

ผลของการอัดตัวและปริมาณความชื้นในดิน

ต่อแรงต้านทานของดิน

Effects of Soil Compaction and Moisture Content on Soil Resistance

ถนอม คลอดเพ็ง^{1/} และ ปิ่นเพชร สกุลสองบุญศิริ^{1/}

Thanom Klodpeng^{1/} and Pinpetch Sakulsongboonsiri^{1/}

Abstract: Soil resistance was studied in Hang Dong (Hd), San Sai (Sai) and San Patong (Sp) soil series at different levels of soil compaction and moisture content. The soil compaction was indicated by soil bulk density as 1.10, 1.20, 1.30, 1.40 and 1.50 g/cm³ while the moisture content was designed as 25, 50, 75 and 100 percent by weight of available water capacity (AWCa). The pocket penetrometer (CL700) was used for this testing. The results indicated that at any soil compaction levels of these soils, the soil resistance was significance linearly decreased as the soil moisture increased. On the other hand, at any soil moisture content levels, the soil resistance was significantly increased with increasing soil bulk density or soil compaction as exponential function.

Keywords: Soil compaction, bulk density, moisture content, soil resistance, penetrometer

บทคัดย่อ: การศึกษาแรงต้านทานของดินชุดดินหางดง (Hd) ชุดดินสันทราย (Sai) และชุดดินสันป่าตอง (Sp) เมื่อมีการอัดตัวและปริมาณความชื้นในดินที่แตกต่างกันโดยใช้พินิโตรมิเตอร์ (Pocket Penetro - meter, CL 700) การอัดตัวของดินใช้ความหนาแน่นรวมเป็นตัวกำหนดที่ระดับต่าง ๆ กัน คือ 1.10, 1.20, 1.30, 1.40 และ 1.50 ก./ลบ.ซม. และมีความชื้น 4 ระดับคือ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCa) ของดินแต่ละชนิด ผลการศึกษาปรากฏว่า แรงต้านทานของดินแต่ละชุดผันแปรตามความหนาแน่นรวมและปริมาณความชื้นในดิน กล่าวคือ ที่ระดับของการอัดตัวหนึ่ง ๆ แรงต้านทานของดินจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับความชื้นหนึ่ง ๆ แรงต้านทานจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างมีนัยสำคัญเมื่อดินมีการอัดตัวเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การอัดตัวของดิน ความหนาแน่นรวม ปริมาณความชื้น แรงต้านทานของดิน พินิโตรมิเตอร์

^{1/}ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

ปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยการผลิตทางการเกษตรกำลังประสบกับภาวะเสื่อมโทรมอย่างหนัก โดยเฉพาะดินและน้ำ พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่จะประสบกับปัญหาการอัดตัวของดิน เนื่องจากการใช้ดินไม่ถูกวิธี ขาดการบำรุงรักษาหรือการอนุรักษ์ที่ดี มีการนำเอาเครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดใหญ่มาใช้หรือแม้แต่การเหยียบย่ำของสัตว์ ก็ก่อให้เกิดการอัดตัวของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การขัดขวางต่อการหยั่งรากของพืชและการออกของเมล็ดพืชที่ปลูก ทำให้การเจริญและให้ผลผลิตของพืชลดลง

การศึกษาสภาวะการอัดตัวของดินสามารถกระทำได้โดยการวัดค่าแรงต้านทานของดิน (soil resistance) ซึ่งเป็นการวัดระดับของแรงที่ต้องใช้ในการแทงทะลุเข้าไปในดิน เพื่อให้เกิดช่องว่างขึ้นในดิน ถ้าหากแรงต้านทานสูงก็แสดงว่าดินมีการอัดตัวแน่น นอกจากนี้แรงต้านทานยังเป็นค่าที่บอกถึงสภาพโครงสร้างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นและความหนาแน่นรวมของดิน เพราะสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ของดินจะมีผลต่อแรงต้านทานของดินเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นรวมและปริมาณความชื้นในดินของดินนั้น ๆ การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานของดินกับความหนาแน่นรวมและปริมาณความชื้นของดินชนิดต่าง ๆ สามารถทำให้ทราบถึงสภาวะของดินในขณะนั้นได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญของพืช ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ที่ดินเหล่านั้นให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุดและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ก็เพื่อศึกษาถึงแรงต้านทานของชุดดินต่างๆที่ใช้สำหรับการผลิตทางการเกษตรของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้แก่ ชุดดินหางดง (Hd) ชุดดินสันทราย (Sai) และชุดดินสันป่าตอง (Sp) เมื่อดินเหล่านี้มีการอัดตัวโดยใช้ค่าความหนาแน่นรวมและเมื่อมีปริมาณความชื้นในดินที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบทำลายโครงสร้าง (disturbed soil sample) ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. สำหรับชุดดินหางดงที่บ้านสันผักหวาน อำเภอหางดง ชุดดินสันทรายที่บ้านห้วยทราย อำเภอหางดง ชุดดินสันป่าตองที่บ้านดอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ นำดินทั้งสามชุดนี้ไปผึ่งให้แห้งในร่ม (air-dry soil) แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ คือ

1. ความจุความชื้นในสนาม (FC) โดยใช้ความชื้นที่สมดุลกับความดันที่ 0.1 บรรยากาศ และจุดเหี่ยวถาวร (PWP) ที่สมดุลกับความดันที่ 15 บรรยากาศ โดยใช้เครื่อง Pressure extractor apparatus (ถนอม, 2528 ข)
2. ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCa) จาก $AWCa = FC - PWP$
3. ความชื้นในดินที่ระดับดินแห้งในร่มโดยวิธี Gravimetric (ถนอม, 2528 ข)
4. เนื้อดินโดยวิธีตกตะกอนในของเหลว (Sedimentation method) แล้วแยกอนุภาคดินโดยใช้ Pipette method (ถนอม, 2528 ข)
5. pH โดยใช้ pH-meter (ดิน : น้ำ = 1 : 1) (Peech, 1965)
6. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Micro-kjeldahl method (Bremner, 1965)
7. ปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้ Spectrophotometer (Olsen and Dean, 1965)
8. ปริมาณโปแตสเซียมโดยใช้ Flame-photometer (Pratt, 1965)
9. ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black (Jackson, 1973)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ

นำตัวอย่างดินของแต่ละชุดดินบรรจุลงในหลอดบรรจุดิน (core) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 30 ซม. แล้วอัดดินให้มีความหนาแน่นรวมเป็น 1.10, 1.20, 1.30, 1.40 และ 1.50 ก./ลบ. ซม. โดยทำชุดดินละ 2 ซ้ำ เติมน้ำลงไปในดินเพื่อให้ดินมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ ปริมาณน้ำที่ใช้เติมน้ำลงไปได้จาก น้ำที่เติม = (PWP + ระดับของ AWC_a) – (Air-dry soil)

การวัดแรงต้านทาน

หลังจากเติมน้ำลงไปในดินแล้ว ปิดหลอดบรรจุดินด้วยพลาสติกให้แน่นเพื่อไม่ให้เกิดการระเหยเกิดขึ้น ทิ้งไว้ 36 ชั่วโมงเพื่อให้ น้ำกระจายในดินอย่างสม่ำเสมอ ทำการวัดแรงต้านทานด้วย Pocket penetrometer (CL 700) โดยกดลงบนผิวหน้าดินหลาย ๆ จุดแล้วหาค่าเฉลี่ยแรงต้านทานที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่างดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของชุดดินหางดง (Hd) ชุดดินสันทราย (Sai) และชุดดินสันป่าตอง (Sp) ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินทั้งสามชนิดนี้เป็นดินเนื้อปานกลาง แต่มีความแตกต่างกันในปริมาณของอนุภาคดิน โดยชุดดินหางดงมีปริมาณทรายสูงสุดและในขณะเดียวกันก็มีปริมาณดินเหนียวต่ำสุดอีกด้วย ส่วนชุดดินสันทรายเป็นดินที่มีซิลต์สูงสุดและเป็นที่น่าสังเกตว่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ในชุดดินหางดงสูงกว่าอีกสองชนิด ทั้ง ๆ ที่มีเนื้อดินเหนียวมากกว่า อาจจะเป็นเนื่องจากชุดดินหางดงมีดินเหนียวเป็นพวก mixed, semiactive clay ส่วนชุดดินสันทรายและสันป่าตองเนื้อดินเป็นกลุ่ม coarse loamy, siliceous แต่อย่างไรก็ตามพบว่าดินทั้งสามชนิดนี้มีค่า pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชค่อนข้างต่ำถึงต่ำ ยกเว้นปริมาณของโปแตสเซียม เนื่องจากเป็นดินที่เก็บมาจากบริเวณที่ใช้ทำการเกษตรติดต่อกันมาเป็นเวลานานแล้ว

Table 1 Some physical and chemical properties of Hang Dong, San Sai and San Patong series at 0-15 cm depth.

Properties	Hang Dong	San Sai	San Patong
FC (% w/w)	30.70	32.69	29.96
PWP (% w/w)	13.71	22.11	14.78
AW Ca (% w/w)	16.99	10.58	15.18
Air-dry soil (% w/w)	2.22	1.91	2.89
Sand (%)	50.14	31.56	40.14
Silt (%)	25.86	41.24	23.06
Clay (%)	24.00	27.20	36.80
Texture	Sandy clay loam	Clay loam	Clay loam
pH	5.50	5.50	4.90
O.M. (%)	2.01	1.66	1.61
Total N (%)	0.10	0.08	0.08
Extractable-P (ppm)	9.50	3.00	13.50
Extractable-K (ppm)	192.50	172.50	70.00

เมื่อทำการวัดค่าความต้านทานของดินที่ระดับความหนาแน่นรวมและปริมาณความชื้นต่าง ๆ กันแล้วพบว่าดินทั้งสามชนิดมีแรงต้านทานผ้นแปรตามระดับความหนาแน่นรวมหรือการอัดตัวและปริมาณความชื้น กล่าวคือที่ระดับความหนาแน่นรวมหรือระดับการอัดตัวหนึ่ง ๆ แรงต้านทานจะลดลงเมื่อปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นจะทำให้แผ่นฟิล์มของน้ำรอบ ๆ อนุภาคหนาขึ้น ทำให้อนุภาคดินแยกห่างจากกันมากขึ้น ขณะเดียวกันแรงดึงดูดยึดระหว่างอนุภาคดิน (cohesion) ลดลง และแรงเสียดทาน (friction) ระหว่างอนุภาคดินในการจัดเรียงตัวใหม่ลดลง เป็นผลทำให้แรงเสียดทานระหว่างดินกับแท่งโลหะของพินิโตรมิเตอร์และแรงกดที่ใช้ลดลง ทำให้ดินมีแรงต้านทานลดลง (ถนอม, 2528 ก; Barnes, *et al.*, 1971; Smith and Mullins, 1991) เมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างแรงต้านทานกับปริมาณความชื้นในดินทั้งสามชนิดแล้ว พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรง (linear) อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งจะเห็นว่าแรงต้านทานของดินทั้งสามชนิดนี้จะสูงเมื่อมีความหนาแน่นรวมหรือการอัดตัวสูงและมีปริมาณ

ความชื้นต่ำ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีปริมาณความชื้นในดินสูงถึง 100 % AWCa แรงต้านทานของดินทั้งสามชนิดนี้ จะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ส่วนที่ระดับความชื้นหนึ่ง ๆ นั้น แรงต้านทานของดินทั้งสามชนิดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น การที่ดินมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นแสดงว่าดินมีการอัดตัวเพิ่มขึ้น ทำให้อนุภาคดินเข้ามาอยู่ใกล้กันและมีแรงดึงดูดยึดระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันปริมาณช่องว่างในดินที่จะช่วยกระจายแรงกดทับของดินลดลง แรงเสียดทานระหว่างอนุภาคดินก็เพิ่มขึ้นจึงทำให้ดินมีแรงต้านทานเพิ่มขึ้น (ถนอม, 2528 ก; Barnes *et al.*, 1971) เมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานกับความหนาแน่นรวมของดินทั้งสามชนิดแล้ว พบว่าจะอยู่ในลักษณะของเอ็กซ์โพเนนเชียลฟังก์ชัน (exponential function) อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อดินมีปริมาณความชื้นต่ำ (≤ 50 % AWCa) แต่ไม่ชัดเจนมากนักเมื่อดินมีปริมาณความชื้นสูง (≥ 75 % AWCa) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Wopereis *et al.*, (1994)

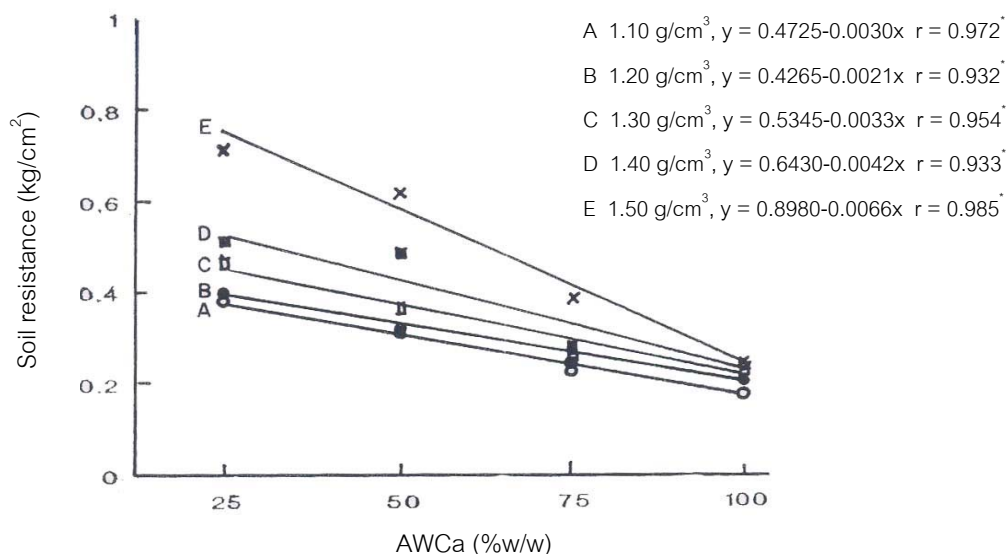


Figure 1 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of Hang Dong series.

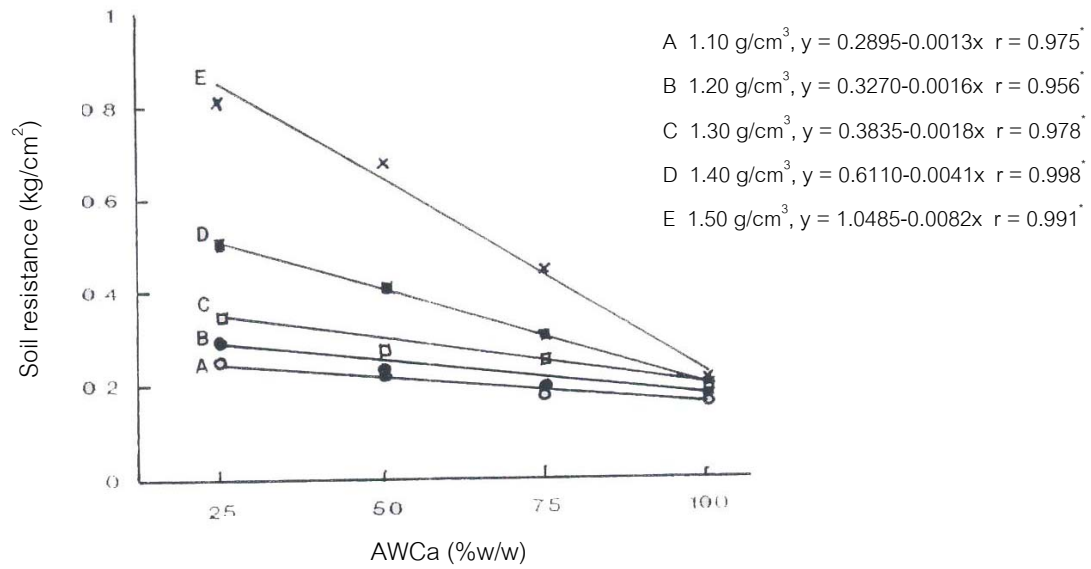


Figure 2 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of San Sai series

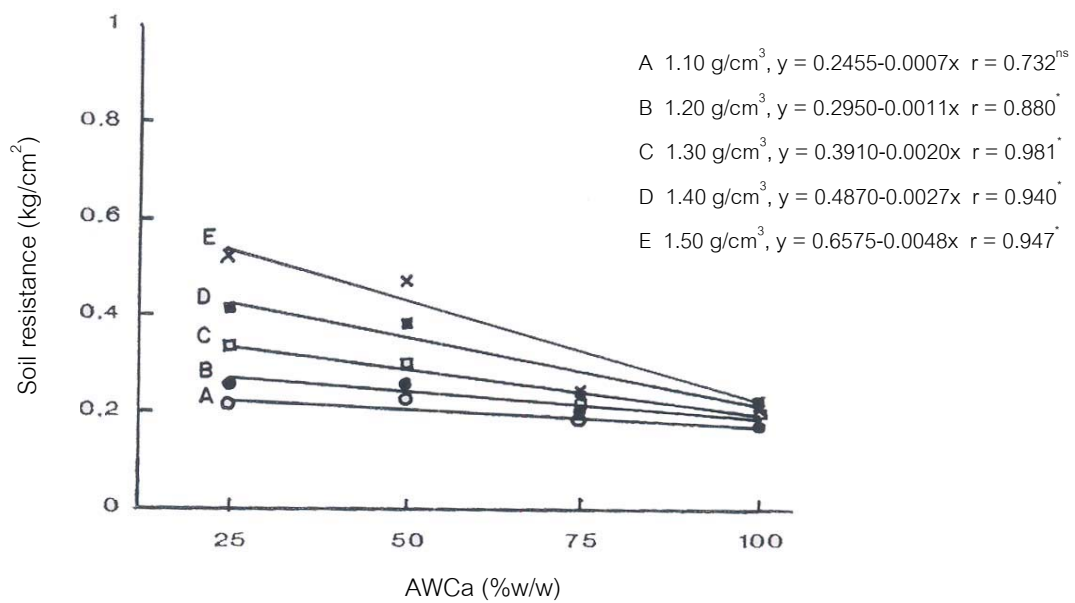


Figure 3 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of San Patong series.

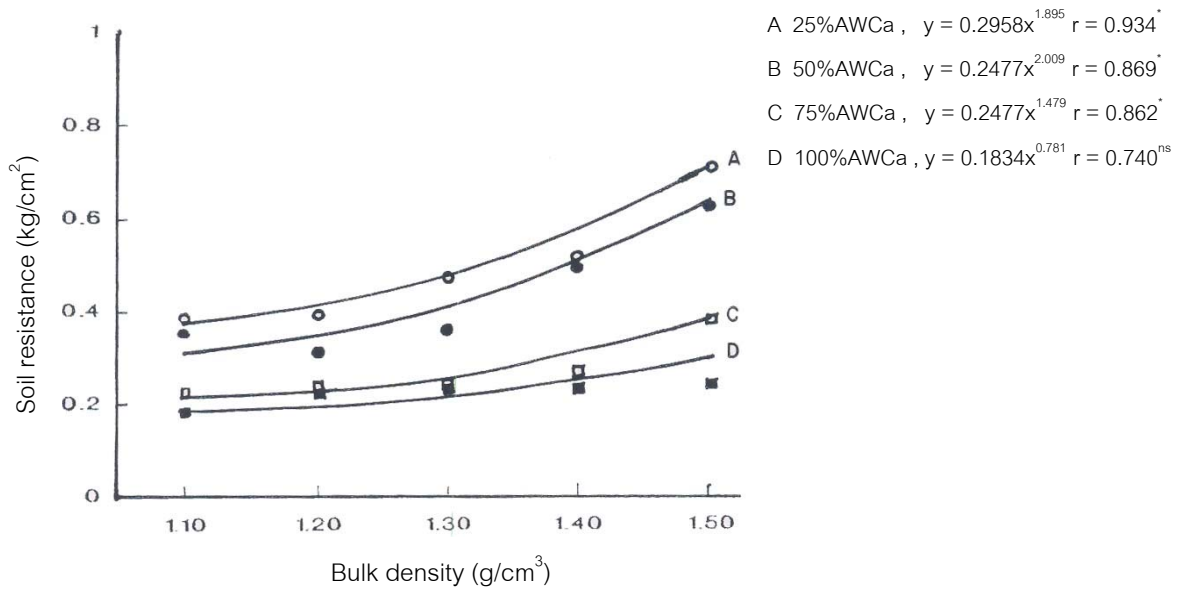


Figure 4 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of Hang Dong series.

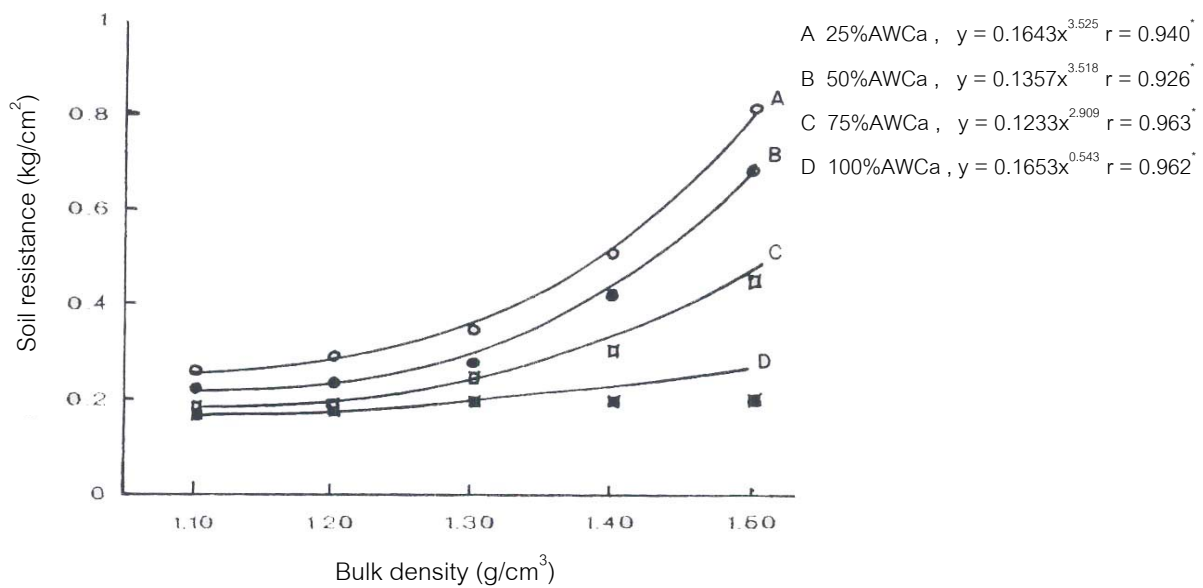


Figure 5 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of San Sai series.

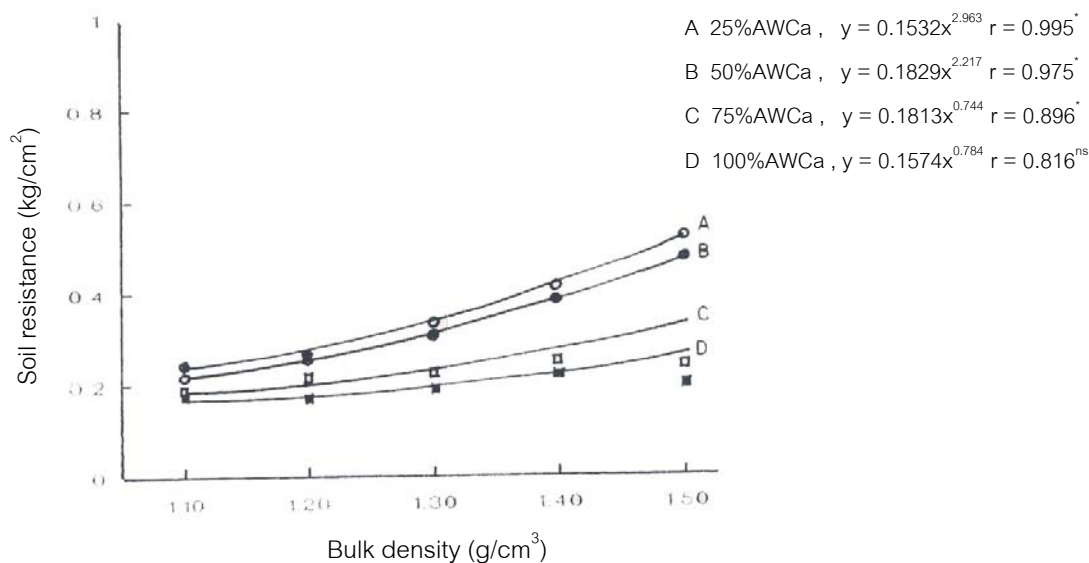


Figure 6 Correlation between soil resistance and moisture content at different bulk density levels of San Patong series.

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าดินทั้งสามชนิดนี้อาจมีผลต่อการยืดขยายของราก (root elongation) และการงอกของเมล็ดพืช (seed germination) ได้ ถ้าหากดินเหล่านี้มีความหนาแน่นรวมสูง (≥ 1.50 ก./ลบ. ซม.) และมีความชื้นในดินต่ำ ($\leq 25\%$ AWCa) โดยเฉพาะในชุดดินหางดงและสันทราย ซึ่งดินทั้งสองชนิดมีแรงต้านทานอยู่ประมาณ 0.7–0.8 กก./ตร.ซม. เนื่องจากการศึกษาของ Richards (1953) พบว่า ที่ระดับแรงต้านทานของดินประมาณ 0.3 กก./ตร.ซม. ในดินร่วนปนทรายละเอียด (fine sandy loam) จะมีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดถั่ว ในขณะที่ Allison (1956) พบว่าแรงต้านทานวิกฤตของดินร่วน (loam) ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดอยู่ในช่วง 1.2–2.6 กก./ตร.ซม. ส่วน Veihmeyer and Hendrickson (1948) พบว่า ถ้าดินเหนียว (clay soils) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.46 – 1.63 ก./ลบ. ซม. จะมีผลต่อการเจริญและยืดขยายของรากทานตะวัน และ Smith and Mullins (1991) ก็แสดงให้เห็นว่า เมื่อดินมีแรงต้านทานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้การยืดขยายของรากฝ้ายและถั่วลิสงลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การทำเขตกรรมโดยการไ้เครื่องจักรหนัก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อ

ป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการอัดตัวของดิน เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลเหล่านั้นก็ควรกระทำในช่วงที่ดินมีความชื้นอยู่ในช่วงระหว่างพิกัดหดตัว (shrinkage limit) กับพิกัดยืดหยุ่น (plastic limit) (ถนนม, 2528 ก)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาแรงต้านทานของชุดดินหางดง (Hd) ชุดดินสันทราย (Sai) และชุดดินสันป่าตอง (Sp) พบว่าแรงต้านทานของดินทั้งสามชนิดนี้จะผันแปรตามปริมาณความชื้นในดินและการอัดตัวหรือความหนาแน่นรวม กล่าวคือ ที่ระดับความหนาแน่นรวมหรือการอัดตัวหนึ่ง ๆ แรงต้านทานจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในลักษณะของเส้นตรงเมื่อปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ส่วนที่ระดับความชื้นหนึ่ง ๆ แรงต้านทานจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในลักษณะเอ็กซ์โพเนนตเมื่อความหนาแน่นรวมหรือการอัดตัวเพิ่มขึ้น และแรงต้านทานของดินเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อการเจริญของราก การยืดขยายของราก และการงอกของเมล็ดพืชที่ปลูกได้ ถ้าหากดินมีความหนาแน่นรวมสูงและมีปริมาณความชื้นในดินต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- ถนอม คลอดเพ็ง. 2528ก. ปฐพีฟิสิกส์. ภาควิชาปฐพี
ศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 312 หน้า.
- ถนอม คลอดเพ็ง. 2528ข. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์
วิเคราะห์. ศูนย์ส่งเสริมตำราและวิชาการ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 205 หน้า.
- Allison, L.E. 1956. Soil and plant response to VAMA
and HPAN soil conditioners in the presence
of high exchangeable sodium. *Soil Sci. Soc.
Amer. Proc.* 20: 147-151.
- Barnes, K.K., W.M. Carleton, H.M. Taylor, R.I.
Throckmorton and G.E. Van den Berg
(eds.). 1971. *Compaction of Agricultural
Soils.* ASAE Mono., St. Joseph, Michigan.
471 pp.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. pp. 1149-1178
*In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil
Analysis: Chemical and Microbiological
Properties. (Part II).* American Society of
Agronomy, Inc., Publisher, Madison.
- Jackson, M.L. 1973. *Soil Chemical Analysis.*
Prentice-Hall International, Inc., London.
498 pp.
- Olsen, S.R. and L.A. Dean. 1965. Phosphorus. pp.
1035-1049. *In: C.A. Black (ed.). Methods
of Soil Analysis: Chemical and Microbiological
Properties. (Part II).* American Society of
Agronomy, Inc., Publisher, Madison.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity. pp. 905-913.
*In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil
Analysis: Chemical and Microbiological
Properties. (Part II).* American Society of
Agronomy, Inc., Publisher, Madison.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. pp. 1019-1021. *In: C.A.
Black (ed.). Methods of Soil Analysis:
Chemical and Microbiological Properties.
(Part II).* American Society of Agronomy,
Inc., Publisher, Madison.
- Richards, L.A. 1953. Modulus of rupture as an index
of crusting of soils. *Soil Sci. Soc. Amer.
Proc.* 17: 321-323.
- Smith, K.A. and C.E. Mullins (eds.). 1991. *Soil
Analysis: Physical Methods.* Marcel Dekker,
Inc., New York. 620 pp.
- Veihmeyer, F.J. and A.H. Hendrickson. 1948. Soil
density and root penetration. *Soil Sci.* 65:
487-493.
- Wopereis, M., M. Kropff, J. Bouma, A. Van Wijk and
T. Woodhead. 1994. *Soil Physical Properties:
Measurement and Use in Rice-based
Cropping Systems.* IRRI, Manila. 111 pp.
-