199147

การทดลองการดูดซับสารกลุ่ม BTEX (benzene toluene ethylbenzene xylene) โดยพุทธรักษา (Canna generalis) และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารที่มีผลต่อการดูดซับในพืช ก็เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของต้นพุทธรักษาในการบำบัดดินที่มีสารกลุ่ม BTEX ปนเปื้อน การทดลองการดูดซับสารจากดินโดยต้นพุทธรักษาประกอบด้วย 3 ชุดทดลอง ที่มีสารกลุ่ม BTEX ปนเปื้อนในดินดังนี้ คือ มี benzene เท่ากับ 0.08 0.25 และ 0.42 มก./กก toluene เท่ากับ 0.08 0.25 และ 0.41 มก./กก ethylbenzene เท่ากับ 0.06 0.19 และ 0.31 มก./กก และ xylene เท่ากับ 0.21 0.61 และ 1.02 มก./กก ในชุดทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และระยะเวลาในการทดลอง คือ 15 วัน 21 วัน และ 41 วัน ตามลำดับ ตัวอย่างต้นพุทธรักษาและดินถูกเก็บมาวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่ม BTEX ที่สะสม เป็นช่วงๆ โดยต้นพุทธรักษาจะถูกแยกวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน คือ ราก เหง้า และ ลำต้น

ผลการทดลองการสะสมสารกลุ่ม BTEX ในพุทธรักษาจากดินทั้ง 3 การทดลองพบว่าปริมาณสารที่พบในรากมีการสะสมสารเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาจนถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง โดยชุดทดลองที่ 1 ปริมาณสารสะสมทุกตัวในรากมีเพิ่มขึ้นในระยะ 6 วันแรกของการทดลอง ส่วนในเหง้าพบว่าการสะสมสารเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรก สำหรับชุดทดลองที่ 2 และ ที่ 3 การสะสมสารทั้งในรากและเหง้าเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วัน และ 20 วันแรกตามลำดับ การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลจากปริมาณสารในดินที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งพบว่า degradation rate constant ของสาร benzene toluene ethyl benzene m, p-xylene และ o-xylene ในดินขณะปลูกพุทธรักษา อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.08 0.03 - 0.05 0.03 - 0.05 0.03 และ 0.02 – 0.03 ต่อวัน ตามลำดับ สำหรับการสะสมสารทั้งในรากทั้ง 3 การทดลองพบว่า ค่า log RCF (Root Concentration Factor : กก.ของดินแห้ง/กก.ของรากแห้ง) ของ benzene (0.55 - 0.99) < toluene (0.77 – 1.19) < ethylbenzene (0.89 – 1.27) < m, p-xylene (0.90 – 1.32) ส่วนการสะสมในเหง้านั้นให้ผลเหมือนกันคือ ค่า log R_hCF (Rhizome Concentration Factor :กก.ของดินแห้ง/กก.ของเหง้าแห้ง) ของ benzene (0.24 – 1.10) < toluene (0.27– 1.17) < ethylbenzene (0.34 – 1.34) < m, p-xylene (0.35 – 1.20) สำหรับการสะสมของ o-xylene ทั้งในราก (0.79 -1.03) และ เหง้า (0.45 – 0.92) จะใกล้เคียงกับ toluene ที่สะสมในรากและเหง้า เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของสารกลุ่ม BTEX ทั้งในรากและในเหง้าพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าการละลายไขมันของสาร (octanol/water partition coefficient หรือ log K_{ow}) อย่างมีนัยสำคัญที่ R^2 > 0.91

การศึกษาการสะสมของสารกลุ่ม BTEX ในลำต้นจากทั้ง 3 การทดลอง พบว่า สารกลุ่มนี้สามารถเคลื่อนที่จากรากไปสู่ลำต้นได้ และค่า log SCF (Stem Concentration Factor : กก.ของดินแห้ง/กก.ของต้นแห้ง) ของ benzene (-0.06 - 0.35) > toluene (-0.26 - 0.36) > m,p-xylene (-0.82 -

199147

0.20) > ethyl benzene (-0.83 - -0.27) ส่วน o-xylene (-0.22 - -0.17) มีค่าใกล้เคียง toluene การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง log SCF กับ ค่าการละลายไขมันของสารจากทั้ง 3 การทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญที่ $R^2 > 0.68$

ผลการคำนวณปริมาณสารที่พุทธรักษาได้รับต่อวัน (uptake rate หรือ U :มก./วัน) พบว่า uptake rate ของ benzene (0.23 – 1.76 มก./วัน) > toluene (0.06 – 1.22 มก./วัน) > ethyl benzene (0.04 – 0.47 มก./วัน) > xylene (0.02 - 0.3 มก./วัน) การทดลองสรุปว่าต้นพุทธรักษาสามารถดูดซับสารกลุ่ม BTEX จากดินได้ดี และค่า log K_{ow} สามารถใช้เพื่อประเมินการดูดซึมสารในพุทธรักษาได้ โดยประสิทธิภาพในการบำบัดดินที่มีความเข้มข้นของสารอยู่ในช่วงที่ทดลองนั้นพบว่า ต้นพุทธรักษามีประสิทธิภาพในการบำบัด benzene 89 -97% toluene 86 - 97 % ethyl benzene 83 – 96% และ xylene 70 - 96 % ส่วนการใช้พุทธรักษาเพื่อบำบัดดินนั้นควรกำหนดไว้สำหรับ benzene ไม่เกิน 69 มก./กก.ดินแห้ง toluene ไม่เกิน 36 มก./กก.ดินแห้ง ethylbenzene ไม่เกิน 45 มก./กก.ดินแห้ง และ xylene ไม่เกิน 32 มก./กก.ดินแห้ง เพื่อให้พุทธรักษาสามารถทนต่อความเป็นพิษของสารและสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ

The efficiency of *Canna generalis* to treat soil contaminated by BTEX (benzene, toluene. ethylbenzene, xylene) were conducted by studying the absorptions of BTEX on *Canna generalis* and the role of BTEX physicochemical properties on those absorption process. The absorptions of BTEX on *Canna generalis* were studied by employing 3 different BTEX concentrations in soil. Soil in experiment 1, 2 and 3 contained of benzene 0.08, 0.25 and 0.42 mg/kg , toluene 0.08, 0.25 and 0.41 mg/kg ethylbenzene 0.06, 0.19 and 0.31 mg/kg and xylene 0.21, 0.61 and 1.02 mg/kg, respectively. Experimental periods for these experiments were 15 days, 21 days and 41 days, respectively. During each experimental period, root, rhizome and stem of the canna sample were separately analyzed for BTEX residues.

The results of the experiment showed that concentrations in root and rhizome increased with time. For the highest test concentration in soil, the concentration of BTEX in root started to decrease after 6 days of the experiment while those found in rhizome decrease after 10 days. The second and third experiments with lower concentrations of test compounds, the accumulation in root and rhizome increased after 10 and 20 days, respectively. These may result from the degradation of test compounds in soil which were found to be between 0.04 - 0.08 per day for benzene, 0.03 - 0.05 per day for toluene, 0.03 - 0.05 per day for ethyl benzene, 0.03 per day for m, p-xylene and 0.02 – 0.03 per day for o-xylene.

The study of root concentration factor (RCF: kg soil dry weight/ kg root dry weight) showed that RCF of benzene (0.49 - 0.99) < toluene (0.77 – 1.19) < m,p-xylene (0.89 - 1.27) < ethyl benzene (0.90 - 1.32). The RCF values of o-xylene (0.79 – 1.03) were closed to those found with toluene. For rhizome, the concentration factor(RhCF: kg soil dry weight/ kg rhizome dry weight) of benzene (0.24 – 1.10) < toluene (0.27– 1.17) < ethylbenzene (0.34 – 1.34) < m, p-xylene (0.35 – 1.20). The o-xylene RCF (0.79 – 1.03) and RhCF (0.45 – 0.92) were closed to those found with toluene in root and rhizome. The accumulation of BTEX in stem as represented by the stem concentration factor (SCF: kg soil dry weight/ kg stem dry weight) showed that SCF of benzene (-0.06 -0.35) > toluene (-0.26 - 0.36) > m,p-xylene (-0.82 - -0.20) > ethyl benzene (-0.83 - -0.27). The SCF values of o-xylene (-0.22 - -0.17) were close to those found with toluene.

Both RCF and RhCF obtained from the three experiments were related to test compounds octanol/water partition coefficient (K_{ow}) and showed linear relationship with $R^2 > 0.91$ while those with SCF were significantly related with $R^2 > 0.68$.

The uptake rate (U) of benzene (0.23 – 1.76 mg/day) > toluene (0.06 – 1.22 mg/day) > ethyl benzene (0.04 – 0.47 mg/day) > xylene (0.02 - 0.3 mg/day), these may be seen that the canna was a good absorber for BTEX in soil. The efficiency to treat benzene were 89 -97% toluene were 86 - 97 % ethyl benzene were 83 – 96% and xylene were 70 - 96 %. However, the use of canna generalis as phytoremediation may required the contamination of benzene < 69 mg / kg soil dry weight toluene < 36 mg / kg soil dry weight, ethylbenzene < 45 mg / kg soil dry weight and xylene < 32 mg / kg soil dry weight.