

# ระดับวิกฤตและความสามารถในการให้ธาตุทองแดงของชุดดิน ตาคลี เลย และโคราช สำหรับการผลิตข้าวโพด

## Copper Critical Levels and Supplying Powers of Takhli, Loei, and Khorat Soil Series for Corn Production

จิราณี วานิชกุล<sup>1</sup> อำนาจ สุวรรณฤทธิ์<sup>2</sup> และ ปรีดา พากเพียร<sup>3</sup>  
Chiranee Vanichkul, Amnat Suwanarit and Preeda Parkpian

---

### ABSTRACT

Pot experiments were conducted to examine critical levels and supplying powers of Cu in Takhli, Loei and Khorat soil series, as well as reliabilities of two methods of soil analysis, i.e., extraction with 0.1 N HCl and extraction with DTPA. Samples of the three soils were applied with different rates of CuCl<sub>2</sub> and then repeatedly cropped with corn in small pots until a difference in corn dry matter was found between Treatments receiving different rates of Cu. Soil samples were taken before each cropping for analyses of available Cu by the two analytical methods mentioned above.

Results showed that the three soils were not deficient in Cu. However, copper status of Takhli and Khorat soils were close to the critical levels. It was estimated that annual corn cropping could be practiced for at least 5, 37 and 2 years on Takhli, Loei, and Khorat soils, respectively before response of corn to Cu application could be obtained.

Narrowest ranges of extracted Cu that covered critical levels for Takhli, Loei and Khorat soils were 0.40 - 0.45, 1.05 - 1.30 and 0.25 - 0.35 ppm, respectively when extracted with 0.1 N HCl and were 3.0 - 3.3, 2.4 - 2.7 and 0.8 - 0.9 ppm, respectively when extracted with DTPA. Considering the three soils as one group, the narrowest ranges were 0.35 - 1.05 and 0.9 - 3.0 ppm for extractions with 0.1 N HCl and with DTPA, respectively. Narrowest ranges of Cu concentrations in corn plants were 5.6 - 6.8, 4.7 - 4.7 and 3.5 - 3.7 ppm for Takhli, Loei, and Khorat soils, respectively. Considering the three soils as one group, the narrowest range of Cu in plants was 3.7 - 5.6 ppm.

It was concluded that extraction with 0.1 N HCl gave more reliable prediction than extraction with DTPA. However, differences in critical levels found for each soil suggested that Cu concentration in plants would provide more reliable prediction than amounts of Cu extracted from soils by the two methods.

**Key words :** assessment, copper, corn, critical level, reserve, soils, supplying power

---

1 วิทยาลัยครูหมู่บ้านจอมบึง จ.ราชบุรี

Chombung Village Teacher Training College, Rajburi Province, Thailand.

2 ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;

Dept. of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

3 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

Soil Science Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand.

## บทคัดย่อ

ได้ทำการทดลองในกระถาง เพื่อศึกษาระดับวิกฤตและความสามารถในการให้ธาตุทองแดงของชุดดินดาคลี เลย และโคราช โดยใส่ปุ๋ยทองแดงอัตราต่างๆ และปลูกข้าวโพดบนดินปริมาณน้อยๆ ซ้ำๆ กัน จนถึงข้าวโพดที่ปลูกบนดินที่ได้รับปุ๋ยอัตราต่างกันให้น้ำหนักแห้งแตกต่างกัน ก่อนปลูกทุกครั้งสกัดปริมาณทองแดงในดินด้วย 0.1 N HCl และ DTPA เพื่อเปรียบเทียบวิธีสกัด

ดินดาคลี เลย และโคราชไม่ขาดธาตุทองแดง แต่ดินดาคลีและโคราชมีปริมาณทองแดงต่ำเกือบถึงระดับที่ไม่พอเพียงกับความต้องการของข้าวโพด ดินทั้งสามนี้มีทองแดงเพียงพอที่จะใช้ปลูกข้าวโพดต่อไปได้อีกอย่างน้อย 5, 37 และ 2 ปี ตามลำดับ ก่อนที่ข้าวโพดจะตอบสนองต่อปุ๋ยทองแดง ช่วงที่แคบที่สุด สำหรับปริมาณทองแดงที่สกัดโดย 0.1 N HCl ที่ครอบคลุมระดับวิกฤตในดินดาคลี เลย และโคราช อยู่ระหว่าง 0.40 - 0.45, 1.05 - 1.30 และ 0.25 - 0.35 ppm ตามลำดับ หากพิจารณารวมทั้งสามดินจะอยู่ระหว่าง 0.35 - 1.05 ppm เมื่อสกัดดินด้วย DTPA ช่วงดังกล่าวสำหรับดินดาคลี เลย และโคราชอยู่ระหว่าง 3.0 - 3.3, 2.4 - 2.7 และ 0.8 - 0.9 ppm ตามลำดับ และหากพิจารณาสามดินอยู่ระหว่าง 0.9 - 3.0 ppm ช่วงที่แคบที่สุดของความเข้มข้นของทองแดงในดินข้าวโพดที่ครอบคลุมระดับวิกฤตสำหรับดินทั้งสาม คือ 5.6 - 6.8, 4.7 - 4.7 และ 3.5 - 3.7 ppm สำหรับดินดาคลี เลย และโคราช ตามลำดับ และ ระหว่าง 3.7 - 5.6 ppm เมื่อพิจารณารวมทั้งสามดิน การวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในดินโดยวิธี 0.1 N HCl ให้ค่าที่น่าเชื่อถือกว่าวิธี DTPA แต่ความแตกต่างระหว่างระดับวิกฤตที่พบในแต่ละดินชี้แนะว่า ความเข้มข้นของทองแดงในดินข้าวโพดน่าจะใช้ประเมินสถานภาพของทองแดงในดินได้ดีกว่าวิธีทั้งสองข้างต้น

## คำนำ

ถึงแม้ว่ายังไม่มีรายงานการขาดธาตุทองแดงในข้าวโพดในสภาพไร่ในประเทศไทย แต่การปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดปัญหาการขาดธาตุทองแดงกับข้าวโพดในอนาคตได้ ประกอบกับ Asher *et al.* (1970) รายงานว่า ดินเลย อาจมีทองแดงและสังกะสีต่ำจนไม่พอเพียงกับความต้องการของพืช และ ปรีดาและคณะ (2527) รายงานว่าดินโคราชมีปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดินทั้งสองนี้เป็นดินที่ครอบคลุมเนื้อที่ปลูกพืชไร่จำนวนมาก นอกจากนั้น ดินที่เป็นค่า เช่น ดินดาคลี ซึ่งเป็นดินที่สำคัญที่ใช้ปลูกข้าวโพด มีแนวโน้มที่จะขาดจุลธาตุ เช่น สังกะสี และ ทองแดง ฉะนั้น จึงควรทำการศึกษาสถานภาพและความสามารถในการให้ธาตุทองแดง คัดเลือกวิธีวิเคราะห์เคมีที่เหมาะสมสำหรับประเมินสถานภาพของธาตุทองแดงในดิน และค้นหาระดับวิกฤตของธาตุทองแดง เพื่อใช้ประกอบการให้คำแนะนำที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองที่รายงานนี้ทำขึ้นเพื่อ (1) ค้นหาระดับวิกฤตในดินและในพืชสำหรับธาตุทองแดงในดินดาคลี เลย และโคราช (2) ตรวจสอบความสามารถในการปลดปล่อยธาตุทองแดงในดินทั้งสามนี้ให้แก่ข้าวโพด และ (3) เปรียบเทียบวิธีสกัดทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินโดย 0.1 N HCl และ DTPA ซึ่งนับได้ว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในปัจจุบัน (Lindsay and Norvell, 1978; Baker and Amacher, 1982)

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในกระถาง ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการทดลองของ Suwanarit and Narkviroj (1976) ใช้ดินที่มีลักษณะตรงตามลักษณะของชุดดินดาคลี ชุดดินเลย และชุดดินโคราช จากแหล่งปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา เก็บตัว

อย่างดินที่ความลึก 0 - 15 เซนติเมตร สมบัติของดินทั้งสามแสดงใน Table 1

นำดินมาใส่  $CuCl_2$  ในปริมาณเทียบเท่ากับ 0, 0.8, 1.5, 2.0, 3.0 และ 5.0 กิโลกรัมทองแดงต่อไร่ อัตราสูงสุดของทองแดงที่ใส่อยู่ในระดับที่คาดว่าเกินระดับวิกฤตที่เคยรายงานไว้โดย Lindsay and Norvell (1978) แบ่งดินในปริมาณเท่ากับดินแห้ง 3 กิโลกรัมใส่กระถางดินเผาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตรที่หุ้มด้วยถุงพลาสติก แล้วนำไปวางบนจานรองซึ่งหุ้มด้วยถุงพลาสติกเช่นเดียวกัน นำกระถางพร้อมจานรองไปวางในเรือนปลูกทดลอง

ปลูกข้าวโพดอีกเช่นเดียวกับครั้งแรก ปลูกข้าวโพดชั้นต้นข้าวโพดแสดงความแตกต่างในด้านน้ำหนักแห้งของต้นระหว่างคาร์บอทดลอง ซึ่งต้องปลูกข้าวรวม 6 ครั้ง

นำตัวอย่างดินที่เก็บก่อนปลูกข้าวโพดแต่ละครั้งไปตากแห้ง และวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในดินโดยสกัดด้วย 0.1 N HCl ตามวิธีของ Baker and Amacher (1982) และวิธี DTPA (pH 7.3) ตามวิธีของ Lindsay and Norvell (1978) ย่อยตัวอย่างพืชโดยใช้กรดผสมตามที่ได้อธิบายไว้โดย ทศนีย์ และ จงรักษ์ (2527) วัดปริมาณทองแดงในสารสกัดจากดินและพืชโดย atomic absorption spectrophotometer

**Table 1** Chemical and physical properties of the soils used<sup>1</sup>.

Soil series	pH Soil: water, 1:1	Texture	O.M. %	Avail. P ppm	Exchangeable cations CEC ppm			me (100 g) <sup>-1</sup>
					K	Ca	Mg	
Takhli	7.4	Sandy clay loam	4.9	13	260	8,800	170	62.8
Loei	6.2	Clay loam	2.2	78	190	1,320	190	9.1
Khorat	5.2	Loamy sand	0.8	10	45	192	90	2.3

<sup>1</sup> % OM by Walkley and Black (1934)'s method; Available P by Bray No.2 method (Jackson, 1958); Exchangeable cations by methods described by Pratt (1965); CEC by sodium saturation (Chapman, 1965).

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) มี 3 ซ้ำ โดยอัตราปุ๋ยทองแดงที่กล่าวแล้วข้างต้นเป็นคาร์บอทดลอง 6 คาร์บ ปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ-1 กระถางละ 3 ต้น ให้ธาตุอาหารอื่นๆ อย่างเพียงพอ รักษาความชื้นขึ้นของดินโดยใช้น้ำกลั่นใส่ลงในจานรองกระถาง เก็บเกี่ยวเมื่อต้นข้าวโพดออกดอกตัวผู้ร้อยละ 50 ขึ้นไป นำตัวอย่างข้าวโพดส่วนเหนือดินไปอบแห้ง ชั่งน้ำหนักและบดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณทองแดง

หลังเก็บเกี่ยวแล้ว ทุบดินทั้ง 3 ซ้ำของแต่ละคำรวบรวมกัน แยกรากข้าวโพดออก แล้วสุ่มตัวอย่างดิน 80 กรัม เพื่อสกัดทองแดงด้วย 0.1 N HCl และ DTPA ซึ่งบรรยายไว้ในย่อหน้าถัดไป แล้วแบ่งดินที่เหลือทั้งหมดใส่กระถางเดิม โดยให้ดินแต่ละกระถางมีน้ำหนักเท่าๆ กัน

ในการศึกษครั้งนี้ถือว่าระดับวิกฤต คือ ระดับทองแดงที่เริ่มทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดส่วนเหนือดินลดลง เมื่อเทียบกับระดับทองแดงที่สูงกว่า

### ผลและวิจารณ์

#### อาการขาดธาตุทองแดง

ต้นข้าวโพดที่ปลูกบนดินดาคลี และเลขไม่แสดงอาการขาดทองแดงที่สังเกตได้ด้วยสายตา (deficiency symptom) ในตำรับใดๆ ทุกครั้งที่ปลูก แต่ต้นข้าวโพดจากตำรับที่ 1 ที่ปลูกบนดินโคราชแสดงอาการคล้ายคลึงกับอาการขาดทองแดงซึ่งรายงานโดย Krantz and Mel-

sted (1964)คือ มีสีเขียวระหว่างเส้นใบของใบอ่อน ในการปลูกครั้งที่ 3, 5 และ 6

**ผลผลิตน้ำหนักแห้งและดำรับที่บ่งบอกระดับวิกฤต**

น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดที่ปลูกบนดินคาคลี (Figure 1) แตกต่างกันในการปลูกครั้งที่ 2, 5 และ 6

น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดที่ปลูกบนดินโคราช (Figure 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการปลูกครั้งที่ 2, 3, 5 และ 6 แสดงว่า ดินทั้งสองนี้มีปริมาณทองแดงใกล้เคียงระดับที่ไม่เพียงพอต่อข้าวโพด ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดที่ปลูกบนดินเลยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการปลูกครั้งที่ 6 (Figure 2) แสดงว่า

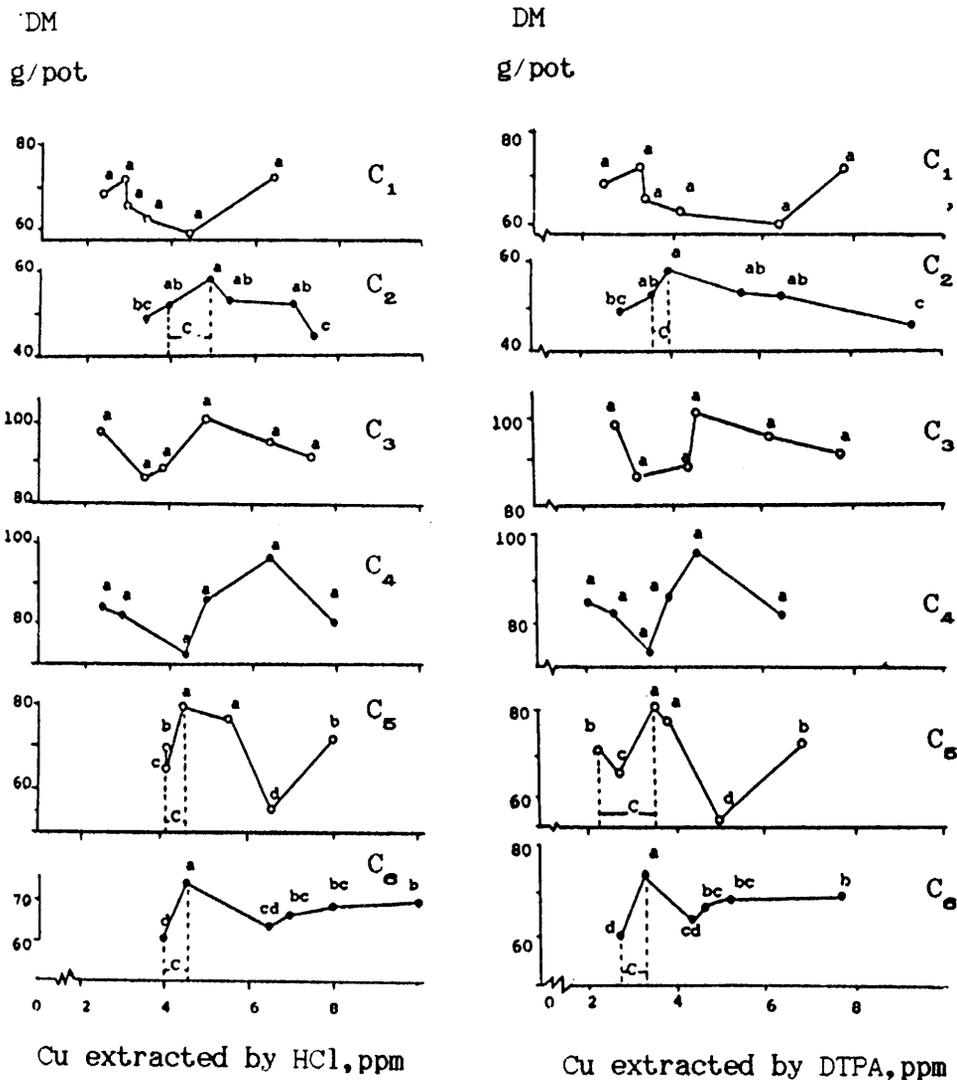


Figure 1 Locations of ranges of Cu extracted from soils before each cropping, covering the critical level (C) obtained from each cropping in Takhli soil when extracted with 0.1 H HCL and DTPA. C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> and C<sub>6</sub> represent cropping numbers 1, 2, 3, 4, 5 and 6, respectively. DM represents dry matter of corn plants. On the same line, points with a common letter represent data which are not different by DMRT<sub>.05</sub>.

ชุดดินเลยที่ทำการศึกษายังไม่ขาดธาตุทองแดง

ในกรณีดินตาคลี พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง คำรับที่ 1 กับ คำรับที่ 2 หรือ 3 หรือทั้งคำรับที่ 2 และ 3 แล้วแต่กรณี เมื่อพิจารณาจากผลของปุ๋ยต่อน้ำหนักแห้งอาจประมาณได้ว่า ระดับวิกฤตต่ำสำหรับดินตาคลีอยู่ระหว่างระดับทองแดงในดินก่อนปลูกของ

(1) คำรับที่ 2 และ 3 ในการปลูกครั้งที่ 6 (2) คำรับที่ 1 และ 3 ในการปลูกครั้งที่ 5 และ (3) คำรับที่ 1 และ 2 ในการปลูกครั้งที่ 6 และ ระหว่างความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดที่ปลูกในคำรับและครั้งที่ปลูกดังกล่าวแล้ว  
ในดินเลย พบความแตกต่างในด้านน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดระหว่างคำรับที่ 1 และ 2 ในการปลูกครั้งที่

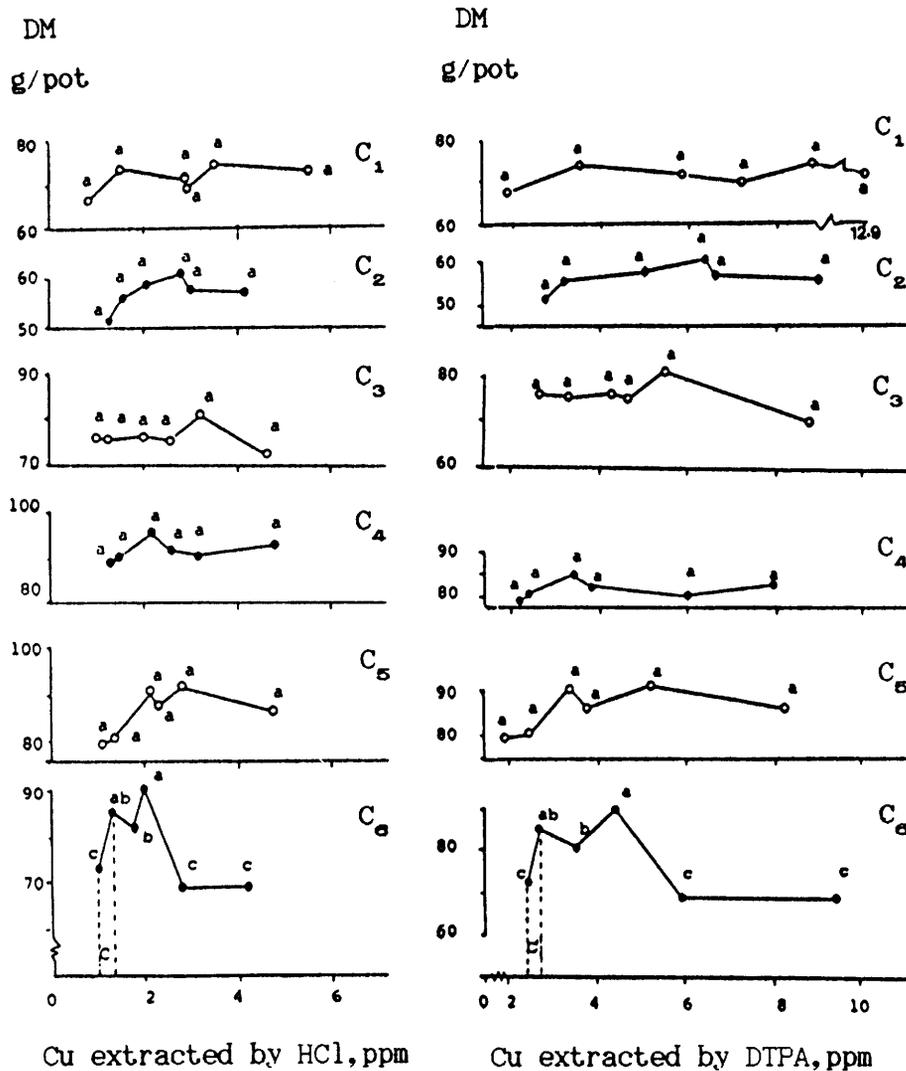


Figure 2 Locations of ranges of Cu extracted from soils before each cropping, covering the critical level (C) obtained from each cropping for Loei soil when extracted with 0.1 N HCL and DTPA. Refer to Figure 1 for further captions.

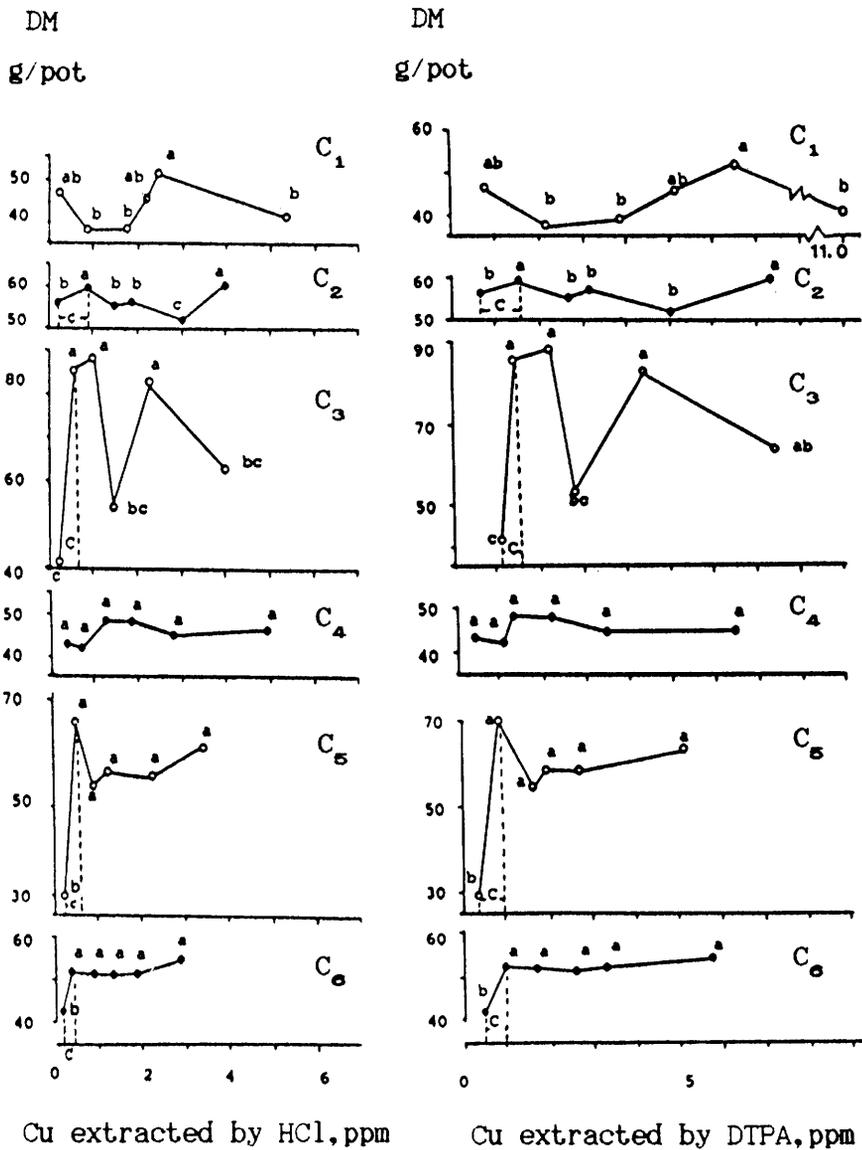


Figure 3 Locations of ranges of Cu extracted from soids before each cropping, covering the critical level (C) obtained from each cropping for Khorat soil when extracted with 0.1 N HCL and DTPA. Refer to Figure 1 for further captions.

6 แสดงว่าระดับวิกฤตสำหรับดินเลยอยู่ระหว่างระดับทองแดงในดินก่อนปลูกของตำรับที่ 1 และ 2 ในการปลูกครั้งที่ 6 และระหว่างความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดที่ปลูกในตำรับและครั้งที่ปลูกดังกล่าวแล้ว สำหรับดินโคราช พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับที่ 1 กับ ตำรับที่ 2 ในการปลูก

ทุกครั้งที่พบความแตกต่างทางสถิติ คือ ครั้งที่ 2, 3, 5 และ 6 แสดงว่าระดับวิกฤตอยู่ระหว่างระดับทองแดงในดินก่อนปลูกของตำรับที่ 1 และ 2 ในการปลูกครั้งที่ 2, 3, 5 และ 6 และระหว่างความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดที่ปลูกในตำรับและครั้งที่ปลูกดังกล่าว

**Table 2** Cu concentration (ppm) in corn plants from each cropping as affected by rates of Cu applied to Takhli, Loei, and Khorat soil series.

Soil	Cu appli- cation, Kg rai <sup>-1</sup>	Cropping number <sup>1</sup>					
		1	2	3	4	5	6
Takhli	0.0	3.5 <sup>d</sup>	6.8 <sup>b</sup>	2.9 <sup>c</sup>	3.9 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	5.6 <sup>bc</sup>
	0.8	4.1 <sup>c</sup>	6.5 <sup>b</sup>	3.7 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>
	1.5	4.1 <sup>c</sup>	6.7 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	5.6 <sup>bc</sup>
	2.0	3.8 <sup>bc</sup>	6.8 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b</sup>	5.9 <sup>bc</sup>
	3.0	5.4 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	4.4 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>
	5.0	4.7 <sup>b</sup>	8.9 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>
	%CV	6.5	6.7	12.8	9.9	4.4	6.7
Loei	0.0	2.6 <sup>d</sup>	3.6 <sup>c</sup>	3.5 <sup>c</sup>	3.5 <sup>c</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.7 <sup>c</sup>
	0.8	3.3 <sup>cd</sup>	4.7 <sup>c</sup>	4.2 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>bc</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>c</sup>
	1.5	3.5 <sup>bc</sup>	6.5 <sup>b</sup>	4.4 <sup>bc</sup>	3.6 <sup>c</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>
	2.0	4.2 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>b</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>c</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>
	3.0	4.2 <sup>ab</sup>	7.4 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>
	5.0	4.4 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	%CV	12.0	12.7	10.5	3.9	6.8	6.2
Khorat	0.0	2.0 <sup>d</sup>	3.5 <sup>d</sup>	2.2 <sup>f</sup>	2.9 <sup>d</sup>	3.7 <sup>d</sup>	3.4 <sup>d</sup>
	0.8	4.8 <sup>c</sup>	4.8 <sup>c</sup>	3.5 <sup>e</sup>	4.1 <sup>d</sup>	4.0 <sup>d</sup>	5.0 <sup>d</sup>
	1.5	6.0 <sup>bc</sup>	7.6 <sup>b</sup>	4.6 <sup>d</sup>	4.1 <sup>c</sup>	5.9 <sup>c</sup>	7.8 <sup>c</sup>
	2.0	5.9 <sup>c</sup>	8.6 <sup>b</sup>	8.4 <sup>c</sup>	6.7 <sup>bc</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.8 <sup>c</sup>
	3.0	7.1 <sup>b</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	9.3 <sup>a</sup>	11.1 <sup>b</sup>
	5.0	10.7 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>
	%CV	13.0	10.4	4.9	16.6	12.6	15.1

<sup>1</sup> In a column, data with a common letter were not different at the 5% level by DMRT.

### ทองแดงในพืชและระดับวิกฤต

ความเข้มข้นของธาตุทองแดงในต้นข้าวโพดที่ปลูกบนดินทั้งสามส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยทองแดงช่วงที่แคบที่สุดของปริมาณทองแดงในต้นข้าวโพดที่ครอบคลุมระดับวิกฤตอยู่ระหว่าง 5.6 - 6.8, 4.7 - 4.7 และ 3.5 - 3.7 ppm สำหรับดินตาคลี เลย และโคราช ตามลำดับ (Table 2) และระหว่าง 3.7 - 5.6 ppm เมื่อพิจารณาารวมกันทั้งสามดิน ระดับวิกฤตที่ได้ในการศึกษานี้ต่ำกว่าความเข้มข้นของทองแดงที่ระดับวิกฤตในต้นข้าวโพดที่ Lockman (1969) รายงานไว้ ซึ่งเท่ากับ 7 - 20 ppm ปริมาณทองแดงที่ต้นข้าวโพดดึงดูดทั้งหมดส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ย (Table 3)

### ปริมาณทองแดงในดินและระดับวิกฤต

ปริมาณทองแดงในดินที่สกัดโดย 0.1 N HCl ก่อนปลูกข้าวโพดแต่ละครั้งสำหรับดินทั้งสามเพิ่มตามปริมาณปุ๋ย (Figures 1, 2, 3) ปริมาณทองแดงในดินตาคลีมีแนวโน้มที่จะสกัดได้สูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งของการปลูกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลง pH ของดินซึ่งพบว่าเมื่อมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลูกข้าวโพดซ้ำมากขึ้น ปริมาณทองแดงที่สกัดจากดินเลยมากกว่าจากอีกสองดิน และความแตกต่างระหว่างปริมาณทองแดงที่สกัดได้จากแต่ละตำรับปุ๋ยที่สกัดได้ก็สูงกว่าด้วย ปริมาณทองแดงในดินโคราชลดลงในการปลูกครั้งที่ 5 และ 6

**Table 3** Amounts of Cu, mg (1-ton soil)-1, taken up by corn plants in each cropping as affected by rates of Cu applied to Takhli, Loei and Khorat soil series.1.

Soil	Cu appli- cation, Kg rai <sup>-1</sup>	Cropping number					
		1	2	3	4	5	6
Takhli	0.0	80 <sup>b</sup>	112 <sup>c</sup>	88 <sup>d</sup>	119 <sup>bc</sup>	172 <sup>ab</sup>	131 <sup>d</sup>
	0.8	90 <sup>ab</sup>	116 <sup>bc</sup>	102 <sup>d</sup>	105 <sup>cd</sup>	160 <sup>bc</sup>	150 <sup>bc</sup>
	1.5	90 <sup>ab</sup>	133 <sup>ab</sup>	137 <sup>c</sup>	91 <sup>d</sup>	198 <sup>a</sup>	135 <sup>cd</sup>
	2.0	90 <sup>ab</sup>	123 <sup>abc</sup>	194 <sup>b</sup>	109 <sup>c</sup>	198 <sup>a</sup>	150 <sup>bc</sup>
	3.0	170 <sup>a</sup>	113 <sup>abc</sup>	183 <sup>b</sup>	130 <sup>ab</sup>	138 <sup>c</sup>	162 <sup>b</sup>
	5.0	113 <sup>a</sup>	137 <sup>a</sup>	468 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	194 <sup>a</sup>	196 <sup>a</sup>
	%CV		12.7	8.4	12.6	7.1	8.8
Loei	0.0	57 <sup>d</sup>	65 <sup>d</sup>	92 <sup>c</sup>	112 <sup>b</sup>	112 <sup>b</sup>	131 <sup>c</sup>
	0.8	83 <sup>c</sup>	89 <sup>c</sup>	113 <sup>d</sup>	119 <sup>b</sup>	168 <sup>a</sup>	154 <sup>b</sup>
	1.5	83 <sup>c</sup>	130 <sup>b</sup>	116 <sup>b</sup>	119 <sup>b</sup>	190 <sup>a</sup>	177 <sup>a</sup>
	2.0	97 <sup>b</sup>	130 <sup>b</sup>	137 <sup>a</sup>	119 <sup>b</sup>	205 <sup>a</sup>	181 <sup>a</sup>
	3.0	103 <sup>ab</sup>	147 <sup>a</sup>	148 <sup>a</sup>	130 <sup>ab</sup>	213 <sup>a</sup>	139 <sup>c</sup>
	5.0	113 <sup>a</sup>	157 <sup>b</sup>	137 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	187 <sup>a</sup>	189 <sup>b</sup>
	%CV		8.7	7.3	7.7	8.6	13.2
Khorat	0.0	30 <sup>f</sup>	65 <sup>c</sup>	35 <sup>d</sup>	47 <sup>c</sup>	41 <sup>d</sup>	62 <sup>c</sup>
	0.8	60 <sup>c</sup>	99 <sup>d</sup>	88 <sup>c</sup>	62 <sup>c</sup>	104 <sup>c</sup>	100 <sup>d</sup>
	1.5	77 <sup>d</sup>	144 <sup>c</sup>	140 <sup>b</sup>	101 <sup>b</sup>	119 <sup>c</sup>	154 <sup>c</sup>
	2.0	87 <sup>c</sup>	164 <sup>c</sup>	158 <sup>b</sup>	112 <sup>b</sup>	160 <sup>b</sup>	154 <sup>c</sup>
	3.0	120 <sup>b</sup>	198 <sup>b</sup>	137 <sup>a</sup>	127 <sup>ab</sup>	198 <sup>a</sup>	223 <sup>b</sup>
	5.0	140 <sup>a</sup>	246 <sup>a</sup>	285 <sup>a</sup>	148 <sup>a</sup>	202 <sup>a</sup>	278 <sup>a</sup>
	%CV		18.2	9.9	15.8	15.7	13.9

<sup>1</sup> Refer to Table 2 for further description.

ปริมาณทองแดงในดินทั้งสาม เมื่อสกัดด้วย DTPA เพิ่มขึ้นตามลำดับปุ๋ยเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณที่สกัดได้สูงกว่าปริมาณที่สกัดโดย 0.1 N HCl ปริมาณทองแดงที่สกัดจากดินตาคลีและเลยใกล้เคียงกัน และจากดิน

โคราชน้อยที่สุด ช่วงที่ครอบคลุมระดับวิกฤตของปริมาณทองแดงในดินทั้งสามแสดงใน Table 4

เมื่อพิจารณารวมทั้ง 3 ดิน ระดับวิกฤตสำหรับปริมาณทองแดงที่สกัดด้วย DTPA สูงกว่าที่ Lindsay and

**Table 4** Narrowest ranges covering critical levels of Cu in Takhli, Loei, and Khorat soil series extracted by 0.1 N HCl and DTPa (pH 7.3), critical levels in corn plants and number of croppings conducted before a response to the applied Cu was first observed.

	Ranges of extracted Cu, ppm		Cu in plants ppm	Number of cropping
	0.1 N HCl	DTPA		
Takhli	0.40 - 0.45	3.0 - 3.3	5.6 - 6.8	1
Loei	1.05 - 1.30	2.4 - 2.7	4.7 - 4.7	5
Khorat	0.25 - 0.35	0.8 - 0.9	3.5 - 3.7	1
All soils	0.35 - 1.05	0.9 - 3.0	3.7 - 5.6	-

Norvell (1978) รายงานไว้ซึ่งเท่ากับ 0.2 ppm

### ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ทองแดงในดินกับตัวแปรในพืช

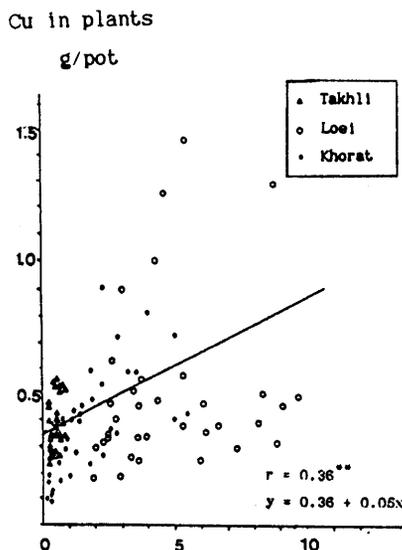
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทองแดงที่สกัดจากดินโดย 0.1 N HCl และ DTPA กับปริมาณที่ข้าวโพดดูดและกับความเข้มข้นของทองแดงในต้นข้าวโพด (Figures 4, 5) ให้ค่า  $r$  (coefficient of variation) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติทุกกรณีและทั้งสองวิธีให้ค่าดังกล่าวใกล้เคียงกันมากเมื่อคำนวณรวมกันทั้งสามดิน แต่เมื่อคำนวณแยกแต่ละดิน การสกัดด้วย 0.1 N HCl ให้ค่า  $r$  สูงกว่า (เป็นส่วนใหญ่) หรือเท่ากับวิธีสกัดด้วย DTPA ทั้งในกรณีปริมาณและเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพด เป็นที่น่าสังเกตว่า มีเพียงกรณีเดียวที่ค่าวิเคราะห์ดินให้ค่า  $r$  ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับทองแดงในพืช คือ กรณีความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ดินเลย (ทั้งโดยใช้ HCl และ DTPA) กับปริมาณทองแดงที่ต้นข้าวโพดดูดปรากฏการณ์นี้เป็นสิ่งที่สนับสนุนผลการทดลองนี้ที่กล่าวแล้วข้างต้นในประเด็นที่ว่า ในการปลูกส่วนใหญ่ในการทดลองนี้ ดินเลยมีทองแดงสูงและไม่เป็นตัวจำกัด

การเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยสามารถปลูกข้าวโพดในการทดลองนี้ได้ถึง 5 ครั้งจึงตอบสนองต่อปุ๋ยทองแดงจึงทำให้ปริมาณทองแดงที่ข้าวโพดดูดไม่ผันแปรตามความเป็นประโยชน์ของทองแดงในดิน

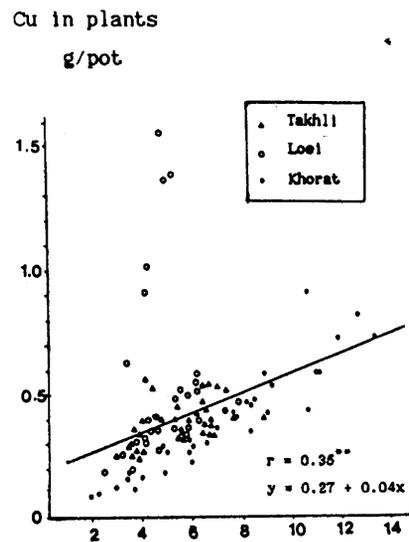
### เปรียบเทียบระหว่างการประเมินโดย HCl, DTPA และ ความเข้มข้นในพืช

ปริมาณทองแดงที่สกัดโดย 0.1 N HCl และ DTPA จากดินทั้งสามมีความสัมพันธ์กันในระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 6) อย่างไรก็ตาม การกระจายของจุดในกราฟความสัมพันธ์แสดงอย่างชัดเจนว่า ค่าวิเคราะห์โดย 0.1 N HCl ต่ำกว่าค่าวิเคราะห์โดย DTPA มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินตากลิ ซึ่งเป็นดินด่าง ให้ความแตกต่างสูงกว่าในกรณีดินเลยและดินโคราชซึ่งเป็นดินกรดมาก

เมื่อพิจารณาจากสหสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ดินกับตัวแปรจากพืช ซึ่งแสดงว่า วิธีที่ใช้ 0.1 N HCl สกัดน่าจะให้ความเชื่อถือในการประเมินความเป็นประโยชน์ของทองแดงในดินได้สูงกว่าวิธีที่ใช้ DTPA และช่วงที่แคบที่สุดที่ครอบคลุมระดับวิกฤตรวมทั้งสามดินซึ่งมีความกว้างของช่วงใกล้เคียงกันมาก อาจกล่าวได้ว่า



Cu in soils extracted by HCl, ppm



Cu in soils extracted by DTPA, ppm

Figure 4 Relation between amounts of Cu in soils extracted by HCl and DTPA and the amounts of Cu in corn plants for Takhli, Loei and Khorat soils.

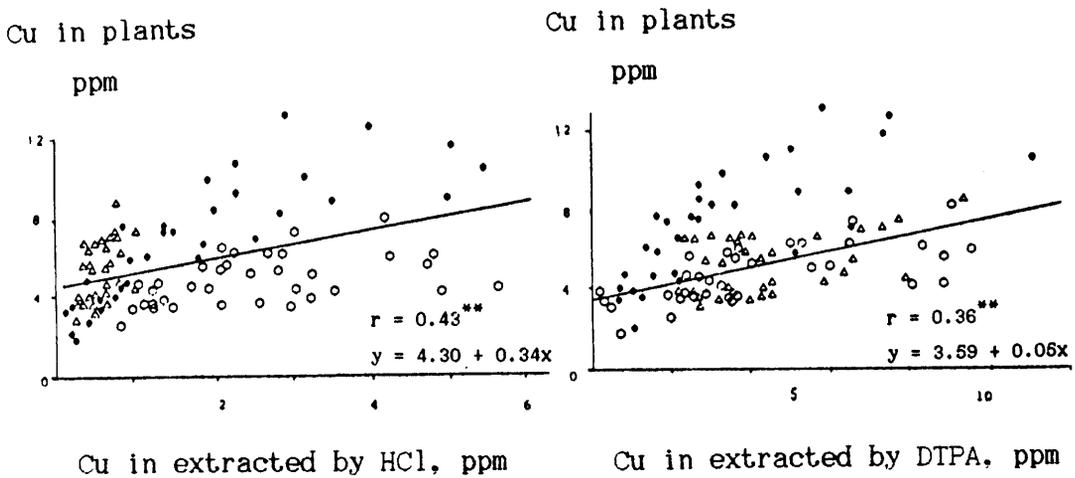


Figure 5 Relation between amounts of Cu in soils extracted by HCl and DTPA and concentration of Cu in corn plants grown on Takhli, Loei and Khorat soils.

r for Takhli soils	= 0.54**	by HCl (y = 3.14+4.27x)
	= 0.49**	by DTPA (y = 3.49+0.42x)
r for Loei soils	= 0.40*	by HCl (y = 3.83+0.40x)
	= 0.40*	by DTPA (y = 3.89+0.18x)
r for Khorat soils	= 0.18**	by HCl (y = 3.85+1.77x)
	= 0.76**	by DTPA (y = 3.98+0.96x)

Refer to Figure 4 for further captions.

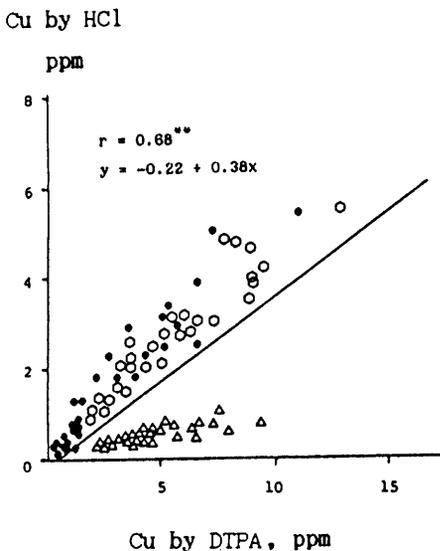


Figure 6 Relation between amounts of Cu in soils before each cropping extracted by HCl and those extracted by DTPA for Takhli, Loei and Khorat soils.

r for Takhli soils	= 0.81**	(y = 0.12+0.09x)
r for Loei soils	= 0.95**	(y = 0.23+0.45x)
r for Khorat soils	= 0.94**	(y = 0.05+0.55x)

Refer to Figure 4 for further captions.

การประเมินโดยใช้ 0.1 N HCl จะให้ความแม่นยำสูงกว่าวิธีที่ใช้ DTPA เล็กน้อย เมื่อพิจารณาจากของสารที่ใช้สกัดประกอบด้วย จึงสมควรที่จะใช้วิธีสกัดด้วย HCl มากกว่าวิธีสกัดด้วย DTPA อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ช่วงที่แคบที่สุดของความเข้มข้นของทองแดงในต้นข้าวโพดที่ครอบคลุมระดับวิกฤตแคบกว่าช่วงสำหรับค่าวิเคราะห์ดินมาก (พิกัดบนมีค่าเป็น 1.5 เท่าของพิกัดล่าง ในกรณีความเข้มข้นในพืช แต่เป็น 3.0 - 3.3 เท่าของพิกัดล่าง ในกรณีค่าสกัดจากดิน) ความเข้มข้นของทองแดงในต้นข้าวโพดจึงน่าจะใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของทองแดงในดินได้แม่นยำกว่าวิธีสกัดจากดินทั้งสองวิธีที่ศึกษา

**ความสามารถของดินในการให้ทองแดงแก่ข้าวโพด**

จากผลการทดลองนี้แสดงว่า ดินตาคลี เลย และโคราชไม่ขาดธาตุทองแดง แต่ดินโคราชและตาคลีมีปริ

มาของแดงต่ำมากจนเกือบถึงระดับที่ไม่พอเพียง กับความต้องการของข้าวโพด ดินเลยมีปริมาณทองแดง สูงกว่าดินอีกสองชุดมาก โดยดินตาคลีและโคราชปลูก ข้าวโพดในการทดลองนี้ได้ 1 ครั้ง แต่ดินเลยสามารถปลูกข้าวโพดซ้ำกันได้รวม 5 ครั้ง โดยไม่แสดง การตอบสนองต่อปุ๋ยทองแดง ข้าวโพดที่ปลูกก่อนที่จะ พบการตอบสนองต่อปุ๋ยคิ่งคูดทองแดงจากดินตาคลี เลย และโคราช รวม 25.0, 178.0 และ 9.4 กรัมต่อไร่ ถ้า ประมาณว่า การปลูกธัญพืชแต่ละครั้งทำให้ทองแดงใน ดินสูญเสียจากดินไปกับเมล็ด 3.2 - 4.8 กรัมต่อไร่ ตามที่ Tisdale *et al.* (1985) รายงานไว้ ปริมาณทองแดงใน ดินตาคลี โคราช และ เลย น่าจะพอเพียงสำหรับปลูก ข้าวโพดได้อย่างน้อย 5, 2 และ 37 ปี ก่อนที่จะ ตอบสนองต่อปุ๋ยทองแดง

### สรุป

ดินตาคลี เลย และโคราชไม่ขาดธาตุทองแดง แต่ ดินตาคลีและโคราชนี้อาจมีปริมาณทองแดงต่ำเกือบถึงระดับที่ ไม่พอเพียงกับความต้องการของข้าวโพด ดินทั้งสามนี้มี ทองแดงเพียงพอที่จะใช้ปลูกข้าวโพดต่อไปได้อีกอย่างน้อย 5, 37 และ 2 ปี ตามลำดับ ก่อนที่ข้าวโพดจะ ตอบสนองต่อปุ๋ยทองแดง ช่วงที่แคบที่สุดสำหรับปริ มาณทองแดงที่สกัดโดย 0.1 N HCl ที่ครอบคลุมระดับ วิกฤตในดินตาคลี เลย และโคราช อยู่ระหว่าง 0.40 - 0.45, 1.05 - 1.30 และ 0.25 - 0.35 ppm ตามลำดับ หากพิ จารณารวมสามดินจะอยู่ระหว่าง 0.35 - 1.05 ppm เมื่อสกัดดินด้วย DTPA ช่วงดังกล่าวสำหรับดินตาคลี เลย และโคราชอยู่ระหว่าง 3.0 - 3.3, 2.4 - 2.7 และ 0.8 - 0.9 ppm ตามลำดับ หากพิจารณาารวมสามดิน อยู่ระหว่าง 0.9 - 3.0 ppm ช่วงที่แคบที่สุดของความเข้มข้นของทองแดง ในดินข้าวโพดที่ครอบคลุมระดับวิกฤตสำหรับดินทั้งสาม คือ 5.6 - 6.8, 4.7 - 4.7 และ 3.5 - 3.7 ppm สำหรับดินตาคลี เลย และโคราช ตามลำดับ และ ระหว่าง 3.7 - 5.6 ppm เมื่อพิจารณาารวมกันทั้งสามดิน การวิเคราะห์ปริมาณทอง แแดงในดิน โดยวิธี 0.1 N HCl ให้ค่าที่น่าเชื่อถือกว่าวิธี

DTPA แต่ความแตกต่างระหว่างระดับวิกฤตที่พบใน แต่ละดินชี้แนะว่า ความเข้มข้นของทองแดงในดินข้าว โพดน่าจะใช้ประเมินสถานภาพของทองแดงในดินได้ดี กว่าวิธีทั้งสองข้างต้น

### เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัคระนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2527. การวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 98 น.
- ปรีดา พากเพียร, สุวพันธ์ รัตนะรัต, สำเนา เพชรฉวี, โชติ สิทธิบุญ และ วิศิษฐ์ โชติตกุล. 2527. การประ เเมินขั้นต้นของการกระจายรูปของธาตุเหล็ก, แมง กานีส, สังกะสีและทองแดงในดินชุดโคราช. เอก สารประกอบการรายงานในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 24. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 13 น.
- Asher, C., P. Prabuddham, S. Jintakanon and Y. Osotsapar. 1970. Nutrient status of soil at National Corn and Sorghum Research Center, Pak Chong, pp. 145-150. *In* Thailand National Corn and Sorghum Program Annual Report Session, Jan. 15 - 19, 1970.
- Baker, D.E. and M.C. Amacher. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium, pp. 323-336 *In* A.L. Page (ed.). *Method of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* 2nd ed. Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin.
- Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity, pp. 891-901. *In* C. A. Black (ed.-in-chief). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiologi cal Properties.* Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis.* Prentice Hall, Inc., New Jersey. 495 p.
- Krantz, B.A. and S.W. Melsted. 1964. Nutrients deficiencies in corn, sorghum and small grains, pp.

- 25-46. In H.B. Sprague (ed.) Hunger Sign in Crops. Judd and Detweiler Inc., Waslington D.C.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- Lockman, R.B., 1969. Relationships between corn yields and nutrient concentration in seedling whole plant samples. *Agronomy Abstracts*, p. 97, Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Amer. Soc. of Agron., Inc., Madisan, Wisconsin.*
- Suwanarit, A. and P. Narkviroj. 1976. Potassium supplying powers of some soils of Thailand: Loei, Kamphaeng Saen, Khorat, Thap Kwang and Takhli soils. *Thai J. Agr. Sci.* 9:89-104.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. Mcmillan Publishing Company, New York, USA. 756 p.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.