บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองในกระถางครั้งที่ 1

4.1 สมบัติทางเคมีและองค์ประกอบรวมของเถ้าหนักและดิน

องค์ประกอบและสมบัติทางเคมีที่สำคัญของดินและเถ้าหนักที่ใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์พบว่าเถ้าหนักที่นำมาใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยจาก 2 ซ้ำเท่ากับ 8.2 ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.18 dS m^{-1} และยังพบว่ามีปริมาณของธาตุอาหารต่างๆรวมอยู่ด้วย ซึ่งในที่นี้จะพบปริมาณของ SiO_2 มีปริมาณมากถึง 39.50 g/100g รองลงมาได้แก่ Al_2O_3 เท่ากับ 20.80 g/100g และ CaO 13.52 g/100g โดยค่า CaO ที่พบอยู่ในปริมาณมากนี้ส่งผลทำให้ค่า pH ในเถ้าหนักมีความเป็นด่างสูง

ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ในดินอยู่ในระดับที่ถือว่าเป็นกลาง คือ 6.1 ส่วนค่าการนำไฟฟ้า(EC)เท่ากับ 0.9 dS m^{-1} และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณขององค์ประกอบรวมและสมบัติทางเคมีของดินและเถ้าหนักแล้วพบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่จะพบในเถ้าหนักมากกว่าในดิน ยกเว้น SiO_2 และ K_2O ที่จะพบอยู่ในดินมีปริมาณที่มากกว่า คือ 85.84 g/100g และ 2.34 g/100g ตามลำดับ ส่วนปริมาณโลหะหนัก (Pb, Cd, Cr, Ni, Co) พบอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก คือ <0.5 mg kg^{-1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 องค์ประกอบรวม (total composition) และสมบัติทางเคมีที่สำคัญของเถ้าหนักและดิน (ลึก 0-15 ซม.) ที่ใช้ในการทดลอง (เฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ)

	ดิน	เถ้าหนัก
pH[1/]	6.1	8.2
EC ($dS\ m^{-1}$)	0.9	2.21
(g/100 g)		
SiO_2	85.84	39.50
Al_2O_3	7.22	20.80
Fe_2O_3	0.94	11.16
CaO	0.19	13.52
MgO	0.10	1.67
K_2O	2.34	1.92
Na_2O	0.23	1.08
LOI	3.06	7.03
$(mg.kg^{-1})$[2/]		
Mn	181	605
Zn	33.13	41.63
Cu	21.42	63.63
Pb	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5
Cr	<0.5	<0.5
Ni	<0.5	<0.5
Co	<0.5	<0.5

[1/] อัตราส่วน; วัสดุ : น้ำกลั่น = 1:1

[2/] วิธี Atomic aborption และ Inductively coupled plasma emission spectroscopy

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของเถ้าหนักต่อการตอบสนองของข้าว

4.2.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.1

จากผลการทดลองพบว่า การใช้เถ้าหนักในทุกอัตรามีอิทธิพลน้อยมากต่อการเจริญเติบโตของข้าวในด้านความสูงและการแตกกอ โดยในช่วง 6 สัปดาห์หลังย้ายปลูกความสูงของข้าวโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 83.4 ถึง 87.9 เซนติเมตร โดยในการใส่เถ้าหนักอัตราต่างๆไม่ทำให้การแตกกอและการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) จำนวนรวงที่ให้เมล็ด (reproductive tiller) ในแต่ละอัตราที่ใส่เถ้าหนัก ($T_1 - T_6$) เท่ากับ 20.5, 22.8, 20.8 , 23.5, 19.8และ 23.5 รวงต่อกระถางตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวในทุก treatment ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ตารางที่ 9 อิทธิพลของเถ้าหนักในแต่ละ treatment ต่อความสูงการแตกกอและผลผลิตของข้าว

Treatment	ความสูง[1/] (ซม.)	จำนวนรวง[2/] ต่อกระถาง	น้ำหนักเมล็ด[3/] (กรัม/กระถาง)
T_1	87.2	20.5	85.7
T_2	87.6	22.8	84.3
T_3	87.9	20.8	81.3
T_4	87.2	23.5	84.7
T_5	86.2	19.8	85.1
T_6	83.4	23.5	84.3
$LSD_{.05}$	ns	ns	ns

[1/] อายุ 6 สัปดาห์หลังย้ายปลูก

[2/] จำนวนรวงที่ให้เมล็ด (reproductive tiller)

[3/] ที่ความชื้น 15%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าว

ผลของเถ้าหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลองในกระถางข้าวครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 10และตารางที่ 11 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.2-1.5

สมบัติทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการปลูกข้าวเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างดี (ตารางที่ 10) เมื่อคำนึงถึงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช แต่อย่างไรก็ตามปริมาณอินทรียวัตถุที่พบอยู่ในระดับที่ต่ำ (1.37 %) ทำให้ดินแน่นทึบ การถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำเป็นไปอย่างยากลำบาก จากการพิจารณาจะเห็นว่า อิทธิพลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 1 การใส่เถ้าหนักตั้งแต่อัตราแรก (T_2) จนถึง T_5 ถึงแม้ว่าจะมีแนวโน้มทำให้ pH, EC, O.M., Ca, Mg, Fe, และ Mn ในดินสูงขึ้น แต่ส่วนใหญ่แล้วไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวของดินจะสูงขึ้นอย่างเด่นชัดและมีนัยสำคัญก็ต่อเมื่อมีการใส่เถ้าหนักในอัตรา 1600 กรัม (ประมาณ 16 ตัน/ไร่)

องค์ประกอบทางเคมีที่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดที่สุดคือ แคลเซียม (Ca) ในดิน หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งแรก (ตารางที่ 11) การใส่เถ้าหนักในอัตรา 1,600 กรัม (T_6) ทำให้ปริมาณของ Ca ในดินเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า (1221 mg kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับดินในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1 = 583 mg kg^{-1}) การเพิ่มขึ้นอย่างมากของแคลเซียมนี้ มีผลทำให้อัตราส่วนของ Ca:Mg ในดินกว้างมาก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งที่ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม การใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 (สูงมากเกินไปในทางปฏิบัติ) มีผลทำให้ปริมาณของเหล็ก (Fe) ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นเดียวกัน แต่ความเด่นชัดมีน้อยกว่าแคลเซียม

สำหรับธาตุโลหะหนัก (heavy metal) ที่ไม่ใช่จุลธาตุอาหารพืช จากการศึกษาพบว่าเถ้าหนักมีอิทธิพลน้อยมากต่อปริมาณของโลหะหนักที่สะสมในดิน หลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่าโครเมียม (Cr) ในดินอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (<0.010 mg kg^{-1}) ในทุกอัตราของเถ้าหนัก ส่วน Ni, Co, Pb, และ Cd ความเข้มข้นในดินค่อนข้างผันแปรและมีแนวโน้มลดลงตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 (16 ตัน/ไร่) ทำให้ปริมาณของ Ni, Co, และ Pb ในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) ผลจากการศึกษานี้สอดคล้องกับการทดลองของ Wearing et al. (2002) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้เถ้าหนัก (Tarong bottom ash) กับถั่วลิสงในสภาพไร่นาโดยพบว่า การใช้เถ้าหนักไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมของธาตุโลหะหนักต่างๆ ในดิน นอกจากนั้นยังพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดรวมทั้ง Pb ในดินลดลงจากการใส่เถ้าหนัก การใช้เถ้าหนักในอัตรา 10, 20, 40, และ 60 ตัน/เอเคอร์ ทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นของ Pb ลดลงอยู่ในระดับ <0.050 mg kg^{-1} เมื่อเปรียบเทียบกับดินในแปลงที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนักซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.098 mg kg^{-1} ทั้งยังพบว่าหลังการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 1 ปริมาณของโลหะหนักในทุกอัตราของเถ้าหนักอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (ตารางที่ 11) เมื่อเปรียบเทียบกับดินโดยทั่วไปที่ใช้ในการเกษตรของไทย และมาตรฐานของสหภาพยุโรป (ปรีดาและคณะ,2547)

ตารางที่ 10 สมบัติทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่างดิน (ลึก 0-15 ซม.) ที่ใช้ในการทดลองเถ้าหนักในกระถาง (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

สมบัติทางเคมี	ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ
pH (ดิน : H_2O = 1:1)	6.14
อินทรียวัตถุ (g/100 g)[1/]	1.37
Extractable P (mg L^{-1})[2/]	71.3
Extractable (mg L^{-1})	
Macronutrient[3/]	
K	60.2
Ca	1875
Mg	155
Micronutrient	
Fe[4/]	287
Mn[4/]	12.8
Zn[4/]	2.60
Cu[4/]	3.17
B[5/]	0.038

1/ Walkley & Black method
2/ Bray I method
3/ 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction with atomic absorption
4/ 0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction with atomic abosorption
5/ ดิน : H_2O = 1:1 with azomethine-H

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในกระถางครั้งที่1 ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	5.48	5.64	5.48	5.63	5.76	6.47	0.186
EC ($dS\ m^{-1}$)[1/]	0.135	0.131	0.125	0.138	0.168	0.323	0.033
O.M. (g/100 g)[2/]	1.23	1.23	1.25	1.24	1.31	1.39	0.10
Macronutrient ($mg\ kg^{-1}$)							
P[3/]	186	191	191	186	181	168	9.8
K[4/]	15.4	15.1	15.0	15.2	16.0	16.1	ns
Ca[4/]	583	620	587	647	685	1221	32
Mg[4/]	30.1	34.5	28.8	32.4	35.1	49.1	4.24
Micronutrient & Heavy metal ($mg\ kg^{-1}$)[5/]							
Fe	826	849	844	866	915	1159	79
Mn	80.5	94.5	76.5	84.2	82.3	90.3	17.0
Zn	8.96	9.23	7.43	8.72	8.36	10.08	2.58
Cu	5.88	7.14	5.81	5.96	6.11	6.58	ns
Cr	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Ni	0.374	0.385	0.382	0.351	0.296	0.208	0.087
Co	0.141	0.105	0.144	0.116	0.120	0.077	0.057
Pb	4.28	4.33	4.28	4.26	4.18	3.80	0.332
Cd	0.057	0.041	0.052	0.049	0.035	0.049	0.022

[1/] ดิน : H_2O = 1:1
[2/] Walkley & Black method
[3/] Bray I method
[4/] 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction
[5/] 0.005 M DTPA ; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3ปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าว

ผลของเถ้าหนักต่อปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าวทดลองในกระถางข้าวครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 12 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.6

จากการทดลองพบว่า เถ้าหนักมีอิทธิพลต่อการดูดใช้ของโบรอน(B)อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีอิทธิพลน้อยมากต่อปริมาณของธาตุโลหะหนักในต้นข้าวระยะตั้งท้อง โดยพบว่าต้นข้าวในระยะตั้งท้องนั้นความเข้มข้นของ B ในเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถางจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องตามอัตราของเถ้าหนัก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ B ในเมล็ดนี้จะมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่เถ้าหนักในอัตราที่สูงกว่า T_4 (2 ตัน/ไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) (ตารางที่ 12) ส่วนในกรณีของธาตุโลหะหนักจากการวิเคราะห์พบว่า เถ้าหนักไม่มีอิทธิพลใดๆ ต่อปริมาณของโลหะหนักในเมล็ดข้าว การใส่เถ้าหนักในทุกอัตรารวมทั้ง T_6 (16 ตัน/ไร่) ไม่ทำให้ความเข้มข้นของ Cr, Ni, Co, Pb, และ Cd ในเมล็ดแตกต่างไปจากเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) ธาตุโลหะหนักในเมล็ดส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ต่ำมากโดยที่ Cd มีความเข้มข้นต่ำที่สุดคือ <0.040 mg kg^{-1} ธาตุ Cr, Ni, และ Co อยู่ในระดับปานกลาง (<0.100 mg kg^{-1}) ในขณะที่ Pb มีความเข้มข้นสูงกว่าธาตุโลหะหนักอื่นๆ แต่ปริมาณของ Pb ในเมล็ดข้าวในทุกอัตราของเถ้าหนักมี <0.500 mg kg^{-1} ซึ่งถือว่ายังอยู่ในระดับที่ต่ำสำหรับพืชเศรษฐกิจโดยทั่วไป

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของโบรอน (B) และธาตุโลหะหนักในเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 อันเนื่องมาจากอิทธิพลของเถ้าหนัก (treatment)

mg kg^{-1}	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
B	1.36	1.37	1.52	1.51	1.76	1.67	0.16
Cr	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Ni	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Co	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Pb	0.443	0.463	0.388	0.413	0.238	0.475	ns
Cd	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.4การดูดใช้ธาตุอาหารและโลหะหนักในต้นข้าว

ผลของเถ้าหนักต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและโลหะหนักในต้นข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 13 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.7-1.9

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชทั้ง macronutrient (P, K, Ca, และ Mg) micronutrient (Fe, Mn, Zn, Cu, และ B) และโลหะหนัก (Cr, Ni, Co, Pb, และ Cd) ในระยะตั้งท้องของต้นข้าว พบว่าการใส่เถ้าหนักมีแนวโน้มทำให้ Ca ในต้นข้าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมใน T_6 (0.573 g/100g) เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก T_1 (0.368 g/100g) ในทำนองเดียวกัน การใส่เถ้าหนักทำให้การดูดใช้โบรอน (B) ของข้าวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจากความเข้มข้นของโบรอนในต้นข้าวของ T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, และ T_6 เท่ากับ 4.01, 4.30, 4.34, 5.73, 6.47, และ 7.78 mg kg^{-1} ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของ Fe, Mn, Zn, และ Cu ในต้นข้าว ในทุกอัตราของเถ้าหนักไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดและอยู่ในระดับปกติ

ในกรณีของธาตุโลหะหนัก การใส่เถ้าหนักแม้แต่อัตราสูงสุดใน T_6 (1,600 กรัม/ดิน 30 กก. หรือประมาณ 16 ตัน/ไร่ ในดินลึก 0-15 ซม.) มีอิทธิพลน้อยมากต่อปริมาณของธาตุดังกล่าวในต้นข้าว ความเข้มข้นของ Cr, Ni, Co, Pb, และ Cd ในต้นข้าวของทุกอัตราที่ใส่เถ้าหนักมีค่า <1.0 mg kg^{-1} และมีระดับใกล้เคียงกับต้นข้าวในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและโลหะหนักในต้นข้าว 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า (ระยะตั้งท้อง) ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก [1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
ธาตุอาหารพืช (g/100 g)							
P	0.42	0.40	0.42	0.40	0.43	0.41	ns
K	1.86	1.76	1.71	1.71	1.72	1.74	ns
Ca	0.368	0.379	0.380	0.415	0.454	0.573	0.087
Mg	0.149	0.147	0.151	0.153	0.170	0.186	0.016
(mg kg^{-1})							
B	4.01	4.30	4.34	5.73	6.47	7.78	1.202
Fe	183	210	173	169	159	121	ns
Mn	241	298	271	275	250	171	64.510
Zn	39.5	39.0	40.2	36.0	35.7	21.5	6.901
Cu	5.27	5.09	5.43	5.40	5.35	5.99	1.665
โลหะหนัก (mg kg^{-1})							
Cr	0.656	0.906	0.781	0.813	0.625	0.719	ns
Ni	0.625	0.688	0.625	0.656	0.625	0.625	ns
Co	0.656	0.625	0.625	0.625	0.656	0.625	ns
Pb	0.719	0.719	0.625	0.688	0.844	0.625	ns
Cd	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.625 และ <0.025 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.625 และ 0.250 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.5 สมบัติทางเคมีและปริมาณของธาตุใน leachate

ผลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีและปริมาณของธาตุใน leachate ของข้าวทดลองในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 14-18 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.10-1.17

จากผลการทดลองการเก็บ leachate ทั้ง 5 ครั้ง พบว่า pH ในแต่ละอัตราของเถ้าหนักนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่พบว่าเมื่ออายุต้นกล้ามากขึ้น pH ของในแต่ละอัตราจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า EC พบว่ามีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามอัตราของเถ้าหนักที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง T_6 ซึ่งมีค่า EC สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่พบว่าในช่วงสัปดาห์ของการขังน้ำมีผลต่อค่า EC คือ ในการขังน้ำช่วงแรกค่า EC สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า leachate ครั้งที่ 3(ระยะตั้งท้อง) และจะลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 10(leachate ครั้งที่ 4) และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว(leachate ครั้งที่ 5)(ตาราง14)

ตาราง 14 อิทธิพลของเถ้าหนักในแต่ละtreatment ต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของ leachate

	ครั้งที่	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	$LSD_{.05}$
pH	1	6.4	6.5	6.4	6.5	6.5	6.1	0.074
	2	6.9	6.9	7.1	6.9	6.8	6.5	0.284
	3	6.8	6.8	6.9	6.8	6.7	6.7	0.194
	4	6.7	6.6	6.6	6.8	6.7	6.8	0.187
	5	6.7	6.8	6.5	6.7	6.7	6.8	0.135
EC ($dS\ m^{-1}$)	1	0.72	0.74	0.76	0.78	0.85	1.12	0.093
	2	1.10	1.15	1.04	1.03	1.11	1.52	0.434
	3	1.07	1.35	1.06	1.17	1.31	1.62	0.524
	4	0.13	0.10	0.10	0.13	0.16	0.31	0.090
	5	0.49	0.33	0.37	0.37	0.53	1.05	0.260

ในทำนองเดียวกันmicronutrient ได้แก่ B, Fe, Mnและ Zn ใน leachate มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก ความเข้มข้นของโบรอน (B) ใน leachate ที่เก็บทั้งสามครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของการใส่เถ้าหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มเถ้าหนักจาก T_5 (400 กรัม/กระถาง) เป็น T_6 (1,600 กรัม/กระถาง) ทำให้ B ใน leachate เพิ่มขึ้นประมาณสองเท่าตัว การเพิ่มขึ้นของโบรอนในแต่ละ treatment มีความสัมพันธ์ต่อการดูดใช้ B ของต้นข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ B ในต้นพืชของทุกอัตราของเถ้าหนักอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำเมื่อคำนึงถึงความต้องการของพืชโดยทั่วไป

ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) ใน leachate กระถางข้าวถึงแม้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของการใส่เถ้าหนัก(ตารางที่15) แต่อิทธิพลดังกล่าวผันแปรค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากปฏิกิริยา oxidation-reduction (redox) ซึ่งเกิดขึ้นได้ง่ายกับธาตุทั้งสองในดินสภาพน้ำขัง(ไพบูลย์,2546) เป็นที่น่าสังเกตว่าความเข้มข้นของ Mn ใน leachate ที่เก็บครั้งที่ 3 (ระยะตั้งท้อง)เพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับ leachate ที่เก็บครั้งแรกหลังจากนั้นความเข้มข้นของแมงกานีสได้ลดลงอีกครั้งหนึ่งก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว

ตาราง 15 อิทธิพลของเถ้าหนักในแต่ละtreatment ต่อค่าความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) ใน leachate

	ครั้งที่	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	$LSD_{.05}$
B	1	0.053	0.046	0.049	0.052	0.069	0.172	0.022
	2	0.100	0.125	0.075	0.104	0.103	0.162	0.045
	3	0.055	0.080	0.063	0.075	0.067	0.114	0.019
Fe	1	0.014	0.009	0.026	0.020	0.034	0.043	ns
	2	0.182	0.273	0.226	0.336	0.248	0.277	ns
	3	0.368	0.340	0.286	0.380	0.256	0.130	0.186
Mn	1	0.152	0.290	1.298	1.516	1.508	1.730	1.117
	2	9.67	13.34	11.90	21.22	14.65	9.81	8.132
	3	0.182	0.430	0.948	0.874	0.159	0.155	ns
Zn	1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
	2	0.422	0.559	0.459	0.476	0.472	0.420	ns
	3	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns

สำหรับธาตุพวกโลหะหนักCr, Ni, Co, Pbและ Cd ในleachate ทั้ง 3 ครั้งตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวอยู่ในปริมาณที่ต่ำมากคือ Cr, Ni, Co, Pbมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า 0.005mg L^{-1} ส่วน Cd มีความเข้มข้น <0.002 mg L^{-1} ซึ่งถือว่ามีความเข้มข้นต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวครั้งที่ 1 (เก็บ leachate วันที่ 4 กรกฎาคม 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.4	6.5	6.4	6.5	6.5	6.6	0.074
EC (dS m^{-1})	0.72	0.74	0.76	0.78	0.85	1.12	0.093
Micronutrient ($mg\ L^{-1}$)							
B	0.053	0.046	0.049	0.052	0.069	0.172	0.022
Fe	0.014	0.009	0.026	0.020	0.034	0.043	ns
Mn	0.152	0.290	1.298	1.516	1.508	1.730	1.117
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal ($mg\ L^{-1}$)							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 $mg\ L^{-1}$ ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 $mg\ L^{-1}$ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวครั้งที่ 3 (เก็บ leachate วันที่ 15 สิงหาคม 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.8	6.8	6.9	6.8	6.7	6.7	0.194
EC (dS m^{-1})	1.07	1.35	1.05	1.17	1.31	1.62	0.524
Micronutrient ($mg\ L^{-1}$)							
B	0.100	0.125	0.075	0.104	0.103	0.162	0.045
Fe	0.182	0.273	0.226	0.336	0.248	0.277	ns
Mn	9.67	13.34	11.90	21.22	14.68	9.81	8.132
Zn	0.422	0.559	0.459	0.476	0.472	0.420	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal ($mg\ L^{-1}$)							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 $mg\ L^{-1}$ ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 $mg\ L^{-1}$ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวครั้งที่ 5 (เก็บ leachate วันที่ 3 ตุลาคม 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.7	6.8	6.5	6.7	6.7	6.8	0.135
EC (dS m^{-1})	0.49	0.33	0.37	0.37	0.53	1.05	0.260
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.055	0.080	0.063	0.075	0.067	0.114	0.019
Fe	0.268	0.340	0.286	0.380	0.256	0.130	0.186
Mn	0.182	0.430	0.948	0.874	0.159	0.155	ns
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีและปริมาณของธาตุในleachate ของข้าวทดลองในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 19 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.18

ค่า Redox potential (Eh) จะทำการวัดครั้งแรกในช่วงที่ข้าวเริ่มออกดอกและครั้งที่ 2 ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าค่า ค่า Eh (ที่ pH 6.5-6.8) โดยเฉลี่ยของทุกอัตราของเถ้าหนักเท่ากับ 95 และ 78 mv ตามลำดับ (ตาราง 20) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระบบ redox ของแมงกานีส ดังนั้นภายใต้สภาพ reduction ดังกล่าว Mn (IV และ III) ส่วนใหญ่ในดินจะถูกรีดิวซ์ (reduce) ให้อยู่ในรูปของ Mn (II) ซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ดีขึ้น(ไพบูลย์,2546) จึงทำให้ความเข้มข้นของแมงกานีสใน leachate ที่เก็บครั้งที่ 3 เพิ่มสูงขึ้นมากในทุกอัตราของเถ้าหนัก ส่วนความเข้มข้นของแมงกานีสดังกล่าวที่ลดลงก่อนการเก็บเกี่ยว (leachate ครั้งที่ 5) เป็นผลมาจากการถูกนำไปใช้ของพืช และบางส่วนของ Mn ตกตะกอนในรูปของ $MnCO_3$ อันเนื่องจากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของ CO_2 ในดินน้ำขัง ความเข้มข้นที่สูงของ Mn ใน leachate มีผลทำให้ปริมาณของ Mn ในต้นพืชอยู่ในระดับที่สูงตามไปด้วย แต่ยังอยู่ในช่วงปกติของต้นข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำท่วมขัง

ส่วนในกรณีของเหล็ก ระบบ redox ของ Fe(III)/Fe(II) มีค่า Eh ประมาณ 0 mv (ที่ pH ในช่วง 6.5-6.8) ซึ่งต่ำกว่าระบบของแมงกานีส การรีดิวซ์ของเหล็กจะเกิดหลังจากแมงกานีสส่วนใหญ่ถูกรีดิวซ์แล้ว ดังนั้นในสภาพ reduction ของดินที่ทำการทดลองความเข้มข้นของ Fe ใน leachate จึงต่ำกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ Mn(ไพบูลย์,2546)(ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ค่า redox potential (Eh)[1/] ในดินสภาพน้ำขัง ในระยะที่ต้นข้าวเริ่มออกดอก (1 กันยายน 2548) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (3 ตุลาคม 2548) ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

Treatment	Eh (mv)	
	1 ก.ย. 48	3 ต.ค. 48
T_1	98	85
T_2	108	85
T_3	120	93
T_4	103	78
T_5	88	93
T_6	53	33
$LSD_{.05}$	32.080	29.509

[1/] pH อยู่ในช่วง 6.5 – 6.8 ไม่แตกต่างกันในแต่ละ treatment

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ผลของเถ้าหนักต่อการตอบสนองของข้าวโพด

4.3.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด

ผลของเถ้าหนักต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 20 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.19-1.20

จากการทดลองพบว่าเถ้าหนักมีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดและความสามารถในการโผล่ขึ้นเหนือผิวดินของต้นกล้า(seedling emergence, SE) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง T6 มี SE เกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ %SE เฉลี่ยของ T_1, T_2, T_3, T_4, T_5และ T_6 เท่ากับ 43.3, 60.0, 57.6, 56.7, 86.7 และ 96.7 ตามลำดับ อิทธิพลดังกล่าวเนื่องมาจากเถ้าหนักมีอนุภาคขนาดประมาณทรายละเอียดจึงทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำเป็นไปด้วยดี อิทธิพลจะยิ่งเด่นชัดในดินที่มีเนื้อละเอียดแน่นทึบดังเช่นในดินที่ใช้ในการทดลองนี้

ตารางที่ 20 อิทธิพลของเถ้าหนักในแต่ละ treatment ต่อ %SE ความสูงและผลผลิตของข้าวโพด

Treatment	%SE	ความสูง[1/] (ซม.)	น้ำหนักเมล็ด[2/] (กรัม/กระถาง)
T_1	43.3	149	92.0
T_2	60.0	173	98.6
T_3	57.6	166	116.4
T_4	56.7	176	123.9
T_5	86.7	187	174.8
T_6	96.7	199	198.4
$LSD_{.05}$	31.685	21.703	41.727

[1/] ความสูงถึงยอดเกสรตัวผู้ที่ระยะออกดอก (อายุ 8 สัปดาห์)

[2/] ที่ความชื้น 15%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าวโพด

ผลของเถ้าหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าวโพดครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 21 และตารางที่ 22 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.21-1.24

สมบัติทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการปลูกข้าวโพดในกระถางนี้เป็นดินชนิดเดียวกันกับดินที่ใช้ในการทดลองปลูกข้าวในกระถางครั้งที่ 1 และพบว่าหลังจากปลูกข้าวโพดในกระถางพบว่าสมบัติทางเคมีของดินจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 21 สมบัติทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่างดิน (ลึก 0-15 ซม.) ที่ใช้ในการทดลองเถ้าหนักในกระถาง (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

สมบัติทางเคมี	ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ
pH (ดิน : H_2O = 1:1)	6.14
อินทรียวัตถุ (g/100 g)[1/]	1.37
Extractable P (mg L^{-1})[2/]	71.3
Extractable (mg L^{-1})	
Macronutrient[3/]	
K	60.2
Ca	1875
Mg	155
Micronutrient	
Fe[4/]	287
Mn[4/]	12.8
Zn[4/]	2.60
Cu[4/]	3.17
B[5/]	0.038

1/ Walkley & Black method
2/ Bray I method
3/ 1MNH_4OAc;pH 7.0 extraction with atomic absorption
4/ 0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction with atomic abosorption
5/ ดิน : H_2O = 1:1 with azomet

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 22 สมบัติทางเคมีของดิน หลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 1ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	5.98	5.87	5.93	5.97	6.05	6.52	0.26
EC ($dS\ m^{-1}$)[1/]	0.064	0.060	0.070	0.063	0.075	0.135	0.020
O.M. (g/100 g)[2/]	1.24	1.20	1.25	1.26	1.36	1.42	0.13
Macronutrient ($mg\ kg^{-1}$)							
P[3/]	150	170	164	160	149	137	17.5
K[4/]	21.2	21.2	20.7	20.1	16.9	22.8	4.5
Ca[4/]	678	727	723	616	683	1217	194
Mg[4/]	29.8	30.0	28.9	25.8	26.7	32.7	5.9
Micronutrient & Heavy metal ($mg\ kg^{-1}$)[5/]							
Fe	731	650	764	793	844	1206	230
Mn	84.7	87.0	86.4	88.7	87.4	95.9	10.6
Zn	6.86	6.15	6.21	6.29	5.65	6.33	1.20
Cu	5.07	5.37	5.34	5.40	5.31	5.67	ns
Cr	0.528	0.482	0.601	0.582	0.611	0.615	ns
Ni	0.814	0.807	0.846	0.810	0.842	0.832	ns
Co	1.10	1.10	1.10	1.18	1.23	1.14	0.09
Pb	1.10	1.13	1.14	1.17	1.12	0.93	0.07
Cd	0.109	0.131	0.129	0.173	0.206	0.529	0.139

1/ ดิน : H_2O = 1:1

2/ Walkley & Black method

3/ 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction

4/ Bray I method

5/ 0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3 ปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพด

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อปริมาณของธาตุโบรอน(B)และโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 23 ANOVA ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.25

จากการศึกษาพบว่า อิทธิพลของเถ้าหนักต่อปริมาณของ B และโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพดมีลักษณะคล้ายคลึงกับอิทธิพลที่พบในเมล็ดข้าวกล่าวคือ ธาตุ B ในเมล็ดข้าวโพดมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก และจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_5 (4 ตัน/ไร่) – T_6 (16 ตัน/ไร่) ส่วนในกรณีของธาตุโลหะหนักที่ไม่ใช่ธาตุอาหารพืช การใส่เถ้าหนักในทุกอัตราไม่ทำให้โลหะหนักดังกล่าวในเมล็ดแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก ความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักในเมล็ดในทุก treatment อยู่ในระดับที่ต่ำ-ต่ำมาก โดยที่ความเข้มข้นของ Cd อยู่ในระดับต่ำสุด (<0.040 mg kg^{-1}) Cr, Ni, และ Co อยู่ในระดับปานกลาง (<0.100 mg kg^{-1}) ในขณะที่ปริมาณของ Pb ในเมล็ดอยู่ในระดับสูงสุด คือ <1.00 mg kg^{-1}

ตารางที่ 23 ความเข้มข้นของ B และ Pb ในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 1 ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

mg kg^{-1}	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
B	1.49	1.95	1.66	1.61	2.14	2.23	0.67
Cr	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Ni	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Co	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Pb	0.988	0.835	1.253	0.643	0.933	0.780	ns
Cd	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.4 การดูดใช้ธาตุอาหารและโลหะหนักในใบข้าวโพด

ผลของเถ้าหนักต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและโลหะหนักในใบข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 24 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.26-1.28

พบว่าการใส่เถ้าหนักมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของ Ca และ B ในใบพืชเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลดังกล่าวค่อนข้างเด่นชัดกับธาตุโบรอน ความเข้มข้นของ B ในใบข้าวโพดของอัตราเถ้าหนัก T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, และ T_6 เท่ากับ 4.60, 4.87, 5.85, 6.30, 6.05, และ 7.28 mg kg^{-1} ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของ Fe, Mn, Zn, และ Cu ในใบข้าวโพด อยู่ในระดับปกติและแตกต่างกันน้อยมากในแต่ละอัตราของเถ้าหนัก ในกรณีของแมงกานีส(Mn) ความเข้มข้นของ Mn ในข้าวโพดต่ำกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวโพดปลูกในดินที่ไม่ได้ขังน้ำ จึงไม่เกิดการ reduction ของแมงกานีส ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นที่ต่ำมากของ Mn ใน leachate ที่มีปริมาณน้อยมากทั้งยังพบว่า การใส่เถ้าหนักไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของโลหะหนักในข้าวโพด ความเข้มข้นของโลหะหนัก(Cr, Ni, Co, Pb และ Cd) ในใบข้าวโพดในทุก treatment อยู่ในระดับที่ต่ำมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 24 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและโลหะหนักในใบข้าวโพดที่อายุ 6 สัปดาห์ ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก [1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
ธาตุอาหารพืช (g/100g)							
P	0.28	0.26	0.24	0.26	0.22	0.23	0.035
K	1.67	1.58	1.47	1.53	1.41	1.39	0.263
Ca	0.17	0.23	0.24	0.24	0.26	0.24	ns
Mg	0.11	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	0.020
(mg kg^{-1})							
B	4.60	4.87	5.85	6.30	6.05	7.28	0.903
Fe	74.5	86.4	83.1	75.6	70.4	79.4	ns
Mn	26.9	27.5	28.0	22.5	17.8	15.6	6.498
Zn	19.5	20.5	21.8	19.7	18.3	19.6	3.427
Cu	5.74	6.02	5.94	6.15	5.76	5.54	ns
โลหะหนัก (mg kg^{-1})							
Cr	0.688	0.656	0.688	0.750	0.688	0.625	ns
Ni	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	ns
Co	0.625	0.688	0.625	0.625	0.719	0.625	ns
Pb	0.906	0.875	0.875	0.906	0.813	0.875	ns
Cd	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.625 และ <0.025 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.625 และ 0.250 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.5สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุใน leachate จากกระถางข้าวโพด

ผลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุใน leachate จากกระถางข้าวโพด ที่ปลูกครั้งที่ 1 ได้แสดงในตารางที่25-28 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.29-1.35

pH ของ leachate ที่เก็บทั้ง 5 ครั้งไม่แตกต่างกันในแต่ละอัตราของเถ้าหนัก และค่า EC และ B ใน leachate มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่เถ้าหนักความเข้มข้นของโบรอนที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณของ B ในใบข้าวโพดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 25 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวโพด ครั้งที่ 1 (เก็บ leachate วันที่ 1 สิงหาคม 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.5	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5	ns
EC (dS m^{-1})	0.25	0.22	0.33	0.24	0.25	0.40	0.106
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.052	0.138	0.060	0.080	0.080	0.290	0.034
Fe	0.463	0.850	0.347	0.654	0.264	0.024	0.493
Mn	0.187	0.359	0.115	0.163	0.084	0.199	ns
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 26 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวครั้งที่ 3 (เก็บ leachate วันที่ 12 กันยายน 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.5	6.5	6.4	6.5	6.5	6.6	0.163
EC (dS m^{-1})	0.10	0.13	0.11	0.12	0.13	0.23	0.022
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.064	0.095	0.082	0.064	0.061	0.071	ns
Fe	0.217	0.218	0.149	0.130	0.097	0.047	0.151
Mn	0.020	0.005	0.204	0.180	0.079	0.099	ns
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 27 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวโพดครั้งที่ 5 (เก็บ leachate วันที่ 17 ตุลาคม 2548)

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6	6.9	0.167
EC (dS m^{-1})	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.22	0.044
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.035	0.036	0.041	0.070	0.044	0.051	ns
Fe	0.021	0.095	0.042	0.045	0.019	0.018	ns
Mn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Zn	0.006	0.007	0.007	0.008	0.007	0.006	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองในกระถางครั้งที่ 2

4.4ผลของเถ้าหนักต่อการตอบสนองของข้าวปทุมธานี 60

4.4.1การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อความสูงและผลผลิตเมล็ดข้าวได้สรุปไว้ในตารางที่ 28 ANOVA ในรูปของ mean squares ได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.1

ทำนองเดียวกันกับการทดลองในครั้งแรก เถ้าหนักมีอิทธิพลน้อยมากต่อความสูงของต้นข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ถึงแม้ว่าการใส่เถ้าหนักในอัตรา T_2 จะทำให้ความสูง (=71.4 ซม.) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของต้นข้าวในกระถาง T_5 (=65.6 ซม.) แต่การใช้เถ้าหนักในทั้งสองอัตรา ไม่ทำให้ความสูงของต้นข้าวแตกต่างไปจาก treatment อื่นๆ รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ปลูกในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) ในด้านผลผลิตของเมล็ดก็เช่นเดียวกัน การใส่เถ้าหนักทุกอัตราไม่ทำให้ผลผลิตแตกต่างกันในทางสถิติ น้ำหนักของเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถาง T_1, T_2 ,T_3, T_4, T_5, และ T_6 เท่ากับ 62.8, 67.1, 55.7, 65.0, 64.1, และ 62.9 กรัม/กระถาง ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 อิทธิพลของเถ้าหนักในแต่ละ treatment ต่อความสูงและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2

Treatment	ความสูง[1/] (ซม.)	น้ำหนักเมล็ด[2/] (กรัม/กระถาง)
T_1	66.8	62.8
T_2	71.4	67.1
T_3	69.0	55.7
T_4	68.0	65.0
T_5	65.6	64.1
T_6	66.5	62.9
$LSD_{.05}$	5.24	ns

1/ อายุ 6 สัปดาห์หลังย้ายกล้า

2/ ที่ความชื้น 15%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าว

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าวได้สรุปไว้ในตารางที่ 29และตารางที่ 30 ANOVA ในรูปของ mean squares ได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.2-2.8

หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 2 อิทธิพลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีของดิน (ตารางที่ 30) โดยทั่วไปมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับสมบัติทางเคมีของดินหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวในครั้งแรก กล่าวคือ pH, EC, O.M., Ca, Mg, Fe, และ Mn มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก และจะสูงขึ้นอย่างเด่นชัดมีนัยสำคัญ เมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 (16 ตัน/ไร่) ผลของการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดังกล่าว มีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ดินหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวที่ปลูกในครั้งแรก

หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 2 ความเข้มข้นของโลหะหนักทุกธาตุ (heavy metal) ในดินได้ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ทั้งๆ ที่ก่อนการปลูกข้าวครั้งที่ 2 ได้ใส่เถ้าหนักซ้ำอีกในอัตราเดิมของแต่ละ treatment จากการพิจารณาอย่างรอบคอบแล้วคาดว่าสาเหตุสำคัญอาจเนื่องมาจาก เถ้าหนักที่ใช้ในการทดลองปลูกข้าวในครั้งแรกเป็นเถ้าใหม่ (fresh) ที่เพิ่งนำออกมาจากเตาเผาของโรงงาน (นำมาผึ่งให้แห้งก่อนใช้) ส่วนในการทดลองปลูกข้าวครั้งที่ 2 ยังคงใช้เถ้าหนักที่ผึ่งให้แห้งแล้วชุดเดิมที่เหลือ ซึ่งเก็บไว้ในกระสอบในร่มประมาณ 5 เดือนหลังจากการใช้ในครั้งแรก ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า ในช่วงเวลาของการเก็บ (aging) ของเถ้าหนักดังกล่าว ได้เกิดปฏิกิริยาดูดยึด/ดูดตรึงระหว่างโลหะหนักกับอนุภาคของเถ้าหนักไว้ด้วยแรงที่เหนียวแน่นสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเถ้าหนักใหม่ที่นำมาจากโรงงาน จึงมีผลทำให้การละลายได้ของโลหะหนักในดินที่ทำการทดลองในครั้งที่ 2 ลดลง

ในการทดลองปลูกข้าวครั้งที่ 2 นี้ เนื่องจากการละลายได้ที่ลดลงของโลหะหนักในดินส่งผลทำให้การดูดใช้ (uptake) ของธาตุโลหะหนักต่างๆ รวมทั้ง Pb จากดินโดยพืชมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งทำให้ปริมาณของ Pb ในเมล็ดข้าวมีความเข้มข้นลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 29 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกข้าวในกระถางครั้งที่ 2 (หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1) ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	5.48	5.64	5.48	5.63	5.76	6.47	0.186
EC ($dS\ m^{-1}$)[1/]	0.135	0.131	0.125	0.138	0.168	0.323	0.033
O.M. (g/100 g)[2/]	1.23	1.23	1.25	1.24	1.31	1.39	0.10
Macronutrient ($mg\ kg^{-1}$)							
P[3/]	186	191	191	186	181	168	9.8
K[4/]	15.4	15.1	15.0	15.2	16.0	16.1	ns
Ca[4/]	583	620	587	647	685	1221	32
Mg[4/]	30.1	34.5	28.8	32.4	35.1	49.1	4.24
Micronutrient & Heavy metal ($mg\ kg^{-1}$)[5/]							
Fe	826	849	844	866	915	1159	79
Mn	80.5	94.5	76.5	84.2	82.3	90.3	17.0
Zn	8.96	9.23	7.43	8.72	8.36	10.08	2.58
Cu	5.88	7.14	5.81	5.96	6.11	6.58	ns
Cr	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Ni	0.374	0.385	0.382	0.351	0.296	0.208	0.087
Co	0.141	0.105	0.144	0.116	0.120	0.077	0.057
Pb	4.28	4.33	4.28	4.26	4.18	3.80	0.332
Cd	0.057	0.041	0.052	0.049	0.035	0.049	0.022

[1/] ดิน : H_2O = 1:1 [2/] Walkley & Black method

[3/] Bray I method [4/] 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction

[5/] 0.005 M DTPA ; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 30 สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในกระถางที่ปลูกครั้งที่ 2 ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	5.55	5.40	5.34	5.27	5.55	6.26	0.235
EC ($dS\ m^{-1}$)[1/]	0.20	0.18	0.19	0.26	0.32	0.49	0.11
O.M. (g/100 g)[2/]	1.23	1.21	1.20	1.25	1.30	1.48	0.11
Macronutrient ($mg\ kg^{-1}$)							
P[3/]	177	188	171	177	188	148	18.1
K[4/]	12.4	10.3	12.7	12.6	11.7	12.7	ns
Ca[4/]	503	471	596	595	791	3113	282
Mg[4/]	27.1	25.3	31.5	30.1	37.5	40.9	10.5
Micronutrient & Heavy metal ($mg\ kg^{-1}$)[5/]							
Fe	736	774	795	876	971	1393	106
Mn	69.9	72.0	67.3	64.7	76.5	80.4	8.7
Zn	7.69	7.49	12.89	8.48	7.89	8.00	3.85
Cu	6.25	5.96	5.98	6.05	6.49	6.55	0.51
Cr	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Ni	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Co	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Pb	1.89	2.24	2.20	2.25	2.01	1.67	0.54
Cd	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	ns

[1/] ดิน : H_2O = 1:1 [2/] Walkley & Black method

[3/] Bray I method [4/] 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction

[5/] 0.005 M DTPA ; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3ปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าว

ผลของเถ้าหนักต่อปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าวทดลองในกระถางข้าวครั้งที่ 2 ได้แสดงในตารางที่ 31 และ ANOVA ในรูป mean squares แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.9

จากการทดลองในกระถางครั้งที่ 2 พบว่าเถ้าหนักมีอิทธิพลต่อการดูดใช้ของโบรอน (B)อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีนัยสำคัญต่อปริมาณของโลหะหนัก โดยปริมาณของ Pb ในเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ลดต่ำลงมากในทุก treatment เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งแรก ความเข้มข้นของ Pb ในเมล็ดที่ลดลงดังกล่าวมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเข้มข้นของ Pb ในดิน แต่ปริมาณของโลหะหนักตัวอื่น(Cr, NiและCo)นั้นพบว่ามีต่ำมาก คือ <0.100 mg kg^{-1} และCd พบ <0.040 mg kg^{-1}

ตารางที่ 31 ความเข้มข้นของโบรอน (B) และธาตุโลหะหนักในเมล็ดข้าวที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 อันเนื่องมาจากอิทธิพลของเถ้าหนัก (treatment)

mg kg^{-1}	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
B	1.41	1.40	1.61	1.79	1.99	2.39	0.35
Cr	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Ni	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Co	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Pb	0.135	0.145	0.120	0.135	0.160	0.155	ns
Cd	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การขาดแคลนแมกนีเซียม (Mg deficiency) ในต้นข้าว

สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ได้สังเกตในระหว่างการทดลองคือต้นข้าวส่วนใหญ่ที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 นี้ ได้แสดงอาการขาดแคลนแมกนีเซียม (Mg) ประมาณ 15 วัน หลังการย้ายกล้า ใบข้าวส่วนใหญ่ไม่ตั้งตรงแต่มีลักษณะอ่อนพลิ้ว ปลายใบโค้งห้อยต่ำผิดปกติ (droopy and wavy) รวมทั้งใบส่วนล่างของลำต้นเกิด chlorosis ระหว่างเส้นใบ (vein)

การขาดแคลน Mg ในต้นข้าวดังกล่าว สาเหตุหลักเนื่องมาจาก การปลูกพืชซ้ำในดินเดิมซึ่งมีปริมาณน้อยอย่างจำกัดในกระถางรวมทั้งการให้น้ำโดยใช้น้ำประปาซึ่งมีปริมาณ Mg ต่ำมากเมื่อเทียบกับน้ำจากคลองชลประทาน ผลจากการวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกข้าวครั้งที่ 2 (หลังการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งแรก) พบว่าปริมาณของ Mg อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (ตารางที่ 29; T_1 = 30.1 mg kg^{-1}) เมื่อเทียบกับ Mg (155 mg kg^{-1}) ในดินก่อนการปลูกข้าวครั้งแรกระดับวิกฤตของ Mg ในดิน (exchangeable Mg) สำหรับพืชทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 50 mg kg^{-1} (Doll and Lucas, 1973; Ling and Lu, 1990)

สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่อาจทำให้พืชเกิดการขาดแคลนแมกนีเซียม คืออัตราส่วนที่กว้างเกินไปของ Ca:Mg ในดิน (Wivutvongvana et al., 1995; Havlin et al., 1999; Wilkinson et al., 2000) ซึ่งโดยทั่วไป exchangeable Ca:Mg ไม่ควรเกิน 15:1 (equivalent basis) จากการวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 2 (ตารางที่ 29 และ 30) พบว่าอัตราส่วนของ Ca:Mg ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนักอยู่ในช่วงกว้างถึงกว้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 (16 ตัน/ไร่) ทำให้อัตราส่วนของ Ca:Mg ในดินกว้างเกินไปมีผลทำให้พืชดูดใช้แมกนีเซียมได้น้อยลง

ทันทีที่ได้เห็นอาการขาดแคลนแมกนีเซียมที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้ทำการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในรูปของ $MgSO_4.7H_2O$ ให้กับต้นข้าวกระถางละ 5 กรัม หลังจากนั้นประมาณ 5-7 วัน อาการขาดแคลนดังกล่าวได้เริ่มดีขึ้นและใบส่วนบนที่ถัดขึ้นไปจากใบเดิม มิได้แสดงอาการขาดแคลนแมกนีเซียมให้เห็นอีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.4 สมบัติทางเคมีและปริมาณของธาตุใน leachate

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีของ leachate ที่เก็บจากกระถางข้าวเมื่อพืชอายุ 6 สัปดาห์และก่อนเก็บเกี่ยวข้าวในการทดลองครั้งที่ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 32 และ 33 ตามลำดับ ANOVA ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.10-2.13

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของ leachate เมื่อข้าวอายุ 6 สัปดาห์แสดงให้เห็นว่า pH, EC, และความเข้มข้นของ B มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของเถ้าหนัก โดยส่วนใหญ่การเพิ่มขึ้นจะเด่นชัดมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_4-T_5 (4-16 ตัน/ไร่) ส่วน redox potential (Eh) ลดลงเล็กน้อยต่อการใส่เถ้าหนัก แต่สภาพ redox (reduction-oxidation) ของทุก treatment โดยทั่วไปถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง (ไพบูลย์, 2546) สำหรับปริมาณของจุลธาตุอาหารพืช Fe, Mn, Zn, Cu, และธาตุโลหะหนัก Cr, Ni, Co, Pb, และ Cd ใน leachate ในแต่ละอัตราของเถ้าหนักไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ธาตุต่างๆ ดังกล่าวมีความเข้มข้นที่ต่ำมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Zn, Cu, Cr, Ni, Co, และ Pb มีความเข้มข้น <0.005 mg L^{-1} ส่วน Cd <0.002 mg L^{-1}

สมบัติทางเคมีของ leachate ก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว (ตารางที่ 33) โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายคลึงกับ leachate ที่เก็บเมื่อพืชอายุ 6 สัปดาห์กล่าวคือ pH, EC, และ B มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่เถ้าหนัก ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืชและโลหะหนักมีปริมาณที่ต่ำมากทุก treatment แต่ความเข้มข้นของ Fe และ Mn มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการใส่เถ้าหนักในอัตราที่สูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 32 ความเป็นกรดด่าง (pH) redox potential (Eh) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าว 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้าปลูกครั้งที่ 2 (เก็บ leachate วันที่ 28 พฤศจิกายน 2548)[1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	7.10	7.00	7.25	7.14	7.28	7.35	0.21
Eh (mv)[2/]	75.0	65.0	57.5	65.0	45.0	17.5	19.1
EC (dS m^{-1})	1.08	1.16	1.19	1.35	1.52	2.16	0.15
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.059	0.055	0.052	0.053	0.073	0.281	0.039
Fe	0.013	0.013	0.019	0.020	0.016	0.011	ns
Mn	0.337	0.245	0.286	0.106	0.227	0.197	ns
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

[2/] วัดในดินสภาพน้ำขังในกระถางโดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 33 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าว ก่อนการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 2 (เก็บ leachate วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2549)[1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.85	6.79	6.87	6.88	6.84	6.79	ns
EC (dS m^{-1})	1.60	1.58	1.44	1.82	1.77	2.38	0.48
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.135	0.104	0.098	0.119	0.109	0.263	0.050
Fe	0.120	0.065	0.073	0.067	0.053	0.051	0.048
Mn	0.442	0.768	0.592	0.474	0.408	0.013	0.545
Zn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Ni	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Co	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Pb	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	ns
Cd	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ผลของเถ้าหนักต่อการตอบสนองของข้าวโพด

4.5.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 34 ANOVA ในรูป mean squares ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.14

ผลจากการศึกษาพบว่า ถึงแม้ว่าเถ้าหนักจะมีแนวโน้มทำให้การงอกและความสามารถในการแทงโผล่ขึ้นเหนือผิวดินของต้นกล้า (seedling emergence, SE) ความสูงและผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดสูงขึ้น แต่องค์ประกอบของผลผลิตดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_5 หรือ T_6 เท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดในกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ได้รับจากการใส่เถ้าหนักในอัตรา T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, และ T_6 เท่ากับ 117.4, 106.0, 135.3, 124.3, 147.6, และ 188.9 กรัม/กระถาง ตามลำดับ (ตารางที่ 34)

เป็นที่น่าสังเกตว่า การใส่เถ้าหนักให้กับข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 2 นี้ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่ปลูกในครั้งแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง %SE และน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างเด่นชัดตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก และเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบกับกระถางที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก อย่างไรก็ตามในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 2 มี %SE สูงถึง 90% (ตารางที่ 34) เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในครั้งแรกซึ่งมีเพียง 43.3% ทั้งนี้สาเหตุหลักเนื่องมาจากหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกแล้ว ได้ทำการคลุกเคล้าดินร่วมกับรากข้าวโพดซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในกระถาง ทำให้ดินร่วนซุยและเพิ่ม %SE ให้กับข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 2 ดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 34 อิทธิพลของเถ้าหนัก (treatment) ต่อการงอกและความสามารถในการโผล่ขึ้นเหนือผิวดิน (seedling emergence, SE) ความสูง และผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกในกระถาง ครั้งที่ 2

Treatment	%SE	ความสูง[1/] (ซม.)	น้ำหนักเมล็ด[2/] (กรัม/กระถาง)
T_1	90.0	215	117.4
T_2	95.0	211	106.0
T_3	92.5	219	135.3
T_4	95.0	220	124.3
T_5	100.0	229	147.6
T_6	100.0	238	188.9
$LSD_{.05}$	7.74	16.0	51.4

[1/] ความสูงถึงยอดเกสรตัวผู้ (อายุ 8 สัปดาห์)

[2/] ที่ความชื้น 15%

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในกระถางข้าวโพด

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดในกระถางครั้งที่ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 35 และ 36 ตามลำดับ ANOVA ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.15-2.21

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 1 และหลังการเก็บข้าวโพดครั้งที่ 2 โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายคลึงกันและใกล้เคียงกันกับผลการทดลองในกระถางข้าว กล่าวคือ การใส่เถ้าหนักตั้งแต่อัตราแรก (T_2) จนถึง T_5 มีแนวโน้มทำให้ pH, EC, O.M., Ca, Mg, Fe, และ Mn ในดินสูงขึ้น และจะสูงขึ้นอย่างเด่นชัดมีนัยสำคัญที่อัตรา T_6 (16 ตัน/ไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) ส่วน P ในดินมีแนวโน้มลดลงในกระถาง T_6 ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีกว่าของข้าวโพดในกระถางดังกล่าว จึงดูดใช้ฟอสฟอรัสมากกว่า และทำให้ความเข้มข้นของ P ในดินลดลง

การใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 มีอิทธิพลทำให้ปริมาณของ Fe ในดินสูงขึ้น ทั้งยังพบว่าความเด่นชัดมีน้อยกว่าแคลเซียมโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 2 ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณของ Ca ในดิน ส่งผลทำให้อัตราส่วนของ Ca:Mg ในดินกว้างมาก จนอาจเป็นสาเหตุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำคัญส่วนหนึ่งที่ทำให้พืชเกิดอาการขาดแคลนแมกนีเซียม การขาดแคลนธาตุแมกนีเซียมในข้าวโพดเช่นเดียวกันกับที่พบในต้นข้าว ข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ได้แสดงอาการขาดแคลนธาตุแมกนีเซียม (Mg) เมื่อพืชอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ใบส่วนล่างของลำต้นเกิดอาการ chlorosis ระหว่างเส้นใบ (vein) อาการขาดแคลนดังกล่าวจะหายไปหลังจาก 7 วันที่ได้ใส่ปุ๋ยในรูป $MgSO_4.7H_2O$ ให้กับข้าวโพดกระถางละ 5 กรัม การขาดแคลนแมกนีเซียมในข้าวโพดมีสาเหตุหลักเช่นเดียวกันกับการทดลองในต้นข้าวกล่าวคือ การปลูกพืชซ้ำในดินเดิมซึ่งมีปริมาณอย่างจำกัดในกระถาง ปริมาณของ Mg ในดินที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำ และอัตราส่วนที่กว้างเกินไปของ Ca:Mg ในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่เถ้าหนักในอัตราที่สูง

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อปริมาณของธาตุโลหะหนักค่อนข้างผันแปร หลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกความเข้มข้นของ Cr, Ni, Co, และ Pb ในดินที่ได้รับเถ้าหนักในอัตรา T_6 ไม่แตกต่างไปจากดินในกระถาง T_1 ซึ่งไม่ได้ใส่เถ้าหนัก ส่วนในกรณีของ Cd ความเข้มข้นในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของเถ้าหนัก และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_6 (Cd = 0.529 mg kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับ Cd (= 0.109 mg kg^{-1}) ในดินที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก (T_1) (ตารางที่ 35) อย่างไรก็ตามหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 2 ปริมาณของธาตุโลหะหนักทั้งหมดดังกล่าวในดิน ได้ลดลงอยู่ในระดับที่ต่ำมากเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในกระถางข้าว ความเข้มข้นของ Pb ในดินในแต่ละอัตราของเถ้าหนักไม่แตกต่างกันและอยู่ในช่วง 0.332-0.716 mg kg^{-1} ส่วน Cd ในทุก treatment มีความเข้มข้น <0.004 mg kg^{-1} (ตารางที่ 36) ความเข้มข้นที่ลดลงของโลหะหนักรวมทั้งPb ในดิน มีผลทำให้เมล็ดข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณของ Pb ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในครั้งแรก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 35 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกข้าวโพดในกระถางที่ปลูกครั้งที่ 2 (หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1)ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	5.98	5.87	5.93	5.97	6.05	6.52	0.26
EC (dS m^{-1})[1/]	0.064	0.060	0.070	0.063	0.075	0.135	0.020
O.M. (g/100 g)[2/]	1.24	1.20	1.25	1.26	1.36	1.42	0.13
Macronutrient (mg kg^{-1})							
P[3/]	150	170	164	160	149	137	17.5
K[4/]	21.2	21.2	20.7	20.1	16.9	22.8	4.5
Ca[4/]	678	727	723	616	683	1217	194
Mg[4/]	29.8	30.0	28.9	25.8	26.7	32.7	5.9
Micronutrient & Heavy metal (mg kg^{-1})[5/]							
Fe	731	650	764	793	844	1206	230
Mn	84.7	87.0	86.4	88.7	87.4	95.9	10.6
Zn	6.86	6.15	6.21	6.29	5.65	6.33	1.20
Cu	5.07	5.37	5.34	5.40	5.31	5.67	ns
Cr	0.528	0.482	0.601	0.582	0.611	0.615	ns
Ni	0.814	0.807	0.846	0.810	0.842	0.832	ns
Co	1.10	1.10	1.10	1.18	1.23	1.14	0.09
Pb	1.10	1.13	1.14	1.17	1.12	0.93	0.07
Cd	0.109	0.131	0.129	0.173	0.206	0.529	0.139

[1/] ดิน : H_2O = 1:1

[2/] Walkley & Black method

[3/] 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction

[4/] Bray I method

[5/] 0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 36 สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดในกระถางครั้งที่ 2 ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH[1/]	6.11	6.03	6.05	6.14	6.16	6.48	0.23
EC (dS m^{-1})[1/]	0.130	0.117	0.147	0.137	0.176	0.288	0.046
O.M. (g/100 g)[2/]	1.13	1.10	1.08	1.16	1.25	1.48	0.09
Macronutrient (mg kg^{-1})							
P[3/]	147	154	153	133	138	118	16.3
K[4/]	17.5	17.7	17.7	17.3	18.4	18.2	ns
Ca[4/]	697	708	768	725	776	2739	701
Mg[4/]	29.8	32.1	32.5	29.7	33.4	41.4	7.5
Micronutrient & Heavy metal (mg kg^{-1})[5/]							
Fe	592	572	559	692	807	1108	133
Mn	78.9	71.0	73.8	80.8	87.0	92.4	13.3
Zn	6.81	5.60	5.60	6.70	6.09	5.95	ns
Cu	5.17	4.83	4.74	5.04	4.84	5.10	ns
Cr	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Ni	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Co	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	ns
Pb	0.407	0.568	0.716	0.482	0.471	0.332	ns
Cd	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	ns

1/ ดิน : H_2O = 1:1

2/ Walkley & Black method

3/ 1 M NH_4OAc; pH 7.0 extraction

4/ Bray I method

5/ 0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.3ปริมาณของธาตุโบรอนและโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพด

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อปริมาณของธาตุโบรอน (B) และโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ ANOVA ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.22

จากการศึกษาพบว่า อิทธิพลของเถ้าหนักต่อปริมาณของ B และโลหะหนักในเมล็ดข้าวโพดมีลักษณะคล้ายคลึงกับอิทธิพลที่พบในเมล็ดข้าวกล่าวคือ ธาตุ B ในเมล็ดข้าวโพดมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก และจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใส่เถ้าหนักในอัตรา T_5 (4 ตัน/ไร่) – T_6 (16 ตัน/ไร่) ส่วนในกรณีของธาตุโลหะหนักที่ไม่ใช่ธาตุอาหารพืช การใส่เถ้าหนักในทุกอัตราไม่ทำให้โลหะหนักดังกล่าวในเมล็ดแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่ไม่ได้ใส่เถ้าหนัก ความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักในเมล็ดในทุก treatment อยู่ในระดับที่ต่ำ-ต่ำมาก โดยที่ความเข้มข้นของ Cd อยู่ในระดับต่ำสุด (<0.040 mg kg^{-1}) Cr, Ni, และ Co อยู่ในระดับปานกลาง (<0.100 mg kg^{-1}) ในขณะที่ปริมาณของ Pb ในเมล็ดลดลงอยู่ที่ระดับ <0.250 mg kg^{-1} ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเข้มข้นที่ลดลงของ Pb ในดิน

ตารางที่ 37 ความเข้มข้นของ B และ Pb ในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ในแต่ละ treatment ของเถ้าหนัก

mg kg^{-1}	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
B	0.835	0.795	0.960	0.948	1.298	1.955	0.143
Cr	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Ni	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Co	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	ns
Pb	0.155	0.250	0.230	0.125	0.160	0.165	ns
Cd	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.4 สมบัติทางเคมีและปริมาณของธาตุในleachate จากกระถางข้าวโพด

อิทธิพลของเถ้าหนักต่อสมบัติทางเคมีของ leachate ที่เก็บจากกระถางข้าวโพดเมื่อพืชอายุ 6 สัปดาห์ และก่อนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งที่ 2 ได้สรุปไว้ในตารางที่ 38 และ 39 ตามลำดับ ANOVA ของอิทธิพลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2.23-2.26

เช่นเดียวกันกับในกรณีของข้าว pH, EC, และ B ใน leachate ทั้งที่ 6 สัปดาห์และก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพด มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของเถ้าหนัก และความเข้มข้นของ Fe และ Mn ใน leachate มีแนวโน้มลดลงตามอัตราของเถ้าหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ความเข้มข้นของโลหะหนักทุกธาตุใน leachate ในทุกอัตราของเถ้าหนักอยู่ในระดับที่ต่ำมาก โดยส่วนใหญ่มีความเข้มข้น <0.005 mg L^{-1} ส่วนความเข้มข้นของ Cd <0.002 mg L^{-1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 38 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวโพด 6 สัปดาห์ หลังการปลูกครั้งที่ 2 [1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.34	6.40	6.45	6.34	6.54	6.90	0.12
EC (dS m^{-1})	0.119	0.123	0.148	0.143	0.191	0.324	0.023
Micronutrient (mg L^{-1})							
B	0.013	0.075	0.076	0.071	0.079	0.157	0.028
Fe	0.010	0.005	0.005	0.023	0.006	0.005	ns
Mn	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Zn	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Cu	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Heavy metal (mg L^{-1})							
Cr	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Ni	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Co	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Pb	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Cd	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 mg L^{-1} ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 mg L^{-1} ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 39 ความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารพืช (micronutrient) และโลหะหนัก (heavy metal) ใน leachate ของแต่ละ treatment ของเถ้าหนักจากกระถางข้าวโพดก่อนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 [1/]

	Treatment						$LSD_{.05}$
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
pH	6.77	6.85	6.81	6.78	6.73	6.73	0.10
EC ($dS\ m^{-1}$)	0.175	0.177	0.182	0.182	0.201	0.293	0.007
Micronutrient ($mg\ L^{-1}$)							
B	0.0262	0.0200	0.0338	0.0350	0.0297	0.0407	ns
Fe	1.011	0.558	0.353	0.329	0.135	0.006	0.468
Mn	0.206	0.218	0.362	0.195	0.166	0.079	0.130
Zn	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Cu	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Heavy metal ($mg\ L^{-1}$)							
Cr	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Ni	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Co	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	ns
Pb	0.007	0.008	0.008	0.006	0.006	0.009	ns
Cd	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	ns

[1/] ความเข้มข้นที่ <0.005 และ <0.002 $mg\ L^{-1}$ ในการเฉลี่ยกำหนดให้เท่ากับ 0.005 และ 0.002 $mg\ L^{-1}$ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved