



พาราควอตกับสิ่งแวดล้อม

ศ. รังสิต สุวรรณมรรคา, PhD

สัมมนาวิชาการ “บทบาทของพาราควอตต่อพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย”
9 กุมภาพันธ์ 2559 โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ



การบรรยายครั้งนี้เป็นการรวบรวมงานวิจัย
ทั้งต่างประเทศ และในประเทศไทย
เรื่องผลกระทบของพาราควอตต่อสิ่งแวดล้อม
เพื่อนำเสนอให้เกิดความเข้าใจขั้นพื้นฐาน

ข้อมูลทั่วไปของพาราควอต



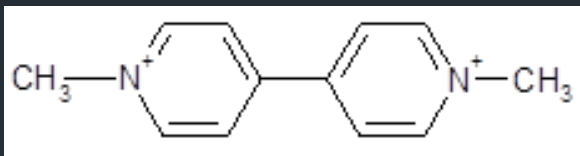
- ค้นพบและพัฒนาโดย ICI Plant Protection Division ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 (กว่า 60 ปี)
- เริ่มจำหน่ายปี พ.ศ. 2505 (กว่า 50 ปี) ที่ประเทศมาเลเซีย
- ปัจจุบันมีขึ้นทะเบียนอยู่ในประเทศต่าง ๆ 85 ประเทศ ในพืชมากกว่า 100 ชนิด
- ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่ (estates) พื้นที่ขนาดเล็ก (small holders) และใช้โดยผู้รับให้บริการ (contractor)
- ใช้กำจัดวัชพืชในสวนผลไม้ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน พืชไร่ พืชผัก และพื้นที่นอก การเกษตร

คุณสมบัติของพาราควอต

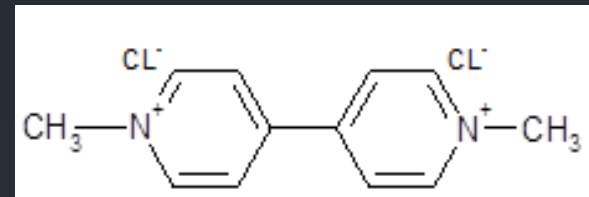
4

โครงสร้าง

พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม bipyridinium หรือ bipyridilium



พาราควอตที่เป็นประจุบวก
มีน้ำหนักโมเลกุล
186.261 กรัม/โมเลกุล



พาราควอตรูปเกลือไดคลอไรด์
มีน้ำหนักโมเลกุล
257.16 กรัม/โมเลกุล

คุณลักษณะ

- เป็นสารที่ไม่ระเหยมีค่าความดันไอ 1×10^4 Pa
- ละลายน้ำได้ดีมาก 620,000 มก./ล ที่ 25 °C
- ละลายใน acetone ได้เล็กน้อย ไม่ละลายใน ethanol
- สลายตัวโดยแสง UV และจุลินทรีย์ในดิน

ขบวนการควอเทอร์ไนเซชัน

quaternization



องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้กำหนด
ปริมาณสารปนเปื้อนที่ยอมรับได้ 2 ชนิด คือ

- 4,4'-bipyridyl **ไม่เกิน** 1 กรัม/กิโลกรัม (1000 ppm) และ
- Total terpyridine **ไม่เกิน** 0.001 กรัม/กิโลกรัม

คุณสมบัติเฉพาะของพาราควอต

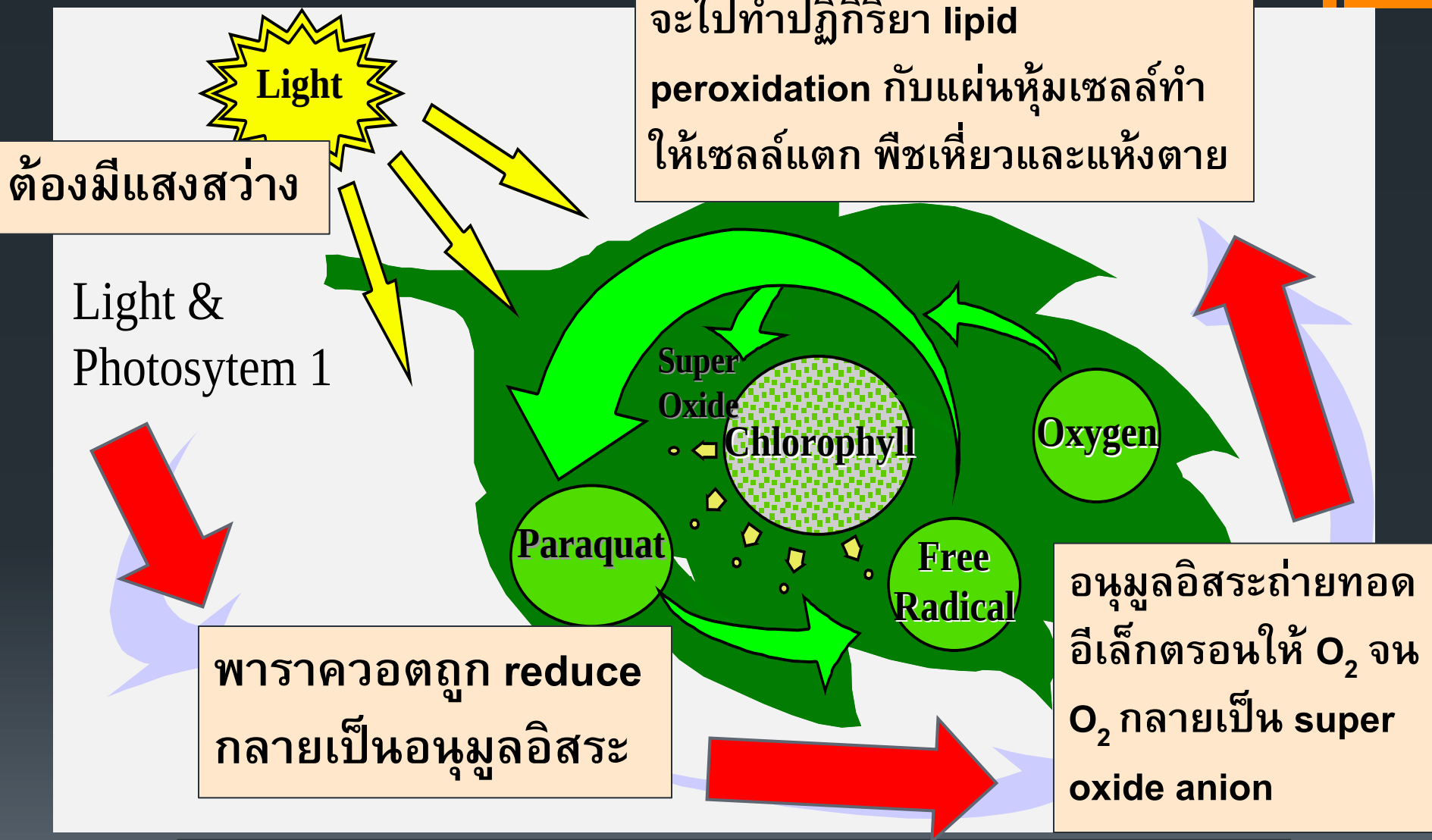
7

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2008)
กำหนดให้

- พาราควอตมี
1. สีแตกต่างจากเครื่องดื่มทั่วไป
 2. กลิ่นฉุน
 3. มีสารกระตุ้นให้เกิดการอาเจียนจับปล้น
 4. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 4-8

คุณสมบัติทางชีวภาพและกลไกการออกฤทธิ์

8



ขบวนการนี้เกิดขึ้นภายใน 2-6 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชจะถูกทำลาย

การใช้พาราควอตบริหารจัดการวัชพืชทางการเกษตร

9

- พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบไม่เลือกทำลายชนิดสัมผัส (non-selective contact herbicide) ใช้ฉีดพ่นทางใบหลังวัชพืชงอก
- พาราควอตซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อสีเขียวอย่างรวดเร็ว ออกฤทธิ์เร็ว และทนทานต่อการชะล้างโดยน้ำฝน
- พาราควอตไม่ทำลายส่วนที่เป็นสีน้ำตาลของพืช จึงสามารถใช้ฉีดพ่นได้บริเวณรอบโคนต้นของพืชประธาน
- ใช้ควบคุมวัชพืชก่อน หรือหลังการปลูกพืช เพื่อลดการแข่งขัน ในด้านแสงสว่าง การใช้น้ำ และธาตุอาหาร
- มีการใช้พาราควอตอย่างแพร่หลายในพืชไร่ เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และไม้ยืนต้นเช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล หลายชนิด
- ในต่างประเทศมีการใช้พาราควอตเพื่อทำลายใบพืชประธาน เช่น ฝ้าย เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเก็บเกี่ยว
- ใช้สำหรับควบคุมวัชพืชนอกพื้นที่การเกษตร เช่น ทางส่งน้ำชลประทาน คันนา เขตอุตสาหกรรมรอบ ๆ พื้นที่อยู่อาศัย

ความเป็นพิษของพาราควอต

10

ทางปาก Oral LD ₅₀	หนูตัวผู้	113.5 มก./กก. ของ นน. ตัว
	หนูตัวเมีย	93.4 มก./กก. ของ นน. ตัว
ทางผิวหนัง Dermal LD ₅₀	หนู	>2,000 มก./กก. ของ นน. ตัว
ทางการหายใจ Inhalation LC ₅₀	หนู	0.83-1.93 มก./ลบม ³
การระคายเคืองต่อผิวหนัง Skin Irritation	กระต่าย	ระคายเคืองเล็กน้อย
การระคายเคืองต่อตา Eye Irritation	กระต่าย	ระดับปานกลางถึงรุนแรง
การเหนียวน้ำให้เกิดการแพ้ทาง ผิวหนัง Dermal Sensitization	หนู	ไม่ก่อให้เกิดการแพ้ต่อผิวหนัง

**WHO ได้จำแนกความเป็นอันตรายของพาราควอตอยู่ใน Class II,
คือมีอันตรายปานกลาง (moderately hazardous)**

ความเป็นพิษของพาราควอต (ต่อ)

11

- US EPA จำแนกความเป็นพิษทางการหายใจของพาราควอต อยู่ในกลุ่มที่ 1 (มีพิษสูงสุด) แต่ระบุว่าขนาดของละอองสารจากการฉีดพ่นทางการเกษตร มีขนาดใหญ่เกินกว่าจะเข้าสู่ระบบหายใจได้ ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์โดยการหายใจ (US EPA, 1997)
- สำหรับการศึกษพิษเรื้อรังระยะยาวของพาราควอต US EPA ได้สรุปว่า พาราควอต ไม่เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ไม่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์หรือตัวอ่อน ไม่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (US EPA, 1997) ไม่มีผลเกี่ยวข้องต่อการยับยั้งการทำงานของต่อมไร้ท่อ ไม่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลิเนสเตอรัส และไม่มีผลต่อระบบประสาท (US EPA, 2006)

พฤติกรรมของพาราควอตในอากาศ

12

การศึกษาการฉีดพาราควอตในไร่ฝ้าย 2 แปลง (อัตรา 0.94 กิโลกรัม/เฮกตาร์) (WHO/IPCS, 1984)



เมื่อเวลาผ่านไป 5-7 ชั่วโมง
ตรวจไม่พบปริมาณพาราควอต

ที่มา International Programme on Chemical Safety (IPCS). 1984.

Environmental Health Criteria 39, Paraquat and Diquat. World Health Organization

พฤติกรรมของพาราควอตในอากาศ (ต่อ)

13

- เป็นสารที่ไม่ระเหย แม้ว่าจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 64 วัน (WHO/IPCS, 1984)
- บนฉลากอัตราการใช้พาราควอต 80 กรัมไอออน/ไร่ โดยใช้ น้ำฉีดพ่น 80 ลิตร ฉะนั้นน้ำ 1 ลิตร จึงมีพาราควอตอยู่ 1 กรัม ซึ่งมีการเจือจางลงถึง 200 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวผลิตภัณฑ์ (1 ลิตรของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มีสารพาราควอตไอออนอยู่ 200 กรัม)

ปัจจุบันพบว่า เกษตรกรนำเครื่องพ่นแบบแรงเหวี่ยงใช้ น้ำน้อยมาฉีดพ่นพาราควอต โดยใช้การเจือจางเพียง 10 เท่า ซึ่งเป็นข้อห้ามที่ระบุไว้บนฉลาก เพราะทำให้พาราควอต มีความเข้มข้นสูง มีโอกาสเกิดอันตรายได้สูงกับผู้ใช้

ที่มา International Programme on Chemical Safety (IPCS). 1984.

Environmental Health Criteria 39, Paraquat and Diquat. World Health Organization

การดูดซับ

- พาราควอตที่ถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดินอย่างเหนียวแน่น และเสถียรฤทธิ์ทันที (inactivated) (WHO/IPCS, 1984)
- ความสามารถในการดูดซับพาราควอตโดยอนุภาคดิน ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เช่น Montmorillonite (2:1 type clay) สามารถดูดซับพาราควอตได้มากกว่า Kaolinite (1:1 type clay) หรืออินทรีย์วัตถุในดิน

พฤติกรรมของพาราควอตในดิน (ต่อ)

15

การอิมตัวในดิน

- มีการใช้พาราควอตที่ 1 กิโลกรัมไอออน/เฮกตาร์ หรือ 160 กรัมไอออน/ไร่ พบว่า ถ้าใช้ 1 ครั้ง/ปี จะต้องใช้ เวลา 30-1,440 ปี จึงจะทำให้ดินระดับลึก 15 ซม. อิมตัว (WHO/IPCS, 1984) ในขณะที่อัตราการใช้โดยทั่วไปอยู่ที่ 80 กรัมไอออน/ไร่
- พาราควอตที่สะสมอยู่ในดินจะมีการสลายตัวด้วยจุลินทรีย์ทำให้อัตราสะสมกับอัตราที่สลายตัวคงที่ (Willis, 1990)
- พาราควอตสามารถสลายตัวได้ด้วยแสงสว่าง และจุลินทรีย์ในดิน เช่น *Lipomyces starkeyi* *Corynebacterium fascians* และ *Clostridium pasteurianum*

ที่มา Willis G. A. 1990. Paraquat and the Environment.

Published in proceeding of Paraquat and Environment seminar

การปลดปล่อยและการเคลื่อนย้ายในดิน

16

- การศึกษาในดินลุ่มน้ำยม พาราควอตถูกปลดปล่อยจากดินเหนียว น้อยกว่าดินทราย (Amondham et al 2006)

- ดินเหนียว ปลดปล่อย 0.04-0.17%
- ดินทราย ปลดปล่อย 0.80-5.83%

ในสภาพไร่พาราควอตเคลื่อนย้ายในดินได้ลึกไม่เกิน 5 ซม. และในห้องปฏิบัติการ 1 ซม. ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานต่างประเทศ ว่าพาราควอตไม่เคลื่อนย้ายในดิน (WSSA, 2007)

- การศึกษาการสลายตัวของพาราควอตในประเทศไทย พบว่า (Amondham et al 2006)

ค่าการสลายตัว 50% ของพาราควอตในดิน DT_{50} 36-46 วัน (1-1.5 เดือน)

ค่าการสลายตัว 90% ของพาราควอตในดิน DT_{90} 119-152 วัน (4-5 เดือน)

ซึ่งจากการศึกษาในต่างประเทศค่าการสลายตัว 50% ของพาราควอตในดิน DT_{50} มีค่า 1,000 วัน

ที่มา Amondham et al 2006. Jour. Of Envi. Sci and Heal

Weed Science Society of America (WSSA). 2007. Herbicide Handbook

พฤติกรรมของพาราควอตในน้ำ

17

มีการศึกษาพาราควอตเพื่อใช้กำจัดวัชพืชน้ำ โดยใช้อัตราความเข้มข้นของสาร 1 มก./ล พบว่า

ที่ 36 ชั่วโมง ปริมาณพาราควอตในน้ำลดลงเหลือ 0.5 มก./ล

ที่ 2 สัปดาห์ ลดลงเหลือ 0.01 มก./ล

ที่ 4 วัน พบปริมาณพาราควอตในต้นวัชพืช 25 มก./กก.

ที่ 5½ เดือนพบปริมาณพาราควอตในโคลน 36%

และ 70% ของที่พบในโคลน พบที่ระดับลึกจากผิวโคลน 2.5 ซม.

จากการตรวจสอบข้อมูลจาก WHO/IPCS (1984) พบว่าความเข้มข้นของพาราควอต ที่ต่ำกว่า 0.5 มก./ล จะเป็นพิษต่อพืชน้อยมาก

ปริมาณพาราควอตที่ตรวจพบในแม่น้ำของประเทศไทย

18

การตรวจสอบปริมาณของพาราควอตในแม่น้ำบางสายพบว่า

ปี 2538-2539	แม่น้ำเจ้าพระยา	1.3-3.4	ไมโครกรัม/ลิตร
ปี 2540	ลุ่มน้ำปากพนัง	0.14-3.7	ไมโครกรัม/ลิตร
ปี 2542	ในห้วยน้ำอุ้น	2.26	ไมโครกรัม/ลิตร
	และแม่น้ำสงคราม	87.0	ไมโครกรัม/ลิตร

ปริมาณพาราควอตที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินของประเทศไทย

ปี 2543	ภาคกลางตอนล่าง	1.5-18.9	ไมโครกรัม/ลิตร
ปี 2544	ภาคตะวันออกเชิงเหือ (แล้ง)	0.5-4.0	ไมโครกรัม/ลิตร
	ภาคตะวันออกเชิงเหือ (ฝน)	ไม่พบ	
ปี 2549	ภาคตะวันออกเชิงเหือตอนบน	ไม่พบ	

ค่ามาตรฐานของพาราควอตที่ยอมให้มีในน้ำดื่ม

19

MAC (Maximum Allowable Concentration) (WHO, 1993)

อังกฤษ	10 ไมโครกรัม/ลิตร
แคนาดา	10 ไมโครกรัม/ลิตร
ออสเตรเลีย	40 ไมโครกรัม/ลิตร

ADI (Acceptable Daily Intake) (JMPR, 2004)

มีค่า 0.004 มิลลิกรัมพาราควอตไอออน/กิโลกรัม
ซึ่งเทียบได้เท่ากับ 80 ไมโครกรัม/ลิตร

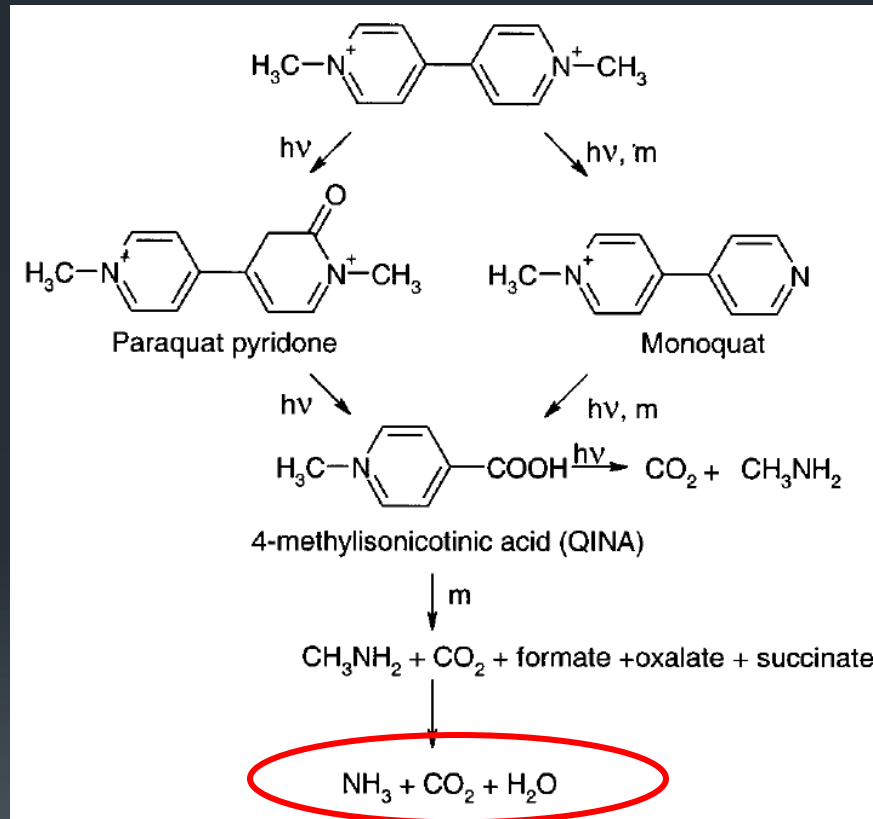
RfD (Reference dose) (US EPA, 1997)

มีค่า 0.0045 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน
ซึ่งเทียบได้เท่ากับ 90 ไมโครกรัม/ลิตร โดยดื่มน้ำ 3 ลิตร/วัน

พฤติกรรมพาราควอตบนผิวใบพืช

20

พาราควอตซึมเข้าสู่ในพืชอย่างรวดเร็ว โดยมีส่วนหนึ่งเหลืออยู่ที่ผิวใบพืช ใบพืชที่ถูกพาราควอตนั้นจะแห้งตาย และร่วงลงสู่ดิน ในสภาพที่มีแสงแดดจัด พาราควอตจะสลายตัวประมาณ 25-50% ภายใน 3 สัปดาห์



สารที่เกิดจากการสลายตัวของพาราควอตโดยแสงแดด และจุลินทรีย์ คือ N-methyl isonicotinic acid (4-carboxy-1-methylpyridinium) ซึ่งมีค่า acute oral LD_{50} 5,000 มก./กก.

ที่มา Roberts, T.R., J.S. Dyson, and M.C.G. Lane. 2002.

ผลตกค้างของพาราควอตในพืช

21

- พาราควอตที่ถูกดูดยืดไว้กับอนุภาคดินไม่สามารถซึมเข้าสู่รากพืชได้
- พาราควอตเคลื่อนย้ายได้บ้างในท่อน้ำ (xylem) ในสภาพที่มีแสงน้อยหรือในที่มืด มีการใช้พาราควอตเพื่อทำให้ใบร่วงและเก็บเกี่ยวง่ายในมันฝรั่ง พบว่าการเคลื่อนย้ายของพาราควอตในท่อน้ำ (xylem) ลงสู่หัวมันได้แต่ในปริมาณที่ต่ำมาก (WHO/IPCS, 1984)

องค์การอนามัยโลก (WHO/IPCS, 1984) สรุปว่าระดับของสารตกค้างพาราควอตในพืช อาหารและน้ำดื่ม ที่เกิดจากการใช้พาราควอตทางการเกษตรตามคำแนะนำปกติ จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของเด็กและประชาชนทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินของคณะผู้เชี่ยวชาญ WHO/FAO ด้านสารพิษตกค้าง JMPR ในปี 1986 และ ปี 2003

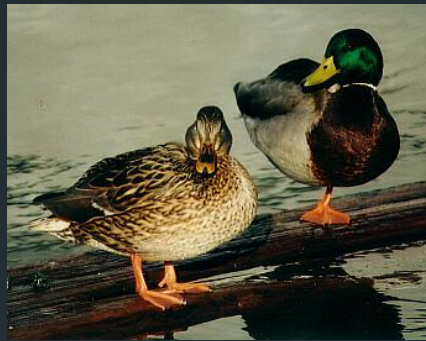
ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์

22



นกกระทา

LD₅₀ 127 มก./กก. ของ นน. ตัว



เป็ดมาลาร์ด

LD₅₀ 144 มก./กก. ของ นน. ตัว



Rainbow trout

LC₅₀ 19 มก./ล



Mirror carp

LC₅₀ 98 มก./ล

US EPA ได้สรุปว่าการใช้
พาราควอตตามคำแนะนำ
ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับนก
หรือสิ่งมีชีวิตอื่น (US EPA,
1997)



ผึ้ง

ทางปาก LD₅₀ 154 ไมโครกรัม/ตัว

ทางการสัมผัส LD₅₀ 108 ไมโครกรัม/ตัว



ไส้เดือน

LC₅₀ > 1,000 มก./กก.

ของ นน. ดินแห้ง

ที่มา: Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2008.

FAO specification and Evaluation for Agriculture Pesticides

- พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชหลังออก ประเภทไม่เลือกทำลาย ออกฤทธิ์โดยทางสัมผัส
- ทำลายส่วนของวัชพืชที่อยู่เหนือดินที่เป็นสีเขียว ไม่ทำลายส่วนที่เป็นสีน้ำตาลของพืช เช่น บริเวณโคนต้น หรือลำต้น หรือกาบใบของอ้อยที่แห้งแล้ว และไม่เคลื่อนย้ายในพืช
- พาราควอตที่ตกลงสู่ดิน จะถูกดูดซับอย่างเหนียวแน่น และรวดเร็ว เสื่อมฤทธิ์ทันที (inactivated) จึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งที่มีชีวิตในดิน และไม่สามารถซึมเข้าสู่รากพืชได้
- พาราควอตสลายตัวได้ด้วยแสง UV และจุลินทรีย์หลายชนิดในดิน สารที่เกิดจากการสลายตัว คือ N-methyl isonicotinic acid เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่ำ โดยมีค่า Acute oral LD₅₀ 5000 มก./กก.

- พาราควอตสลายตัวได้เร็วในประเทศไทย โดยมีค่าสลายตัว 50% (DT_{50}) อยู่ที่ 34-46 วัน (1-1.5 เดือน)
- ระดับของสารตกค้างพาราควอตในพืช อาหารและน้ำดื่ม ที่เกิดจากการใช้พาราควอตทางการเกษตรตามคำแนะนำปกติ จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของเด็ก และประชาชนทั่วไป
- พาราควอตเป็นพิษต่ำต่อผึ้ง มีความเป็นพิษเล็กน้อยต่อปลา เป็นพิษปานกลางต่อนก และไม่มีผลกระทบกับไส้เดือนดิน

จากการตรวจสอบ และทบทวนข้อมูลพาราควอตจากงานวิจัย ทั้งใน และต่างประเทศ ประกอบกับพาราควอตได้ถูกนำมาใช้ ประโยชน์ทางการเกษตรในประเทศไทยมากกว่า 50 ปี พอสรุปได้ว่า เมื่อใช้พาราควอตกำจัดวัชพืชทางการเกษตรตามคำแนะนำ จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด

- **Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2008.** FAO specification and Evaluation for Agriculture Pesticides: Paraquat Dichloride.
- **Joint Meeting WHO/FAO in Pesticide Residue. 2004.** Paraquat.
- **United States Environmental Protection Agency. 1997.** R.E.D. FACTS Paraquate Dichloride. Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7508W), EPA-738-F-96-018
- **United States Environmental Protection Agency. 2006.** Paraquat Dichloride: Human Health Risk Assessment for Proposed Uses on Ginger and Okra and Amended Uses on Soybeans, Wheat, Cotton, Cucurbits, Onions, and Tanier. DP Barcode: D328653.
- **World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (IPCS). 1984.** Environmental Health Criteria 39, Paraquat and Diquat.
- **World Health Organization. 1993.** Guideline for Drinking Water Quality. Second edition. Addendum to Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva.
- **World Health Organization. 2002.** The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2000-2002 (WHO/IPCS/01.5). World Health Organization, Geneva, 2002.