# อิทธิพลของความเปียก-แห้งของดินและอุณหภูมิต่อการดูดซับโบรอนในดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกัน

# Effects of Wetting-Drying and Temperature on Boron Adsorption by Soils Developed from Different Parent Materials

วันปิติ อาจเดช[1/] เพิ่มพูน กีรติกสิกร[1/]

Wanpiti Artdet[1/] Pirmpoon Keerati-Kasikorn[1/]

## ABSTRACT

Objectives of this study were to determine the effects of wetting-drying and temperature on boron adsorption by soils from different parent materials. Soil samples containing boron were subjected to 0, 1 and 5 wetting-drying cycles at 25°C and 40°C. Two boron concentration used were 0.02 mg B/l and 0.10 mg B/l. Interaction effects of wetting-drying and temperature and soil series on boron adsorption were found. Increasing wetting-drying from 1 to 5 cycles decreased soil boron adsorption to 13 and 16% at 25°C and 40°C respectively; whereas increasing temperature from 25°C to 40°C decreased boron adsorption of soil treated with 1 and 5 wetting-drying cycles to 3 and 6% respectively. However, increasing wetting-drying from 0 to 1 cycle at 25°C increased boron adsorption (no 0 cycle treatment at 40°C). Increasing wetting-drying from 1 to 5 cycles decreased boron adsorption by alluvial and residual soils to 11 and 15% at 25°C, 8% and 22% at 40°C respectively, by surface and subsoil to 11 and 14% at 25°C and both 16% at 40°C respectively. However, increasing wetting-drying from 0 to 1 cycle (at 25°C) increased boron adsorption by alluvial and residual soils to 14 and 29%, by surface and subsoil to 20 and 24% respectively. A stronger effect was found on the wetting and drying factor than the temperature. Soil developed from residuum adsorbed more boron than the one developed from alluvium. The subsoil adsorbed more boron than the surface one.

**Key words** : boron adsorption, wetting and drying, temperature, parent material, residual, alluvial

[1/] ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1/] Department of Land Resource and Environment, Faculty of Agriculture Khon Kaen University, Khon Kaen province 40002

## บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเปียก-แห้งของดิน และอุณหภูมิต่อการดูดซับโบรอนในดิน ที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกัน ทำให้ดินที่ผสมโบรอนเปียกและแห้งจำนวน 0 1 และ 5 รอบ ที่อุณหภูมิ 25 และ 40°ซ. และที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 0.02 และ 0.10 mg B/l อิทธิพลความเปียก-แห้งของดินที่ 1 และ 5 รอบ มีปฏิสัมพันธ์กับอุณหภูมิและชุดดินที่อุณหภูมิ 25 และ 40°ซ. การเพิ่มจำนวนรอบความเปียก-แห้งของดิน ทำให้การดูดซับโบรอนลดลง 13 และ 16% ตามลำดับ ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิจาก 25°ซ. เป็น 40°ซ. ทำให้ดินที่ผ่านความเปียก-แห้ง 1 และ 5 รอบ ดูดซับโบรอนลดลง 3 และ 6% ตามลำดับ อย่างไรก็ดี ที่ 25 °ซ. การเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 1 รอบ มีผลให้ดินดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น (ที่ 40 °ซ. ไม่มีตำรับทดลองที่ 0 รอบ) ที่อุณหภูมิ 25°ซ. การเพิ่มจำนวนรอบความเปียก-แห้งจาก 1 เป็น 5 รอบ ชุดดินโคราชและชุดดินโชคชัยดูดซับโบรอนลดลง 11 และ 15% ดินชั้นบนและดินชั้นล่างดูดซับโบรอนลดลง 11 และ 14% ส่วนที่อุณหภูมิ 40°ซ. การเพิ่มจำนวนรอบความเปียก-แห้งจาก 1 เป็น 5 รอบ ทำให้ชุดดินโคราชและชุดดินโชคชัยดูดซับโบรอนลดลง 8 และ 22% ทำให้ชั้นดินบนและชั้นดินล่างดูดซับโบรอนลดลงเท่ากัน คือ 16% ตามลำดับ แต่การเพิ่มจำนวนรอบความเปียก-แห้งจาก 0 เป็น 1 รอบ ที่อุณหภูมิ 25°ซ. (ที่ 40°ซ. ไม่มีตำรับทดลองความเปียก-แห้งที่ 0 รอบ) ชุดดินโคราชและชุดดินโชคชัยดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น 14 และ 29% สำหรับชั้นดินบนและชั้นดินล่างดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น 20 และ 25% ตามลำดับ ปัจจัยความเปียกและแห้งของดินมีอิทธิพลต่อปริมาณการดูดซับโบรอนสูงกว่าอุณหภูมิ สำหรับดินที่กำเนิดจากวัตถุที่อยู่กับที่ดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินที่กำเนิดจากวัตถุเคลื่อนย้ายมากับน้ำ ดินล่างดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินบน


## คำนำ

โบรอนเป็นจุลธาตุอาหารพืชที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการสร้างดอกที่สมบูรณ์และการติดเมล็ด (Marschner,1986; Rerkasem *et al.*, 1988) การใส่โบรอนให้กับพืชที่ปลูกในดินที่มีโบรอนต่ำ ทำให้พืชให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า (เพิ่มพูนและประเทือง, 2531) พืชที่ต้องการโบรอนมากเป็นพิเศษได้แก่ พืชตระกูลถั่ว พืชหัว ทานตะวันและกาแฟ (Shorrocks, 1991) ดินสามารถดูดซับโบรอนได้ โดยปริมาณการดูดซับขึ้นกับปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น ชนิดและปริมาณแร่ดินเหนียว (Keren and Mezuman, 1981; Hingston, 1964; Goldberg *et al.*, 1993) ชนิดและปริมาณแร่ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม (Bingham and Page, 1971; Goldberg and Glaubig, 1985) ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (Keren and Sparks, 1994; Goldberg and Glaubig,1985) อินทรียวัตถุ (Yermiayaho *et al.*, 1988) อุณหภูมิ (สุพจน์และกนกพันธ์, 2536 ; Goldberg *et al.*, 1993) ความชื้นและความแห้ง (สุพจน์และกนกพันธ์, 2536 ; Keren and Gast, 1981)

ดินส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีความ

สามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (ผการัตน์, 2526; เพิ่มพูน, 2527) ในฤดูฝนมักพบว่ามีฝนแล้งเกิดขึ้นเป็นช่วงๆ (สิริพร, 2543) ซึ่งทำให้ดินอยู่ในสภาพเปียกและแห้งสลับกัน (นิรนาม, ไม่ระบุปีพิมพ์) นอกจากนั้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2494-2542 ประมาณ 32.2°ซ. บางปีโดยเฉพาะเดือนเมษายนพบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 40°ซ. (นงศ์นาถและชลาลัย, 2544) ส่วนอุณหภูมิดินที่เหมาะสมที่สุด ในการงอกของเมล็ด คือ 20-35°ซ. และเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดูดน้ำของรากพืช (ทรงศักดิ์, 2539) Keren และ Gast (1981) รายงานว่าการที่ดินอยู่ในสภาพเปียกและแห้งสลับกัน ทำให้ดินดูดซับโบรอนได้เพิ่มขึ้น ส่วนสุพจน์และกนกพันธ์ (2536) ซึ่งทำการทดลองในชุดดินเรณู จ. เชียงใหม่ รายงานว่าดินที่มีความชื้นที่แรงดูดยึดน้ำเท่ากับ 1/3 บาร์ สามารถดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินที่แห้งกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากความชื้นความแห้งแล้ว อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ดินดูดซับโบรอนลดลง (Goldberg *et al.*, 1993)

ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณโบรอนต่ำ (สุวพันธ์และสำเนา, 2537; เพิ่มพูนและนิวัฒน์, ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์ อ้างถึงในเพิ่มพูน, 2545) พืชที่ปลูกในดินเหล่านี้แสดงอาการขาดธาตุโบรอน จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยให้กับพืช ปุ๋ยที่ใส่ลงในดินสามารถคงอยู่ในดินให้พืชได้ดูดใช้อย่างพอเพียงเฉพาะพืชที่ปลูกในปีแรกเท่านั้น (เพิ่มพูนและประเทือง, 2531) การทดลองในครั้งนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาอิทธิพลของความเปียก-แห้งของดินและอุณหภูมิต่อการดูดซับโบรอนในดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาในดิน 2 ชุดดินคือ ชุดดินโคราช (Kt) ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่น้ำพัดพามาทับถม (alluvial soil) และชุดดินโชคชัย (Ci) ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่เกิดอยู่กับที่ (residual soil) แต่ละชุดดินมี 2 ระดับความลึก โดยชุดดินโคราชมีความลึกตามโปรไฟล์ของดินดังนี้ 0-22 ซม. (surface soil) และ 50-80 ซม. (subsoil) และชุดดินโชคชัยมีความลึกตามโปรไฟล์ของดินดังนี้ 0-17 และ 40-60 ซม. ทำการใส่โบรอนลงในดิน 2 ระดับคือ 0.02 และ 0.10 mgB/l และทำให้ดินเปียกและแห้ง 3 ช่วงคือ 0 1 และ 5 รอบ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับคือ 25 และ 40°ซ. ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 40°ซ. ไม่มีการทำให้ดินเปียกและแห้งที่ 0 รอบ ตัวอย่างดินที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการตากให้แห้งและบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มม.

คุณสมบัติบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินทั้ง 2 ชุด (Table 1) ของดินที่ศึกษามีปริมาณโบรอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ซึ่งวัดจากปริมาณโบรอนที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน) ในระดับที่ถือว่าไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิวัฒน์และคณะ, 2537 ; Anon, 2000) รายละเอียดของการทดลองมีดังนี้

1) การทำให้ดินเปียกและแห้ง 0 รอบ ที่อุณหภูมิ 25°ซ.

ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในขวดพลาสติก เติมสารละลายโบรอนเข้มข้น 2 และ 10 mgB/l จำนวน 1 มล. ซึ่งทำให้ชุดดินโคราชเปียกที่ระดับ FC (field capacity) โดย FC ของชุดดินโคราชเท่ากับ 10 % ส่วนชุดดินโชคชัยเท่ากับ 30%

ฉะนั้นหลังจากเติมสารละลายโบรอน 1 มล. แล้วจึงต้องเพิ่มปริมาณน้ำกรองซนิดกรอง 2 รอบ (double deionized water) ลงในดินชุดโซคซัย อีก 2 มล. เพื่อให้ดินเปียกที่ระดับ FC หลังจากนั้นปล่อยให้ดินสัมผัสกับโบรอนเป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิ 25°ซ. แล้วเติมสารละลาย 0.01 M $CaCl_2$ ปริมาณ 100 มล. ลงในตัวอย่างดิน ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของโบรอนที่ใส่เปลี่ยนแปลงจาก 2 และ 10 mgB/l เป็น 0.02 และ 0.10 mgB/l นำดินไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบ end-over-end (12 รอบ/นาที) ที่อุณหภูมิ 25°ซ. เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้ดินสัมผัสกับสารละลายเป็นเวลา 12 ชม. จากนั้นจึงทำการเขย่าดินต่ออีก 30 นาที และปล่อยให้ดินสัมผัสกับสารละลายเป็นเวลา 12 ชม.อีกครั้ง เสร็จแล้วนำตัวอย่างดินมากรองให้ได้สารละลายใส ซึ่งนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโบรอนโดยวิธี Azomethine-H (John *et al.*, 1975)

2) การทำให้ดินเปียกและแห้ง 1 รอบ ที่อุณหภูมิ 25°ซ.

ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1 (ดินเปียกและแห้ง 0 รอบ) จนถึงช่วงที่ปล่อยให้ดินสัมผัสกับโบรอนเป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิ 25°ซ. หลังจากนี้ได้ทำให้ดินแห้งโดยปล่อยตัวอย่างดินไว้ ณ อุณหภูมิ 25°ซ. ต่อไปจนแห้ง (ใช้เวลา 1 วัน) แล้วจึงเติมสารละลาย 0.01 M $CaCl_2$ ปริมาณ 100 มล. เพื่อนำไปเขย่านาน 30 นาที แล้วปล่อยไว้ 12 ชม. แล้วจึงเขย่าอีกครั้งนาน 30 นาที ปล่อยไว้ 12 ชม. กรองให้ได้สารละลายใส นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นโบรอนเช่นเดียวกับข้อ 1

3) การทำให้ดินเปียกและแห้ง 1 รอบ ที่อุณหภูมิ 40°ซ. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2 เพียงแต่เปลี่ยนระดับอุณหภูมิจาก 25 เป็น 40°ซ.

4) ดินเปียกและแห้ง 5 รอบ ที่อุณหภูมิ 25°ซ. และ 40°ซ. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2 และ 3 ต่างกันเฉพาะตรงที่เพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งจาก 1 เป็น 5 รอบ โดยรอบที่ 2 3 4 และ 5 ของการทำให้ดินเปียกและแห้ง ไม่ต้องเติมสารละลายโบรอนลงไปอีก แต่เติมน้ำ double deionized water แทน โดยปริมาณที่ใช้เช่นเดียวกับข้อ 1 คือ ทำให้ดินเปียกที่ระดับ FC ทุกรอบ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากในแต่ละอุณหภูมิที่ศึกษามีจำนวนรอบของการทำให้ดินเปียกและแห้งไม่เท่ากัน และในแต่ละอุณหภูมิหรือแต่ละช่วงของการทำให้ดินเปียกและแห้ง มีการใส่โบรอนที่มีความเข้มข้นต่างกัน

1. การแยกวิเคราะห์ในแต่ละอุณหภูมิและแต่ละระดับความเข้มข้นของโบรอน กล่าวคือที่อุณหภูมิ 25°ซ. และที่ความเข้มข้นโบรอน 0.02 หรือ 0.10 mgB/l ทำการวิเคราะห์แบบ 2x2x3 Factorial in CRD (ชุดดิน 2 ชุด ความลึก 2 ระดับ และความเปียกชื้น 3 ช่วง) สำหรับที่อุณหภูมิ 40°ซ และที่ความเข้มข้นโบรอนแต่ละระดับดังกล่าว ทำการวิเคราะห์แบบ 2x2x2 Factorial in CRD (ชุดดิน 2 ชุด ความลึก 2 ระดับและความเปียกชื้น 2 ช่วง)

2. การวิเคราะห์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเปียกและแห้งและอุณหภูมิในแต่ละความเข้มข้นของโบรอน มีการวิเคราะห์ดังนี้ คือ ที่ระดับ 0.02 หรือ 0.10 mgB/l ทำการวิเคราะห์แบบ 2x2x2x2 Factorial in CRD (ชุดดิน 2 ชุด ความลึก 2 ระดับ และความเปียกชื้น 2 ช่วง)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

**1) อิทธิพลของความแห้งและเปียกของดินต่อการดูดซับโบรอนในดิน**

เมื่อเติมโบรอน 0.10 mgB/l ที่อุณหภูมิ 25°ซ. การเพิ่มจำนวนรอบของความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 1 รอบ ทำให้ดินดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Keren และ Gast (1981) ที่พบว่าการทำให้ดินเปียกและแห้งได้ทำให้ดินดูดซับโบรอนมากกว่าดินที่ไม่ผ่านการทำให้แห้ง (0 รอบ) การที่โบรอนสามารถดูดซับได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบนั้น เนื่องมาจากในสภาพที่ดินมีความชื้นลดลง หรือมีการทำให้ดินแห้ง โบรอนเกิดการเปลี่ยนรูปจากกรดบอริกเป็นรูปพอลีบอเรตไอออน ซึ่งรูปของพอลีบอเรตไอออนนั้นสามารถดูดซับบนพื้นผิวได้ดีกว่ากรดบอริก (Keren and Gast, 1981)

อย่างไรก็ดี การเพิ่มจำนวนรอบของความเปียกและแห้ง จาก 1 เป็น 5 รอบที่อุณหภูมิ 25°ซ. (Table 2) ดินดูดซับโบรอนได้น้อยลง และเมื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40°ซ. (ซึ่งไม่มีตำรับทดลองความเปียกและแห้ง 0 รอบ) พบว่าการเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งจาก 1 เป็น 5 รอบให้ผลในทำนองเดียวกัน กล่าวคือดินดูดซับโบรอนได้น้อยลงเช่นกัน (Table 3) จากการที่อิทธิพลของความเปียกและแห้งที่ 1 และ 5 รอบต่อการดูดซับโบรอน ซึ่งเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 25 °ซ. ไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 40°ซ. ฉะนั้น หากมีการทดลองความเปียกและแห้งที่ 0 รอบที่อุณหภูมิ 40°ซ. ก็อาจคาดคะเนได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นไปในทำนองเดียวกัน ผลการทดลองนี้ต่างจากผลการศึกษาของ Keren และ Gast (1981) ที่พบว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งเป็น 2 รอบ ทำให้ดินดูดซับโบรอนมากกว่า 1 และ 0 รอบตามลำดับ การที่ดินดูดซับโบรอนได้น้อยลงเมื่อเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งเป็น 5 รอบ อาจเนื่องมาจากการทำให้ดินเปียกและแห้งในช่วงระยะเวลาดังกล่าว มีผลทำให้แร่เหล็กออกไซด์ในดินมีโครงสร้างเป็นระเบียบมากขึ้น Sims และ Bingham (1968) พบว่าแร่ออกไซด์ของเหล็กที่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน (aging) การดูดซับโบรอนลดลง อาจเนื่องมาจากโครงสร้างแร่เป็นระเบียบมากขึ้น และมีแนวโน้มในการก่อตัวเป็นผลึกมากขึ้น (Sims and Bingham, 1968) ซึ่งแร่ที่เป็นผลึกมีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) ต่ำกว่าแร่ที่ไม่เป็นผลึก (Goldberg and Glaubig, 1985) จึงทำให้ดูดซับโบรอนได้น้อยลง นอกจากนั้น Schwertmann (1985) พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิดินและความชื้นในดินมีผลต่อการเปลี่ยนรูปของ Fe (III)ions ที่อยู่ในดิน โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและความชื้นในดินลดลงจะมีผลทำให้ Fe (III) ions เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปของผลึกมากขึ้น

ระดับความเข้มข้นของโบรอนที่เติมลงในดิน มีบทบาทต่อการแสดงอิทธิพลของความเปียกและแห้งที่มีต่อปริมาณการดูดซับโบรอนของดินต่างชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.02 mg B/l) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัยด้านดินกับปัจจัยความเปียกและแห้ง ทั้งที่ระดับ 25°ซ. และ 40°ซ. (Tables 2, 3 and 4) แต่เมื่อมีการเติมโบรอนในระดับสูงขึ้น(0.10 mgB/l) อิทธิพลของความเปียกและแห้งมีปฏิสัมพันธ์กับชนิดดินและชั้นความลึกของดิน

ณ อุณหภูมิ 25°ซ. ที่จำนวนรอบความ

**Table 1.** Some physical and chemical properties of studied soils

| Soil properties | Korat series (Kt)* | | Chokchai series (Ci) | |
|---|---|---|---|---|
| | 0-22 cm | 50-80 cm | 0-17 cm | 40-60 cm |
| pH (1:1 $H_2O$) | 6.75 | 6.65 | 4.70 | 4.65 |
| pH (1:1 KCl) | 5.35 | 5.25 | 3.70 | 3.80 |
| FC | 10.26 | 11.42 | 30.64 | 31.51 |
| Clay : <0.005 (%) | 7.72 | 9.15 | 50.00 | 70.00 |
| Organic Matter (%) | 1.46 | 0.50 | 1.64 | 1.05 |
| CEC ($NH_4OAC$) (me/100 g) | 5.29 | 7.50 | 9.02 | 8.76 |
| $CaCl_2$ extractable B (mg B/l) | 0.10 | 0.08 | 0.12 | 0.16 |
| Hot-$CaCl_2$ extractable B (mg B/l) | 0.08 | 0.05 | 0.12 | 0.13 |

* Kt and Ci are the soils developed from alluvium and residuum respectively

**Table 2.** Effect of wetting and drying on boron adsorption by two soil series received 0.02 and 0.10 mg B/l at 25°C

| Soil series | Adsorbed boron at 25°C (mg B/kg) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Added boron 0.02 mg B/l | | | Added boron 0.10 mg B/l | | |
| | 0 cycle | 1 cycle | 5 cycles | 0 cycle | 1 cycle | 5 cycles |
| Korat | 0.34 | 0.40 | 0.36 | 5.09f | 5.80c (14%)+ | 5.17e (2%)+ |
| Chokcha | 0.55 | 0.62 | 0.56 | 5.45d | 7.05a (29%) | 6.03b (11%) |
| Increase (%) | | | | 7 | 22 | 17 |
| F-test | | NS | | | ** | |
| CV (%) | | 8.64 | | | 0.56 | |

Means followed by a common letter are not significantly different at the 1 % level

NS = non-significant

\+ Value in parenthesis is the percentage increased a comparing to 0 cycle

**Table 3.** Effect of wetting and drying on boron adsorption by two soil series received 0.02 and 0.10 mg B/l at 40°C

| Soil series | Adsorbed boron at 40°C (mg B/kg) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Added boron 0.02 mg B/l | | Added boron 0.10 mg B/l | | Decrease (%) |
| | 1 cycle | 5 cycles | 1 cycle | 5 cycle | |
| Korat | 0.38 | 0.35 | 5.57b | 5.10d | 8 |
| Chokchai | 0.60 | 0.56 | 6.91a | 5.38c | 22 |
| Increase (%) | | | 24 | 6 | |
| F-test | | NS | | ** | |
| CV (%) | | 5.71 | | 0.49 | |

Means followed by a common letter are not significantly different at the 1 % level

NS = non-significant

**Table 4.** Effect of wetting and drying on surface and subsoil received 0.02 and 0.10 mg B/l at 25°C

| Soil | Adsorbed boron at 25°C (mg B/kg) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Added boron 0.02 mg B/l | | | Added boron 0.10 mg B/l | | |
| | 0 cycle | 1 cycle | 5 cycles | 0 cycle | 1 cycle | 5 cycles |
| Surface soil | 0.42 | 0.46 | 0.42 | 5.28d | 6.31b (20%)+ | 5.59c (6%) |
| Subsoil | 0.48 | 0.55 | 0.50 | 5.26d | 6.54a (24%) | 5.60c (6%) |
| Increase (%) | | | | - | 4 | - |
| F-test | | NS | | | ** | |
| CV (%) | | | 8.64 | | 0.56 | |

Means followed by a common letter are not significantly different at the 1 % level

NS = non-significant

\+ Value in parenthesis is the percentage increased comparing to 0 cycle

เปียกและแห้งเท่ากัน ดินโชคชัยดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินโคราช (Table 2) แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน ที่ระดับ 0 รอบ ดินโชคชัยดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินโคราช 7% แต่เมื่อเพิ่มความเปียกและแห้งเป็น 1 และ 5 รอบ ดินโชคชัยดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินโคราช 22 และ 17% ตามลำดับ อิทธิพลของความเปียกและแห้งต่อการดูดซับโบรอนของดินทั้งสองชนิดก็มีความแตกต่างกัน เมื่อเพิ่มความเปียกและแห้งจาก 0 รอบเป็น 1 และ 5 รอบ ดินโคราชดูดซับโบรอนได้เพิ่มขึ้น 14 และ 2% ตามลำดับ ส่วนดินโชคชัยดูดซับได้เพิ่มขึ้น 29 และ 11% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ 0 รอบ (Table 2)

ณ อุณหภูมิ 25 °ซ. อิทธิพลของความเปียกและแห้งมีปฏิสัมพันธ์กับชั้นความลึกของดิน (Table 4) การเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 1 หรือ 5 รอบ ทำให้ดินบนและดินล่างดูดซับโบรอนได้เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 1 รอบ แต่ที่ 5 รอบ การดูดซับโบรอนได้เพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่ลดลง แต่ปริมาณการดูดซับยังคงมากกว่าที่ 0 รอบ (Table 4) นอกจากนี้สัดส่วนการดูดซับโบรอนที่เพิ่มขึ้นของดินบนและดินล่างไม่เท่ากันเมื่อเพิ่มความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 1 รอบ ดินบนดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น 20% ส่วนดินล่างดูดซับเพิ่มขึ้น 24% การเพิ่มความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 5 รอบ ดินบนและดินล่างดูดซับโบรอนได้เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน (Table 4) และปริมาณโบรอนที่ดูดซับก็ไม่แตกต่างกัน

สำหรับที่อุณหภูมิ 40°ซ. และที่มีการเติมโบรอน 0.10 mgB/l อิทธิพลของความเปียกและแห้งมีปฏิสัมพันธ์กับชนิดดิน (Table 3) แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์กับชั้นของดิน (Table 5) (ที่อุณหภูมิ 40°ซ. ไม่มีการทดลองที่ความเปียกและแห้ง 0 รอบ) ชุดดินโชคชัยดูดซับโบรอนได้มากกว่าชุดดินโคราช ทั้งที่ 1 และ 5 รอบ (Table 3) แต่เพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่ต่างกัน เมื่อให้ดินเปียกและแห้ง 1 และ 5 รอบ ดินโชคชัยดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินโคราช 24 และ 6 % ตามลำดับ การลดลงของปริมาณการดูดซับโบรอนในดินโชคชัย อันเนื่องจากการเพิ่มจำนวนรอบความเปียกและแห้ง จาก 1 เป็น 5 รอบ มีมากกว่าดินโคราช โดยดินโชคชัยดูดซับโบรอนลดลง 22% และดินโคราชดูดซับโบรอนลดลง 8% (Table 3)

**2) อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการดูดซับโบรอน**

ในการเติมโบรอนที่ความเข้มข้น 0.02 และ 0.10 mgB/l โดยผ่านความเปียกและแห้ง 1 และ 5 รอบ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 25 และ 40°ซ. ที่ความเข้มข้น 0.02 mgB/l การดูดซับโบรอนของ 2 ชุดดิน หรือของชั้นดินบนและชั้นดินล่าง ที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2-6) แต่เมื่อเติมโบรอนเข้มข้นมากขึ้นเป็น 0.10 mgB/l พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ดินดูดซับโบรอนลดลง (Table 6) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Goldberg และคณะ (1993) และสุพจน์กับกนกพันธ์ (2536) ที่พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อการดูดซับโบรอน โดยปริมาณการดูดซับลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 40°ซ. และ 20 เป็น 30°ซ. ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับโบรอนเป็นชนิดให้พลังงานความร้อนออกมา (exothermic) หรือปฏิกิริยาคายความร้อน Keren

**Table 5.** Effect of wetting and drying on surface and subsoil received 0.02 mg B/l and 0.10 at 40°C

| Soil | Adsorbed boron at 40°C (mg B/kg) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Added boron 0.02 mg B/l | | | Added boron 0.10 mg B/l | | |
| | 1 cycle | 5 cycles | Ave. | 1 cycle | 5 cycles | Ave. |
| Surface | 0.45 | 0.41 | 0.43b | 6.19 | 5.20 | 5.70b |
| Subsoil | 0.53 | 0.49 | 0.51a | 6.30 | 5.27 | 5.79a |
| CV (%) | | 5.71 | | | 0.49 | |

Means followed by a common letter are not significantly different at the 1 % level

**Table 6.** Effect of temperature on boron adsorption by two soil series received 0.02 and 0.10 mg B/l

| Soil series | Adsorbed boron (mg B/l) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Added boron 0.02 mg B/l | | Added boron 0.10 mg B/l | | |
| | 25°C | 40°C | 25°C | 40°C | Decrease (%) |
| Korat | 0.38 | 0.36 | 5.48c | 5.34d | 3 |
| Chokchai | 0.59 | 0.58 | 6.54a | 6.14b | 6 |
| Increase (%) | | | 19 | 15 | |
| F-test | NS | | ** | | |
| CV (%) | 6.05 | | 0.53 | | |

Means followed by a common letter are not significantly different at the 1 % level

NS = non-significant

และ Mezuman (1981) และ Keren และ Sparks (1994) รายงานว่าเมื่อสารละลายมีโบรอนเข้มข้นมากขึ้น การดูดซับโบรอนในดินเพิ่มขึ้นด้วย การที่ไม่พบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการดูดซับโบรอน เมื่อเติมโบรอนเข้มข้นต่ำกว่า (0.02 mgB/l) อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นดังกล่าวต่ำเกินไป จนทำให้เกิดปฏิกิริยาได้จำกัด และไม่สามารถแยกความแตกต่างของปริมาณการดูดซับโบรอนได้

การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ดินดูดซับโบรอนลดลง แต่สัดส่วนการลดลงที่เกิดขึ้นในดินทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน (Table 6) ดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดชนิดที่พัดพามากับน้ำ (Kt) และชนิดที่เกิดอยู่กับที่ (Ci) ดูดซับโบรอนลดลง 3 และ 6% ตามลำดับ

ดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดต่างกันสามารถดูดซับโบรอนได้ต่างกัน ชุดดินโชคชัย ซึ่งเกิดจากวัตถุที่อยู่กับที่สามารถดูดซับโบรอนได้มากกว่าชุดดินโคราช ซึ่งเกิดจากวัตถุที่พัดพามากับน้ำ (Tables 2, 3 and 6) การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากชุดดินโชคชัยมีปริมาณเม็ดดินเหนียว (Table 1) และมีปริมาณเหล็กออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์สูงกว่าชุดดินโคราชซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ว่า การดูดซับโบรอนในดินเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแร่ดินเหนียวในดินเพิ่มขึ้น (Elrashidi and O'Connor, 1982; Goldberg *et al.*, 1993; Hingston, 1964; Keren and Mezuman, 1981) และปริมาณเหล็กออกไซด์และอะลูมิเนียมออกไซด์มากขึ้น (Bingham *et al.*, 1971)

นอกจากนั้นยังพบปฏิสัมพันธ์ ระหว่างชั้นของดินกับอิทธิพลของความเปียกและแห้ง ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว (Tables 4 and 5) แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชั้นของดินกับอิทธิพลของอุณหภูมิ

## สรุปผลการทดลอง

ที่อุณหภูมิ 25 °ซ. การเพิ่มจำนวนรอบของความเปียกและแห้งจาก 0 เป็น 1 รอบทำให้ดินดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มความเปียกและแห้งจาก 1 เป็น 5 รอบ ทำให้ดินดูดซับโบรอนลดลง ส่วนที่อุณหภูมิ 40°ซ. (ไม่มีตำรับทดลองความเปียกและแห้งที่ 0 รอบ) การเพิ่มความเปียกและแห้งจาก 1 เป็น 5 รอบให้ผลในทำนองเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 25°ซ.

ความเข้มข้นของโบรอนมีผลต่ออิทธิพลของอุณหภูมิ ที่ความเข้มข้นต่ำ (0.02 mgB/l) การเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 40°ซ. ไม่มีผลต่อปริมาณการดูดซับโบรอน แต่ที่ความเข้มข้นสูง (0.10 mgB/l) การเพิ่มอุณหภูมิทำให้การดูดซับโบรอนลดลง

ชุดดินโชคชัย (ดินที่กำเนิดจากวัตถุที่อยู่กับที่) ดูดซับโบรอนได้มากกว่าชุดดินโคราช (ดินที่กำเนิดจากวัตถุเคลื่อนย้ายมากับน้ำ) ดินล่างดูดซับโบรอนได้มากกว่าดินบน

อิทธิพลของความเปียกและแห้ง ต่อการดูดซับโบรอนของดิน มีปฏิสัมพันธ์กับอุณหภูมิชนิดดินและชั้นของดินปัจจัยความเปียกและแห้งของดินมีอิทธิพลต่อการดูดซับโบรอนของดินสูงกว่าปัจจัยอุณหภูมิ

## คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยผ่านโครงการศึกษาการดูดยึดและปลดปล่อยธาตุอาหารโบรอนของดินชุดต่างๆที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบัณฑิตวิทยาลัยสำหรับการสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัย และขอขอบคุณ รศ.ดร. สนั่น จอกลอย ดร.ปรเมศ บรรเทิง ภาค

วิชาพืชไร่ ดร.พรชัย ล้อวิลัย ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ นางจันทนา สรศิริ กรมวิชาการเกษตร นายประกอบกิจ ดังไธสง และนางสาวบุษบา บัวคำ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นางสาวมลฑา แพงมา และ นาวสาวมารยาท พุ่มไพบูลย์ สำหรับการพิมพ์บทความฉบับนี้ ขอขอบคุณภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม และห้องปฏิบัติการทางเคมี ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเตรียมตัวอย่างและการอนุญาตให้ใช้เครื่อง spectrophotometer ตลอดระยะเวลาการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

ทรงศักดิ์ จุนถิระพงศ์. 2539. อุตุนิยมวิทยาเกษตร. ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, บางพระ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 346 หน้า.

นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์ และชลาลัย แจ่มผล. 2544. การผันแปรของปริมาณฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย. กองภูมิอากาศ, กรมอุตุนิยมวิทยา. 208 หน้า.

นิรนาม. (ไม่ระบุปีพิมพ์). การแบ่งเขตพื้นที่ตามช่วงของฝนและโอกาสมีฝนตกเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายจังหวัดของประเทศไทย. ฝ่ายวิจัยทรัพยากรการเกษตร กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.

นิวัฒน์ หิรัญบูรณะ, ชัยวัฒน์ ชวชาติ, R. W. Bell และ J. F. Loneragan. 2537. การตอบสนองของถั่วลิสง ถั่วเหลือง และถั่วเขียวต่อความเข้มข้นของโบรอนในดินและพืชของภาคเหนือของประเทศไทย *ว. ดินและปุ๋ย*. 16: 168-173.

ผการัตน์ รัฐเขตต์. 2526. สาระน่ารู้เกี่ยวกับดินและสภาพโดยทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 56 หน้า.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2527. ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 250 หน้า.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2545. โบรอนจุลธาตุอาหารพืช. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 171 หน้า.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และประเทือง ปัญญา. 2531. อิทธิพลของโบรอนต่อผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9. หน้า 384-389. *ใน* รายงานการสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 7. 16-18 มีนาคม 2531. พัทยา.

สุพจน์ โตตระกูล และกนกพันธ์ พันธุ์สมบัติ. 2536. อิทธิพลของฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบสของดิน ความชื้นและอุณหภูมิที่มีต่อการดูดและการคายโบรอนในดิน. *ว.เกษตร* : 11-17

สุวพันธ์ รัตนะรัต และสำเนา เพชรฉวี 2537. ผลการทดสอบปุ๋ยโบรอนกับถั่วลิสงในไร่กสิกรภาคเหนือ ภาคตะวันนอกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศไทย. ว. *ดินและปุ๋ย* 16 (3): 187-203.

สิริพร กมลธรรม. 2543. การวิเคราะห์รูปแบบของน้ำฝนเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 100 หน้า.

Anon. 2000. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. CRC Press. New York. 247 p.

Bingham, F. T. and A. L. Page, 1971. Specific character of boron adsorption by an amorphous soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 891-893.

Elrashidi, M.A. and O'Connor, G.A. 1982. Boron adsorptin and desorption in soils. *Soil Sci.Soc. Am. J.* 46 : 27-31.

Goldberg, S., H.S. Forster and E.L. Heick. 1993. Temperature effects on boron adsorption by refence minerals ans soils. *Soil Sci.* 156: 316-321.

Goldberg, S. and R. A. Glaubig. 1985. Boron adsorption on aluminum and iron oxide mineral. *Soil Sci. Soc.Am. J.* 49: 1374-1379.

Hington, F. J. 1964. Reactions between boron and clays. *Aust. J. Soil Res.* 2: 83-95.

John, M. K., H.H. Chuah and J. H. Neufeld. 1975. Application of improved azomethin-H method to the determination of boron, in soil and plants. *Anal. Lett.* 8: 559-568.

Keren, R. and D.L. Sparks. 1994. Effect of pH and ionic strength on Boron Adsorption by Pyrophyllite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1095-1100.

Keren, R. and R.G. Gast. 1981. Effect of Wetting and Drying, and exchangeable cations, on boron Adsorption and release by montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 478-482.

Kerren, R. and U. Mezuman. 1981. Adsorption by Soils Using a Phenomenological Adsorption Equation. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 722-726.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London. 674 p.

Rerkasem, B. R., R. W. Netsangtip., J. F. Bell., N. Leneragan. and N. Hiranburana. 1988. Comparative species response to boron on a Jypic Tropaqualf in Northern Thailand. *Plant Soil* 106: 15-21.

Schwertmann, J. 1985. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals, *Advances in soil Science. Volume I.*

Shorrocks, V. M. 1991. Boron-A global appraisal of the occurrence, diagnosis

and correction of boron deficiency. Pages 39-53. *In* Proceedings of the International Symposium on the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant Nutrition. China.

Sims, J.R. and F.T. Bingham. 1968. Relation of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials: II sequioxides. *Soil Sci. Am. J.* 32: 364-369.

Yewmiyaho, U., R. Keren and Y. Chen. 1988. Boron sorption on composted organic matter. *Soil Sci. Am. J.* 52 : 1309-1313.