำเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยนี้ไปทดลองใช้ประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรผู้ฉีดพ่นที่มีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารพาราควอตจริงเพื่อการเผยแพร่เมตริกความเสี่ยงนี้ไปใช้ในวงกว้างต่อไปในการเฝ้าระวัง

ตารางที่ 1 เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัย

ระดับโอกาส	ระดับความรุนแรง					คะแนนความเสี่ยง	ระดับความเสี่ยง
	1	2	3	4	5		
5	5	10	15	20	25	21-25	1 (ยอมรับได้)
4	4	8	12	16	20	17-20	2 (เสี่ยงต่ำ)
3	3	6	9	12	15	10-6	3 (เสี่ยงปานกลาง)
2	2	4	6	8	10	4-9	4 (เสี่ยงสูง)
1	1	2	3	4	5	1-3	5 (เสี่ยงสูงมาก)

ตารางที่ 2 ร้อยละของผู้ฉีดพ่นจำแนกตามระดับความรุนแรง ระดับโอกาส และระดับความเสี่ยง จากเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัย

ระดับ	ความรุนแรง	โอกาส	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้	ความเสี่ยงที่สูงกว่ายอมรับได้
1	13.79	79.31	65.52	-
2	24.14	20.69		
3	31.03	0.00		
4	31.03	0.00	-	34.48
5	0.00	0.00		

ความเสี่ยงเชิงปริมาณด้านการรับสัมผัสสารพาราควอตในบรรยากาศ

การประเมินการรับสัมผัสของอาสาสมัครผู้ฉีดพ่นทั้ง 29 คน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 1 ผลลัพธ์มีค่าช่วงตั้งแต่ 0.006-2.527 µg/kg/day เมื่อนำมาคำนวณความเสี่ยงและนำเสนอด้วยค่าดาคการณ์ความเสี่ยง ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2-4 ผลการศึกษาพบว่า การคำนวณ HQ ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าดังนี้ HQ long term มีค่า 0.014-6.317 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการรับสัมผัสได้ปลอดภัยในระยะยาว AOEL long term (0.400 µg/kg/day)[19] สำหรับ HQ Short term มีค่า 0.012-5.054 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการรับสัมผัสได้ปลอดภัยในระยะสั้น AOEL short term (0.500 µg/kg/day)[19] และสำหรับ HQ Chronic pneumonitis มีค่า 0.001-0.562 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่จำเพาะกับระบบทางเดินหายใจ RfD Chronic pneumonitis (4.500 µg/kg/day)[18] จึงสรุปเป็นร้อยละของผู้ฉีดพ่นที่มีความเสี่ยงยอมรับไม่ได้ (HQ>1) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละของผู้ฉีดพ่นจากการประเมินความเสี่ยงระยะสั้น ระยะยาว และความเสี่ยงที่มีความจำเพาะต่อปอด (Chronic pneumonitis)

HQ	ความเสี่ยงระยะสั้น	ความเสี่ยงระยะยาว	ความเสี่ยงต่อปอด
1	89.66	89.66	100.00
>1	10.34	10.34	0.00

ตัวอย่างการคำนวณผ่านสมการการรับรับสัมผัสและความเสี่ยง

$$\text{Intake} = \frac{(6.851\ \mu g/m^3)\times(20\ m^3/day)\times(12\ day/365day\times(30\ year)}{(59\ kg)\times(30\ year)} = 0.076\ \mu g/kg/day$$

$$\text{HQ Long term} = \frac{0.076\ \mu g/kg/day}{0.40\ 0\mu g/kg/day} = 0.191$$

$$\text{HQ Short term} = \frac{0.076\ \mu g/kg/day}{0.500\ \mu g/kg/day} = 0.153$$

$$\text{HQ Chronic pneumonitis} = \frac{0.076\ \mu g/kg/day}{4.500\ \mu g/kg/day} = 0.017$$

อภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน และข้อมูลการป้องกันตนเองของอาสาสมัคร

สารพาราควอตที่ใช้ต่อปีมีปริมาณแตกต่างเป็นอย่างมากเนื่องจากอาสาสมัครบางรายเป็นเกษตรกรและฉีดพ่นเองจึงใช้ปริมาณน้อยและฉีดในพื้นที่ขนาดเล็กซึ่งจะแตกต่างจากผู้รับจ้างฉีดพ่นเป็นอาชีพหลัก จะมีปริมาณมากกว่าเพราะจำนวนครั้งที่ฉีดมากกว่า ขนาดพื้นปลูกที่ฉีดรวมก็มากตามไปด้วย ด้านชนิดของพืชที่ปลูกมีความแตกต่างกันของปริมาณการใช้ สารพาราควอต ซึ่งการปลูกพืชเพื่อการค้าขายขนส่งเป็นวัตถุดิบในการเป็นผลิตหลัก จะใช้สูงกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกเกษตรกรรมเพื่อบริโภคและจำหน่ายทั่วไป โดยขนาดของพื้นที่ปลูกก็จะมากกว่าเช่นกัน ด้านพฤติกรรมการป้องกันตนเองอาสาสมัครได้เลือกใช้อุปกรณ์ซื้อได้สะดวกตามร้านจำหน่ายสินค้าประจำหมู่บ้าน สวมใส่สบาย และมีราคาถูก ซึ่งเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นจะมีการป้องกันมากกว่าผู้รับจ้างฉีดพ่นเป็นอาชีพหลัก อาสาสมัครผู้ฉีดพ่นบางรายต้องการเพิ่มผลผลิต ถึงแม้นว่าทราบถึงอันตรายและความเป็นพิษที่อาจส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาวก็ตาม

ด้านจำนวนอาสาสมัครที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 29 นี้จะเป็นตัวแทนที่ดีในการพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางสุขภาพนี้ มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้คาดการณ์ความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการรับสัมผัสสารพาราควอต ในผู้ฉีดพ่น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีอายุมากกว่า 30 ปี เนื่องจากเป็นการกลับมาประกอบอาชีพเกษตรกรรมที่ภูมิลำเนาเดิม หลังจากที่ผู้ไปทำงานอยู่ต่างถิ่นแล้ว ด้านประสบการณ์ฉีดพ่น 1 ปีนั้นสามารถอธิบายด้วยเหตุผลข้อมูลการสัมภาษณ์ว่าเมื่อผู้ฉีดพ่นเริ่มฉีดพ่นและมีอาการแพ้สารพาราควอตแล้วจึงตัดสินใจยุติการฉีดพ่น ส่วนผู้ที่มีประสบการณ์ฉีดพ่นนานกว่านี้เคยเกิดอาการผิดปกติเช่นเดียวกัน หากแต่ยังคงอดทนกับผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นและฉีดพ่นต่อไปเนื่องจากต้องการมีรายได้เพิ่มจากการกำจัดวัชพืชและการรับจ้างฉีดพ่น

เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการรับสัมผัสสารพาราควอตในบรรยากาศ

เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยในการศึกษานี้พัฒนาเพื่อรองรับการประเมินความเสี่ยงในกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ฉีดพ่น โดยใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณซึ่งเป็นที่ยอมรับในทางสากลมาใช้เป็นมาตรฐานของการพัฒนาเมตริกนี้เพื่อความน่าเชื่อถือสำหรับการนำไปใช้งานจริงสำหรับประเทศไทย ซึ่งที่ผ่านมามีเพียงรายงานการพัฒนาเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการยศาสตร์[13] ยังไม่มีการพัฒนาเมตริกด้านสารเคมีหรือสารพาราควอต จากการประเมินความเสี่ยงโดยเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้วยการใช้ค่าความเข้มข้น 100 $\mu g/m^3$ [12] และมีการนำข้อมูลอาการรายงานที่เกิดความผิดปกติกับหลายระบบของในร่างกายรวมใช้ในการพิจารณาด้วย ดังเช่นผลการคำนวณในรูปแบบที่ไม่จำเพาะต่ออวัยวะใด หมายความว่าสารพาราควอตอาจไม่ได้กระทบต่อสุขภาพเฉพาะปอดเท่านั้น แต่มีผลต่อระบบอื่นๆ ด้วย ดังอาการรายงานของผู้ฉีดพ่น ได้แก่ ระคายเคืองตา น้ำตาไหลมาก ตาดำอักเสบ ผิวหนังอักเสบ ผิวหนังไหม้ ระคายเคือง คัน บวม ที่อัณฑะ เล็บผิดรูป เล็บหลุด จะเห็นว่าการใช้เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยที่มาจากการพิจารณาความถี่ในการรับสัมผัสสารร่วมกับความเข้มข้นของสาร และพิจารณาความรุนแรงจากอาการผิดปกติที่เคยเกิดกับผู้ฉีดพ่นแล้ว แต่กรณีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อมนุษย์ด้วยสมการ U.S. EPA คำนวณนั้นมิได้มีข้อมูลอาการผิดปกติจากการสัมภาษณ์มาเกี่ยวข้อง ในส่วนความเสี่ยงที่มีความจำเพาะต่อปอด (HQ>1) อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่มิได้หมายถึงว่าอาสาสมัคร

มีความปลอดภัยจากการรับสัมผัสสารพาราควอตเพียงแต่การรับสัมผัสสารที่ความเข้มข้นนี้ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 10 ของความเข้มข้นค่ามาตรฐาน NIOSH นี้ไม่พบผู้ฉีดพ่นมีเสี่ยงต่อปอด (Chronic pneumonitis) ในระดับที่ยอมรับได้เท่านั้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีเพียงการกำหนดค่ามาตรฐานเทียบกับความเข้มข้นเท่านั้น ซึ่งเท่ากับมาตรฐานหนึ่งของจากหน่วยงาน OSHA ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยหน่วยงาน OSHA (500 μg/m^3)[20-21] แต่ยังไม่มีการคำนึงความความเสี่ยงระยะยาวว่าควรจะป้องกันหรือพิจารณาไปที่การกำหนดมาตรฐานให้ปลอดภัยยิ่งขึ้นสำหรับคนทำงาน การประเมินความเสี่ยงที่สร้างขึ้นนี้จึงเป็นอีกแนวทางเพื่อการเฝ้าระวังการรับสัมผัสที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ซึ่งแตกต่างกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาที่กำหนดโดยหน่วยงาน NIOSH (100 μg/m^3)[12] ที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานไว้สูงกว่า และ ACGIH (50 μg/m^3)[11] ที่ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานไว้สูงสุดแล้วนั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละหน่วยงานหรือพื้นที่ของการทำงานในการเลือกใช้ค่ามาตรฐานที่มีความปลอดภัยสูงกว่าต่ำกว่า หรือสูงที่สุดมาใช้ในการวางแผนนโยบายของพื้นที่ และควรมีการทบทวนปรับค่ามาตรฐานของประเทศไทยเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้นในอนาคตต่อไป

ข้อจำกัดของการศึกษา

เนื่องจากหลักการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพเชิงปริมาณยังไม่มีการศึกษาในกลุ่มผู้ฉีดพ่นหรือการรับสัมผัสผ่านทางการหายใจโดยตรงในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพ ทำให้ค่าอ้างอิงที่นำมาใช้ในการศึกษาความเสี่ยงที่มาจากค่าปริมาณรับรับสัมผัสผ่านการรับทางปากเท่านั้น และการศึกษานี้ได้พัฒนาเมตริกทางอาชีวอนามัยและความปลอดภัยขึ้น โดยใช้ความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 10 ของมาตรฐานเพื่อให้เหมาะสมกับในสถานการณ์จริงที่บรรยากาศการทำงานโดยทั่วไปอาจมีความเข้มข้นต่ำ เพื่อให้เกิดการเฝ้าระวังในคนที่ทำงานซึ่งอาจมีกลุ่มเสี่ยงและให้เกิดการเฝ้าระวังป้องกันต่อไป จึงน่าสนใจที่จะศึกษาต่อไปด้านการพัฒนาจากเมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยนี้สู่การพิจารณากำหนดค่าอ้างอิงด้านการรับสัมผัสผ่านทางการหายใจในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเชิงปริมาณและกำหนดมาตรฐานความเข้มข้นในบรรยากาศทางด้านการรับสัมผัสของคนทำงานเฉพาะกับสารพาราควอตในกฎหมายประเทศไทยขึ้นต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลของการใช้เมตริกความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยที่พัฒนาขึ้นมานี้สอดคล้องการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณที่มีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นเมตริกความเสี่ยงทางสุขภาพนี้มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้คาดการณ์ความเสี่ยงทางอาชีวอนามัยด้านการรับสัมผัส สารพาราควอต ในผู้ฉีดพ่น เพื่อให้เกิดการตระหนักถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ฉีดพ่น เนื่องจากการรับสัมผัสนี้อาจมีผลต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้นเพื่อจะนำไปสู่การป้องกันการรับสัมผัสที่ดีขึ้นผลการศึกษานี้จึงควรมีการนำเมตริกนี้ไปประเมินในคนทำงานและให้มีการเก็บสารตัวอย่างทางอากาศ เพื่อนำมาสู่การประเมินโดยใช้เมตริก และติดตามแผนงานเพื่อหามาตรการป้องกันและลดความเสี่ยงการรับสัมผัสสารพาราควอตในผู้ฉีดพ่น หรือการปรับนโยบายของการกำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นในบรรยากาศให้มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น และเสนอแนะสำหรับแนวทางศึกษาต่อไปด้านประสิทธิผลการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลต่อการรับสัมผัสสารพาราควอต เช่น การป้องกันการรับสัมผัสผ่านทางการหายใจผู้ฉีดพ่นว่าที่เหมาะสมกับการทำงานว่าควรเป็น

อุปกรณ์ป้องกันการหายใจชนิดใดจึงจะลดความเสี่ยงลงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนบางส่วนจากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตคนวัยแรงงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (60/017) และจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (59211126)

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146 (วันที่ค้นข้อมูล 21 สิงหาคม 2560).
2. สำนักควบคุมโรคและวัสดุการเกษตร. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2559 [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.doa.go.th/ard/ (วันที่ค้นข้อมูล 21 มีนาคม 2560).
3. ศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี. ภาวะเป็นพิษจากพาราควอต [online]. เข้าถึงได้จาก http://med.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/pois-cov/สารพาราควอต (วันที่ค้นข้อมูล 4 มีนาคม 2560).
4. Fortenberry GZ, Beckman J, Schwartz A, Prado JB, Graham LS, Higgins S, et al. Magnitude and characteristics of acute paraquat and diquat related illnesses in the US: 1998-2013. Environ Res. 2016 Apr; 146: 191-9.
5. จุฑามาศ ฉากครบุรี และสุนิสา ชายเกลี้ยง. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารพาราควอตในผู้ฉีดพ่น. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม. 2560; 2(1): 23-30
6. กระทรวงสาธารณสุข. ฐานข้อมูลสุขภาพ [online]. เข้าถึงได้จาก https://hdcservice.moph.go.th/hdc/main/index_ pk.php (วันที่ค้นข้อมูล 29 กรกฎาคม 2560).
7. Kumar H, Singh VB, Meena BL, Gaur S & Singla R. Paraquat poisoning: A case report. J Clindiagn Res. 2016; 10(2): 10–1.
8. Patil VS & Patil GV. A study of paraquat poisoning. IJSR. 2016 March 5(3): 118-21.
9. พันธ์เทพ เพชรผึ้ง. ผลกระทบทางสุขภาพจากการใช้พาราควอตและแนวทางจัดการความเสี่ยง กรณีศึกษา ตำบลปงสนุก อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน. วารสารเภสัชกรรมไทย. 2558; 7(2): 250-8.
10. Morshed MM, Omar D, Mohamad R, Wahed S & Rahman MA. Airborne paraquat measurement and its exposure to spray operators. IJABE. 2010; 12(5): 679–84.
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs. United State; 2018.
12. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Paraquat (Paraquat dichloride). Available at https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0478.html, accessed June 28, 2018.
13. สุนิสา ชายเกลี้ยง และอาริยา ปานนาค. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการปวดไหล่ในพนักงานผลิตและประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 2017; 47(2): 212-21.
14. กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การประเมินความเสี่ยงด้านสารเคมีต่อสุขภาพ

ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 4439 (พ.ศ. 2555). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 129, ตอนพิเศษที่ 146 ง. (ลงวันที่ 21 กันยายน 2555)

15. สุนิสา ชายเกลี้ยง. (2557). พิษวิทยาสาธารณสุข. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
16. Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual supplemental guidance "Standard default exposure factors" interim final. U.S. EPA. United State: Washington D.C.; 1991.
17. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. แบบประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (นบก. 1-56) [online]. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/ (วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2559).
18. Integrated Risk Information System: United States Environmental Protection Agency. Paraquat [online]. Available at https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicallanding.cfm?substance_nmbr=183 (accessed March 2, 2017).
19. European commission. Paraquat, 2003. Available at http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.detail&language=EN&selectedID=1669 (accessed December 28, 2017).
20. ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 134, ตอนพิเศษที่ 198 ง. (ลงวันที่ 3 สิงหาคม 2560).
21. Occupational Safety and Health Administration: OSHA 2006 Air Contaminants 29 CFR 1910.1000. Available at: https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/, accessed April 25, 2018.