คำนำ

อินทรียวัตถุเป็นสารที่สลับซับซ้อนมาก ซึ่งประกอบไปด้วยสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดที่เกิดขึ้นในธรรมชาติซึ่งได้แก่กรดอมิโนต่าง ๆ และเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยวที่มีโครงสร้างแบบง่ายๆ ไปจนถึงสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ อินทรียวัตถุในดินมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวะของดินเป็นอย่างมาก สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้แก่ อินทรียวัตถุจะช่วยส่งเสริมให้อนุภาคดินจับตัวกันเป็นเม็ดดิน (soil aggregate) ช่วยให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ดีขึ้น โดยเฉพาะดินทรายและช่วยให้ดินมีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดีขึ้น

เมื่อมีการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรผสมคลุกเคล้าลงไปในดินจะเกิดการสลายตัวขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ในดิน ผลที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวในดินก็คือสิ่งที่เหลือจากการสลายต้ว เซลล์ของสิ่งมีชีวิตในดินและสิ่งที่สังเคราะห์ขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตในดิน ซึ่งสารที่เกิดขึ้นต่าง ๆ เหล่านี้จะสะสมและรวมตัวกันเป็นสารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน ซึ่งจะมีบทบาทอิทธิพลที่สำคัญยิ่งต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน (สุนทรี, 2529)

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เลว นอกจากนี้ยังมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดิน จะช่วยทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงขึ้น ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของดินมีความสำคัญต่อการวางแผนจัดการทรัพยากรดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการชลประทาน การระบายน้ำและการชะล้างพังลายของดินในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เพิ่มพูน, 2527) ดังนั้นการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรให้แก่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงน่าจะเป็นทางหนึ่งที่สามารถจัดการได้ในระบบเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดิน : โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนดินทราย ซึ่งได้แก่ ชุดดินน้ำพอง (Nam Phong soil series, Ng) สำหรับตำแหน่งของชุดดินที่เก็บได้เลือกบริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของชุดดินนั้น ๆ (บ้านซำจาน ต.สำราญ อ.เมือง จ.ขอนแก่น) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินดังกล่าว แบบทำลายโครงสร้างที่ระดับความลึก 15 ซม. จากผิวดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 2 มม. ดังรูปที่ 1, 2

ปุ๋ยอินทรีย์ : ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สารเหลือใช้ทางการเกษตร 4 ชนิด คือ

1. ตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำเยื่อกระดาษ (Sewage Waste)
2. ปุ๋ยเทศบาล (Municipal Compost)
3. ปุ๋ยหมักใบไม้ (Leaf Compost)
4. มูลวัว (Cow Dung)

ซึ่งสารเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ ผ่านการผึ่งให้แห้งในที่ร่มมาแล้ว และนำไปบดร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มม. ดังรูปที่ 3-6

ตำรับการทดลอง : มีทั้งหมด 16 ตำรับการทดลอง ซึ่งได้แก่ สารเหลือใช้ทางการเกษตร 4 ชนิดข้างต้น และระยะเวลาของการหมัก ซึ่งมี 4 ระยะเวลา ได้แก่ 15, 30, 45 และ 60 วันหลังจากการหมัก

วิธีการทดลอง : นำสารเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิด ๆ ละ 25 กรัม ผสมกับตัวอย่างดินน้ำพอง 10 กก. (1 ตัน/ไร่) อย่างทั่วถึงในถุงพลาสติกเปิดก้น นำบรรลุลงกระถางพลาสติกกว้าง 12 ซม. เปิดก้นรดน้ำให้ชื้นทุกวัน พร้อมทั้งกำจัดวัชพืช (รูปที่ 7) เมื่อครบระยะเวลาทุก 15, 30, 45 และ 60 วัน หลังจากการหมัก จะทำการเก็บตัวอย่างดินภายในกระถางแบบโครงสร้างคงสภาพด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างดินจากผิวดินลงไป ตัวอย่างดินจะถูกบรรจุภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 5 ซม. สูงประมาณ 5 ซม. คิดเป็นปริมาตรภายใน 100 ลบ.ซม. โดยทำการเก็บตัวอย่างดินกระถางละ 4 กระบอกต่อตำรับการทดลองที่ระยะเวลาการหมักหนึ่ง ๆ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินที่โครงสร้าง

ถูกกระทบกระเทือนที่ระดับเดียวกัน โดยใช้พลั่วมือเก็บตัวอย่างดิน การเก็บตัวอย่างดินที่โครงสร้างคงสภาพต้องใช้ความระมัดระวังป้องกันมิให้ดินแตกร่วงหล่นและสูญเสียความชื้น ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินทราย ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของดินแตกต่างไปจากสภาพความจริงในธรรมชาติได้

ตัวอย่างดินที่ถูกเก็บในกระบอกโลหะนั้น ได้แต่งหน้าทั้งสองด้านของตัวอย่างดินให้เรียบ หลังจากนั้นห่อหุ้มด้วยแผ่นพลาสติค เพื่อป้องกันความชื้นระเหยจากดิน สำหรับตัวอย่างดินที่แบบโครงสร้างถูกกระทบกระเทือนนั้น หลังจากนำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จึงบดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม.

ค่าที่วิเคราะห์

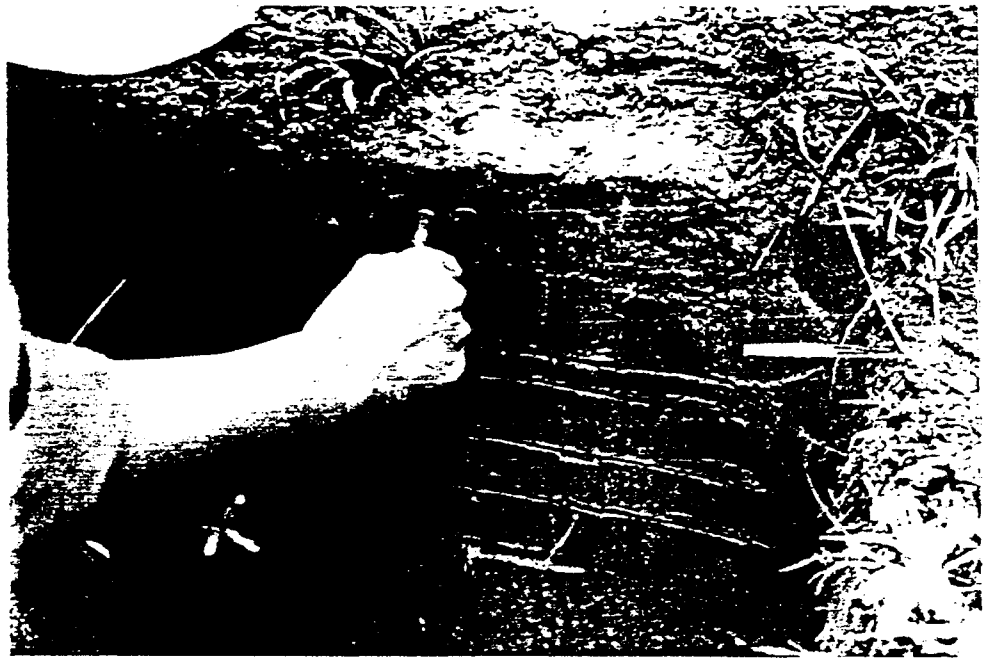
ตัวอย่างดินที่เก็บได้นำมาวิเคราะห์หาค่าดังต่อไปนี้

ก. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับพลังงานกักกับก้อนดินที่ระดับต่าง ๆ เพื่อสร้างเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน โดยใช้เครื่องอัดความดันแบบใช้แผ่นพรุน (pressure plate) โดยตัวอย่างดินที่เก็บแบบโครงสร้างสภาพสำหรับช่วงความดันต่ำกว่า 1 บรรยากาศ และตัวอย่างดินแบบโครงสร้างถูกกระทบกระเทือนนั้นสำหรับช่วงความดันสูงกว่า 1 บรรยากาศ

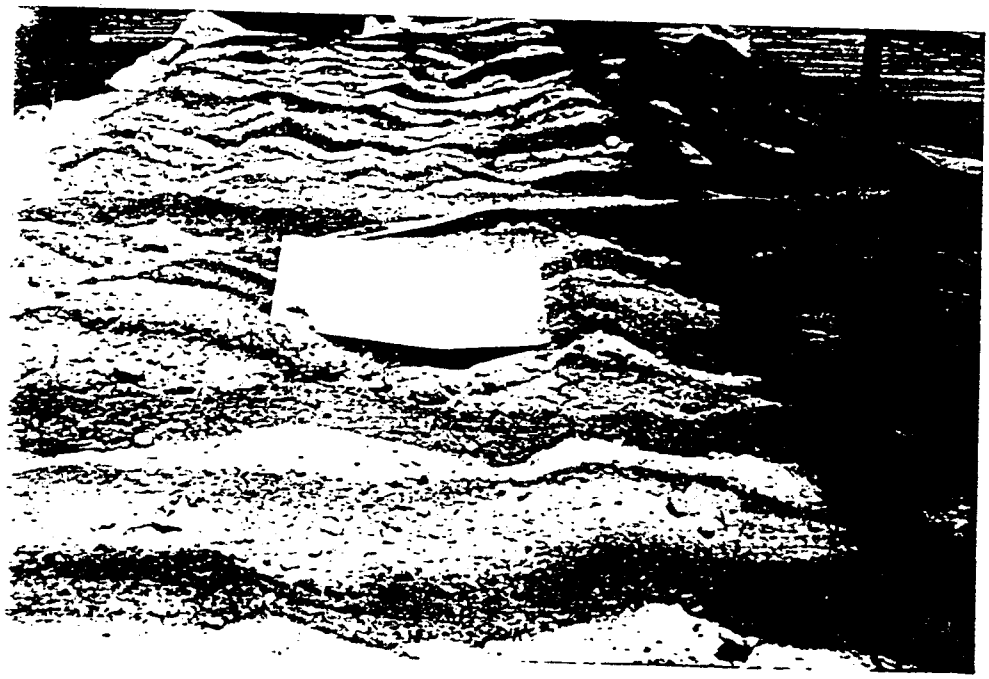
ข. ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยใช้วิธีพลังงานขับน้ำเคลื่อนที่ (falling head method) (Klute, 1965)

ค. ความหนาแน่นรวมของดินโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของดินแห้งต่อปริมาตรทั้งหมดของกระบอกเก็บตัวอย่างดิน

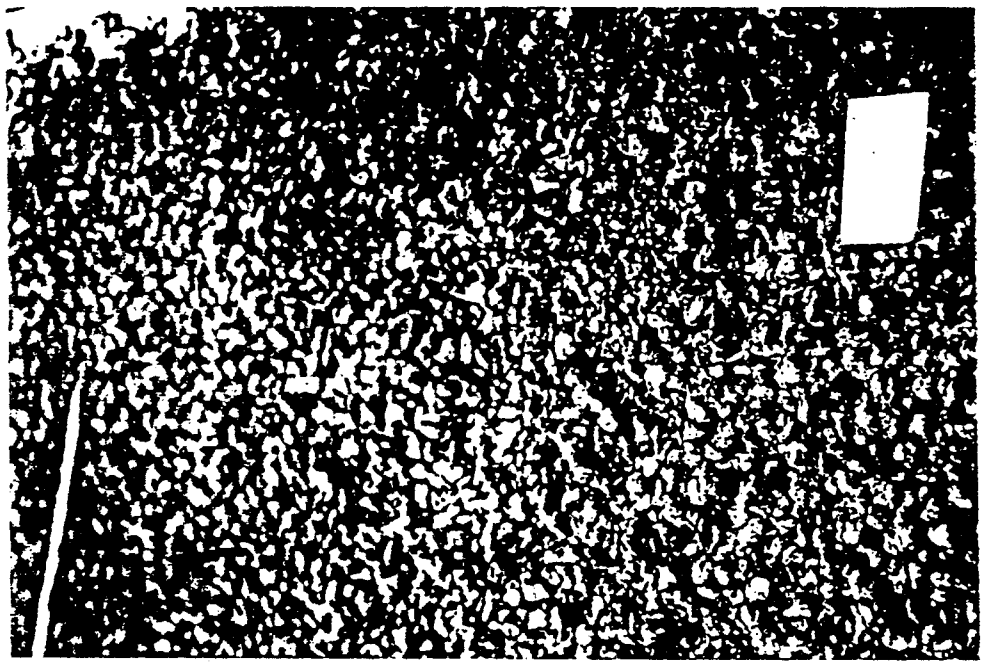
ง. ความหนาแน่นอนุภาคของดิน โดยวิธีการไล่อากาศออกจากดินแล้วแทนที่ช่องอากาศด้วยน้ำ (สำอาง, 2515)



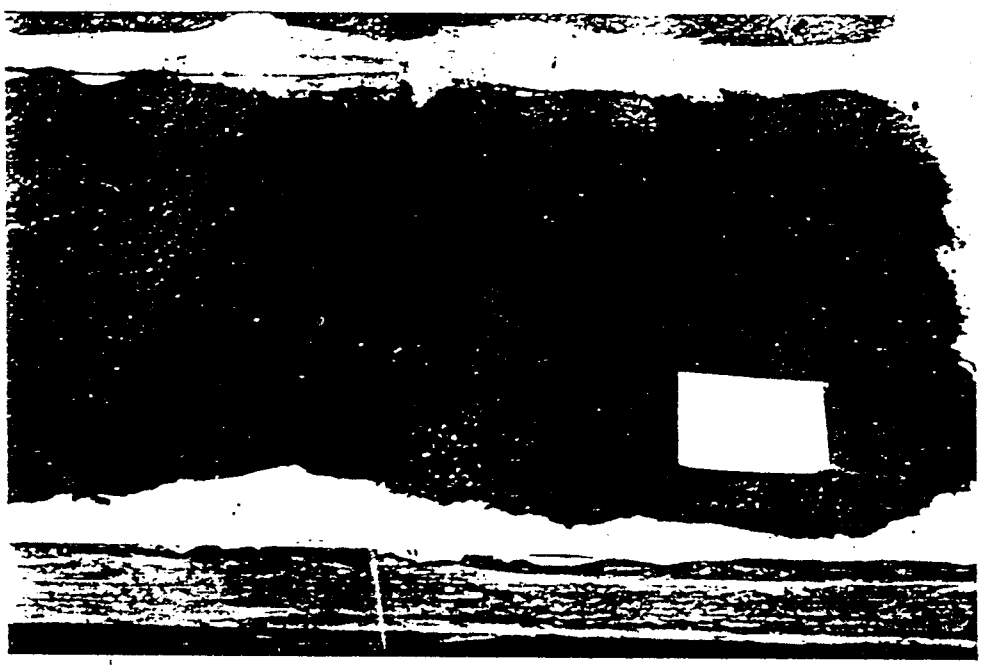
รูปที่ 1 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างดินชุดน้ำพอง



รูปที่ 2 ชุดดินน้ำพองนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

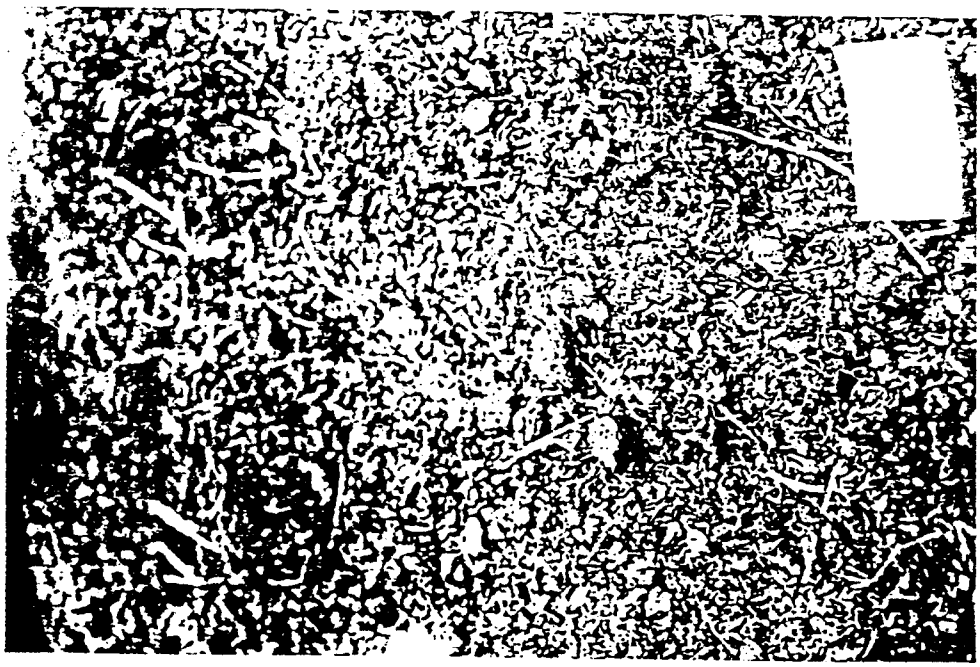


รูปที่ 3 ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำกระดาษ



รูปที่ 4 ปุ๋ยเทศบาล

รูปที่ 5 ปุ๋ยหมักใบไม้



รูปที่ 6 ปุ๋ยมูลวัว

รูปที่ 7 แสดงการทดลองภายหลังจากใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นเวลา 20 วันก่อนกำจัดวัชพืช

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (particle density)

ชั่งตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ปริมาณ 10 กรัม (ต้องทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ลงในขวดปริมาตร (erlenmeyer flask) ขนาด 25 มล. ที่ทราบน้ำหนักแล้วเติมน้ำกลั่นจนท่วมดินพร้อมทั้งเขย่าเบา ๆ เพื่อให้น้ำที่เติมคลุกเคล้ากับดินในขวดอย่างทั่วถึง ยกตั้งบนเตาอุ่นไฟฟ้าพร้อมทั้งเขย่าไปด้วยขณะต้ม ถ้ามีฟองมากขณะต้มให้รีบยกลงเพื่อไม่ให้ฟองล้นออกมา เมื่อไอน้ำเริ่มปรากฏที่ปากขวดให้ต้มต่อไปอีก 2-3 นาที ยกลงตั้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นจนล้นปากขวด ปิดฝาจุกขวด ใช้ผ้าเช็ดรอบ ๆ ขวดให้แห้ง นำไปชั่งและวัดอุณหภูมิของน้ำในขวด หลังจากนั้นเทสารละลายในขวดปริมาตรทิ้ง ล้างขวดจนสะอาด เติมน้ำกลั่นจนล้นปากขวดและปิดฝาจุกขวด ใช้ผ้าเช็ดรอบ ๆ ขวดให้แห้ง นำไปชั่งและวัดอุณหภูมิของน้ำกลั่นในขวด คำนวณหาค่าความหนาแน่นอนุภาคของดิน โดยใช้สูตร

$$D_s = \frac{100-(m_2-m_1)/(100+O)}{\{(m_4-m_1)/D_{w2}\}-\{(m_3-m_2)/D_{w1}\}}$$

ซึ่ง D_s คือ ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)

m_1 คือ มวลของขวดปริมาตร (กรัม)

m_2 คือ มวลของขวดและดิน (กรัม)

m_3 คือ มวลรวมของขวดที่มีดินและน้ำ (กรัม)

m_4 คือ มวลของขวดที่มีน้ำ (กรัม)

D_{w1}, D_{w2} คือ ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิที่วัดได้ครั้งแรกและครั้งหลัง ตามลำดับ (กรัม/ลบ.ซม.)

ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ใช้ตัวอย่างดินในกระบอกโลหะนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105-110° ซ. เป็นเวลา 48 ชม. นำตัวอย่างดินออกจากเตาอบทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง (dessicator) นำมาชั่งเพื่อหามวลของดินแห้ง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและความสูงของตัวอย่างดิน คำนวณหาความหนา

แน่นรวมของดินโดยใช้สูตร

$$Db = \frac{4M_s}{\pi d^2 h}$$

ซึ่ง Db คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)

M_s คือ มวลของดินแห้ง (กรัม)

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (ซม.)

และ h คือ ความสูง (ซม.) ของตัวอย่างดิน

จากค่าความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคดินสามารถที่จะคำนวณหาค่าความพรุนของดินได้โดยใช้สูตร

$$E = (1-\frac{Db}{Ds}) \times 100$$

เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน

เครื่องมือที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกำกับก้อนดินกับระดับความชื้นของดิน ใช้หลักการดันหรือผลักน้ำออกจากดิน ที่ระดับความดันไม่เกิน 1 บรรยากาศ จะใช้หม้อความดัน (pressure cooker) ส่วนที่ระดับความดันสูงขึ้นจะใช้เครื่องอัดความดัน (pressure membrane apparatus) แผ่นพรุนที่ใช้กับเครื่องความดันทั้งสองแบบนี้จะมีช่องว่างขนาดเล็กจำเป็นต้องแช่ให้อิ่มตัวด้วยน้ำ เมื่อให้ความดัน น้ำจากดินที่วางบนแผ่นพรุนจะถ่ายทอดผ่านช่องว่างของแผ่นพรุน และระบายออกจากเครื่องได้ ในขณะที่อากาศที่อัดจะถูกกักไว้ ไม่สามารถทะลุผ่านน้ำที่อยู่ตามช่องเล็ก ๆ ทำให้สามารถรักษาความดันอากาศเหนือแผ่นพรุนไว้ได้ ซึ่งความดันนี้จะเป็นแรงในการดันน้ำออกจากตัวอย่างดินที่วางบนแผ่นพรุน (Richards, 1965)

น้ำในดินที่มีพลังงานกำกับก้อนดินในระดับสูง (0 ถึง -0.33 บรรยากาศ) จะถูกดูดยึดตามช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน ซึ่งจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของโครงสร้างของดินในการวัดความชื้นที่ระดับพลังงานสูงนี้ จึงต้องใช้ดินที่รักษาโครงสร้าง ส่วนที่ระดับพลังงานต่ำกว่านี้ (-0.33 ถึง

-15 บรรยากาศ)น้ำจะถูกดูดยึดตามผิวหน้าของอนุภาคดิน เนื้อดินจึงมีบทบาทมากกว่า ตัวอย่างดินที่ใช้สามารถใช้ดินที่ผ่านการตากแห้งและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. แล้วได้

ในช่วงแรกที่ใช้หม้อความดันกับดินในกระบอก ให้เตรียมตัวอย่างดินโดยใส่ในถาดที่มีน้ำเกือบท่วมตัวอย่างดิน เพื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ทิ้งไว้หนึ่งคืน หลังจากดินอิ่มตัวแล้ว ตักตัวอย่างดินจำนวนหนึ่งไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดินในกระบอกให้วางโดยให้ผิวดินล่างสัมผัสสนิทกับแผ่นพรุน เพิ่มความดันอากาศในหม้อให้เป็น 0.05 บรรยากาศ รอจนกระทั่งไม่มีน้ำหยดออกมาจากภายในเครื่องมืออีก ตักตัวอย่างดินจำนวนหนึ่งไปหาระดับความชื้นของดินที่สมดุลย์กับความดันอากาศที่ปล่อยเข้าไปในเครื่องมือ ฉีดน้ำเล็กน้อยที่ใต้ฐานกระบอกเก็บตัวอย่างดินเพื่อให้ดินแนบสนิทกับแผ่นวัตถุพรุน เพิ่มความดันของอากาศภายในเครื่องมือเท่ากับ 0.1 บรรยากาศ เมื่อไม่มีน้ำหยดออกมาจากภายในเครื่องมือ เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความชื้นของดินที่สมดุลย์กับความดันของอากาศนั้น ๆ ทำเช่นนี้ซ้ำอีกโดยเพิ่มระดับความดันขึ้นเรื่อย ๆ ตามที่ต้องการ แต่จะต้องไม่เกิน 1 บรรยากาศ ดินตัวอย่างหนึ่งจึงใช้หาความชื้นที่พลังงานกำกับก้อนดินหลายระดับได้ เป็นการลดจำนวนกระบอกตัวอย่างที่ต้องเก็บในการศึกษา น้ำที่คงอยู่ในดินขณะสมดุลย์กับความดันอากาศที่ให้ แสดงว่าถูกดินยึดด้วยพลังงานกำกับก้อนดินเท่ากับ (เครื่องหมายตรงข้าม) ความดันอากาศที่ระดับนั้นด้วย ระดับพลังงานที่ศึกษาได้แก่ 0, -0.05, -0.1, -0.2, -0.33 และ -1 บรรยากาศ

ในการใช้เครื่องวัดความดัน เพื่อให้ได้ความดันอากาศเกิน 1 บรรยากาศนั้น ให้ใช้ตัวอย่างดินที่ผึ่งจนแห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. แล้วตักใส่ลงในวงยางที่วางบนแผ่นวัตถุพรุนที่อิ่มตัวด้วยน้ำและมีน้ำหล่ออยู่ด้วย เกลี่ยผิวดินให้เรียบ ทิ้งไว้ให้อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นเวลา 24 ชม. ปรับความดันของอากาศภายในเครื่องมือขึ้นถึงระดับที่ต้องการ ทิ้งไว้จนกระทั่งไม่มีน้ำหยดออกจากเครื่องมืออีกต่อไป จึงนำดินไปอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก ในกรณีนี้จะใช้ตัวอย่างดินใหม่ทุกครั้งที่เปลี่ยนระดับความดันภายในเครื่อง ระดับพลังงานที่ศึกษา -3, -5 -10 และ -15 บรรยากาศ ข้อมูลความชื้นของดินที่พลังงานกำกับก้อนดินต่าง ๆ นำมาลงจุดจะได้เส้นภาพที่เรียกว่า เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน (soil moisture characteristic curve)

สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturaturated hydraulic condtuctivity)

การวัดสมบัติด้านนี้ของดินใช้ตัวอย่างดินที่เก็บแบบโครงสร้างคงสภาพ ปลายด้านล่างของตัวอย่างดินรองด้วยกระดาษกรองและห่อด้วยผ้ามุ้ง แช่กระบอกดินในถาดให้อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นเวลา 1 คืน เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว นำกระบอกดินด้านล่างสวมเข้ากับแผ่นจานตาข่ายและวางบนถาดที่หล่อเลี้ยงด้วยน้ำที่มีท่อน้ำออก ส่วนกระบอกดินด้านบนวางแผ่นจานบนตัวอย่างดินแล้ววางหลอดกรวยปริมาตรอีกทีหนึ่งโดยมีแผ่นยางวงเชื่อมเข้ากับตัวอย่างดิน นำตัวอย่างดินไปตั้งบนแท่นรองรับน้ำ ปลายด้านบนของหลอดกรวยปริมาตรหล่อน้ำขังบนตัวอย่างดินตลอดเวลา ปล่อยน้ำไหลผ่านตัวอย่างดินตลอดเวลา โดยจะต้องหล่อน้ำบนตัวอย่างดินตลอดเวลา เพื่อให้น้ำในระบบไหลในอัตราคงตัว (steady state) เมื่อระดับน้ำไหลถึงขีดด้านบนให้เริ่มจับเวลา เมื่อระดับน้ำไหลมาถึงขีดด้านล่างให้เลิกจับเวลา บันทึกเวลาและวัดความสูงของระดับน้ำจากขีดด้านบนถึงขีดด้านล่าง (ซม.) ในการวัดซ้ำต่อไป ปล่อยให้น้ำไหลซึมผ่านดินเป็นระยะเวลาหนึ่งโดยจะต้องมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่เสมอ เมื่อระดับน้ำขีดด้านบนให้เริ่มจับเวลาและเลิกจับเวลาเมื่อระดับน้ำถึงขีดด้านล่าง บันทึกเวลาและวัดความสูงของระดับน้ำจากขีดด้านบนถึงขีดด้านล่าง (ซม.) บันทึกเวลาและวัดความสูงของระดับน้ำจากขีดด้านบนถึงขีดด้านล่าง (ซม.) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ หลังจากนั้นแยกกระบอกตัวอย่างดินออกเพื่อวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและความสูงของกระบอกภายหลังจากหาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว สามารถใช้ตัวอย่างดินนี้หาค่าความหนาแน่นรวมของดินต่อไปได้อีกด้วย การหาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำด้วยวิธีข้างต้นที่กล่าวไปแล้วนี้ ถ้าปรากฏว่ามีรอยน้ำรั่วหรือซึมออกจากรอยเชื่อมต่อต่าง ๆ จะต้องแก้ไขและทำใหม่ทั้งหมด มิฉะนั้นจะได้ค่าปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านดินผิดไปจากความจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ปริมาณช่องว่างทั้งหมดของดิน (Total porosity, E)

การวิเคราะห์ปริมาณช่องว่างทั้งหมดของดินสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคดินดังต่อไปนี้

$$E = 1 - \frac{Db}{Ds}$$

เมื่อ E คือปริมาณช่องว่างทั้งหมดของดิน Db และ Ds คือความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัม/ลบ.ซม.) ตามลำดับ ปริมาณช่องว่างทั้งหมดของดินจะมีค่าเท่ากับสัดส่วนความชื้นโดยปริมาตรขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำเมื่อดินไม่มีการยืดหดตัว (Hillel, 1980)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ สามารถวัดได้โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร คำนวณได้จากสูตร (Klute, 1965)

$$K = \frac{aL}{At} \ln \frac{hO+L-hl}{ht+L-hl}$$

โดยที่ K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (ซม./วินาที)

a คือ พื้นที่หน้าตัดของหลอดปริมาตร (ตร.ซม.) ซึ่งสามารถหาได้จากสัดส่วนปริมาตรของน้ำที่เปลี่ยนแปลง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของดิน (ตร.ซม.)

L คือ ความยาวของแท่งดิน (ซม.)

t คือ ระยะเวลาที่เริ่มต้นการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง (วินาที)

hO คือ ระดับน้ำในหลอดปริมาตรวัดจากผิวบนของดินที่เวลาเริ่มต้นการทดลอง (ซม.)

ht คือ ระดับน้ำในหลอดปริมาตรวัดจากผิวบนของดินที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง (ซม.)

hl คือ ระยะทางจากผิวล่างของตัวอย่างดินที่จมอยู่ในน้ำจนถึงผิวน้ำในกระบอกโลหะ (ซม.)

สำหรับการทดลองนี้ได้ทำการวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยวิธีพลังงานขับน้ำพันแปรกับเครื่องมือ DIK-4050 ของบริษัท DAIKI RIKA KOGYO จำกัด สามารถคำนวณหาค่าดังกล่าวได้จากสูตร

$$KT = 2.3 \frac{al}{At} \log 10 \frac{h1}{h1-h2}$$

KT = สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินดิ่มตัวด้วยน้ำ (ซม./วินาที)

a = พื้นที่หน้าตัดของหลอดปริมาตร (ตร.ซม.)

l = ความยาวของแท่งดิน (ซม.)

A = พื้นที่หน้าตัดของดิน (ตร.ซม.)

t = ระยะเวลาจากระดับน้ำที่ขีดด้านบนถึงระดับน้ำที่ขีดด้านล่าง (วินาที)

h1 = ความสูงจากผิวน้ำที่ขีดด้านบนจนถึงผิวน้ำที่กระบอกโลหะ (ซม.)

h2 = ความสูงจากผิวน้ำที่ขีดด้านล่างจนถึงผิวน้ำที่ขีดด้านล่าง (ซม.)

เนื่องจากการทดลองโดยใช้เครื่องมือดังกล่าวจะมีค่าคงที่ บางค่าได้แก่ a = 0.5 ตร.ซม., l = 5.1 ซม., A = 19.6 ตร.ซม., h1 = 17.5 ซม. ดังนั้นจึงสามารถเขียนสูตรใหม่ได้ดังนี้

$$KT = \frac{0.299}{t} \log 10 \frac{175}{17.5-h2}$$ (สำหรับระดับน้ำจากขีดด้านบนจนถึงขีดใด ๆ ที่กำหนด)

$$KT = \frac{0.11}{t}$$ (สำหรับระดับน้ำจากขีดด้านบนจนถึงขีดด้านล่าง)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของการปรับปรุงคุณภาพของดินโดยการใช้สารเหลือใช้ทางการเกษตร 4 ชนิดที่ระยะเวลาการสลายตัวต่าง ๆ กัน (15,30,45 และ 60 วัน) การใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรลงไปในดินมีผลกระทบที่สำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับการเก็บน้ำและการนำน้ำของดินดังนี้

ความหนาแน่นอนุภาคของดิน

ค่าความหนาแน่นอนุภาคของชุดดินน้ำพองภายหลังจากการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า ค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันมากทุกชนิดของสารเหลือใช้ทางการเกษตร กล่าวคือมีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบ 2.48-2.51 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าเฉลี่ย 2.49 กรัม/ลบ.ซม. (ตารางที่ 1) เป็นที่น่าสังเกตว่าที่ระยะเวลาการสลายตัว 30, 45 วัน ของสารเหลือใช้ทางการเกษตรทุกชนิด มีแนวโน้มที่ให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินต่ำกว่าที่ระยะเวลาการสลายตัว 15 วันของสารเหลือใช้ทางการเกษตรทุกชนิด แต่ก็มีค่าลดลงไม่มากนัก ที่ระยะเวลาการสลายตัว 60 วันของสารเหลือใช้ทางการเกษตรมีแนวโน้มให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินใกล้เคียงหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ระยะเวลาการสลายตัว 45 วัน

ค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินจะขึ้นอยู่อย่างมากกับส่วนประกอบทางแร่ของดิน แร่ที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่มาก จะทำให้ดินมีความหนาแน่นอนุภาคที่มาก ในขณะที่อินทรียวัตถุเป็นสารที่เบาแต่มีปริมาตรมาก ผลกระทบของอินทรียวัตถุต่อความหนาแน่นอนุภาคของดินจึงมักเป็นไปในทางกลับ อย่างไรก็ตามผลกระทบที่เกิดจากอินทรียวัตถุ โดยปกติน้อยมากเมื่อเทียบผลกระทบที่เกิดจากส่วนประกอบทางแร่ (Baver *et. al.* 1972)

ความหนาแน่นรวมของดิน

ค่าความหนาแน่นรวมของชุดดินน้ำพองภายหลังจากการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ความความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงที่ 30 วัน เมื่อเทียบกับ 15 วันภายหลังจากการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตร และที่ 45, 60 วัน ภายหลังจากการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตร ค่าความหนาแน่นรวม

ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามลำดับ ยกเว้นสำหรับสารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดเทศบาล ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จาก 15,30,45 วัน ภายหลังจากการสลายตัวของปุ๋ยเทศบาลหลังจากนั้น (60 วัน) ค่าความหนาแน่นรวมของดินจึงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) สรุปได้ว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในช่วง 1.29-1.50 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวมของดินเท่ากับ 1.42 กรัม/ลบ.ซม. ความหนาแน่นรวมของดินภายหลังจากการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเวลา 30 วัน จะให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินต่ำที่สุด

ผลการทดลองแสดงว่าสารเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใส่ลงไปในดิน ส่งผลกระทบที่สำคัญต่อความหนาแน่นรวมของดิน รวมทั้งระยะเวลาของการสลายตัวด้วย ความหนาแน่นรวมของดินจะให้ค่าความแตกต่างผันแปรในช่วงที่กว้างมากกว่าความหนาแน่นอนุภาคของดิน ระยะเวลาการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสม ควรเป็นที่ระยะเวลา 30 วัน ซึ่งจะทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำที่สุด กล่าวคือ ดินจะมีความโปร่งและร่วนซุยดี มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซและดูดยึดน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการไชชอนและการแผ่กระจายของรากพืชอีกด้วย

ความพรุนของดิน

ความพรุนรวมของชุดดินน้ำพองภายหลังจากการใส่ของเสียจากโรงงานทำกระดาษและมูลวัวเป็นเวลา 30 วันจะให้ค่าสูงที่สุด ส่วนความพรุนรวมของดินภายหลังการใส่ปุ๋ยเทศบาลเป็นเวลา 45 วัน จะให้ค่าสูงที่สุด สำหรับความพรุนรวมของดินภายหลังการใส่ปุ๋ยหมักใบไม้ที่ 30 และ 45 วัน จะให้ค่าสูงสุดใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าค่าความพรุนรวมของดินในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในช่วง 39.76-48.19 % โดยมีค่าเฉลี่ยของความพรุนรวมของดินเท่ากับ 43.05 % (ตารางที่ 1) นอกจากนี้สามารถสังเกตได้ว่า การใส่ปุ๋ยเทศบาลลงไปในดินทรายเป็นเวลา 45 วัน จะให้ค่าความพรุนรวมของดินสูงที่สุด

ความพรุนรวมของดินจะขึ้นอยู่อย่างมากกับค่าความหนาแน่นรวมของดินมากกว่าความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Baver *et.al.* 1972) ความพรุนรวมของดินจะเป็นตัวกำหนดและควบคุมความจุของอากาศในดิน ความจุในการดูดยึดน้ำของดิน การไชชอนและการแผ่กระจายของรากพืช ตลอดจนการนำน้ำจากดินชั้นบนลงสู่ดินชั้นล่าง

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นอนุภาค ความหนาแน่นรวมและความพรุนรวมของดินภายหลังจากการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ชนิดของสารเหลือใช้ทางการเกษตร	ระยะเวลาการสลายตัว (วัน)	ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)	ความพรุนรวมของดิน (%)
ของเสีย	15	2.51	1.46	41.83
	30	2.48	1.38	44.35
	45	2.48	1.46	41.13
	60	2.49	1.50	39.76
เทศบาล	15	2.49	1.43	42.57
	30	2.48	1.39	43.95
	45	2.49	1.29	48.19
	60	2.49	1.50	39.76
ใบไม้	15	2.50	1.44	42.40
	30	2.48	1.38	44.36
	45	2.49	1.38	44.58
	60	2.49	1.40	42.17
มูลวัว	15	2.51	1.46	41.83
	30	2.49	1.31	47.39
	45	2.49	1.39	44.18
	60	2.50	1.49	40.40
ชุดดินน้ำพอง (control)	-	2.54	1.56	38.58

สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำภายหลังการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ พบว่าจะมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 30 วัน ยกเว้นปุ๋ยหมักใบไม้ที่ระยะเวลา 30 วัน จะมีค่าต่ำสุด หลังจากนั้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้น กล่าวโดยสรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินนี้ในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในช่วง 5.92×10^{-3} ถึง 8.18×10^{-2} ซม./วินาที โดยมีค่า เฉลี่ย 3.55×10^{-2} - ซม./วินาที (ตารางที่ 2)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ดินน้ำพองภายหลังการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ระยะเวลา 30 วัน จะมีความสามารถในการนำน้ำในอัตราที่สูง โดยเฉพาะการใส่สารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ มูลวัวและปุ๋ยหมักใบไม้ ตามลำดับ ทำให้การระบายน้ำและถ่ายเทอากาศเป็นไปได้ดี โอกาสที่จะเกิดการชะล้างผิวหน้าดินไปกับน้ำไหลบ่า (runoff) เป็นไปได้น้อยมากเนื่องจากการขังน้ำบริเวณผิวดินมีน้อยมาก

เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน

เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินเป็นเส้นภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของดินกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน (matric potential) ซึ่งส่วนมากจะศึกษาพลังงานกำกับก้อนดินในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง -15 บรรยากาศ จากการศึกษาเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินพบว่า ภายหลังจากการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน (รูปที่ 1 ถึง 4) โดยทั่วไปจะมีลักษณะของเส้นภาพค่อนข้างคล้ายคลึงกัน ลักษณะของเส้นภาพค่อนข้างชัน ในช่วงพลังงานกำกับก้อนดินต่ำ ๆ (0 ถึง -1 บรรยากาศ) กล่าวคือ ปริมาณน้ำในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่อพลังงานกำกับก้อนดินเปลี่ยนแปลงไปเพียง 1 หน่วยบรรยากาศ หลังจากนั้นในช่วงพลังงานกำกับก้อนดินสูง ๆ (-1 ถึง -15 บรรยากาศ) ลักษณะของเส้นภาพจะค่อนข้างราบ กล่าวคือ ปริมาณน้ำในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย เมื่อพลังงานกำกับก้อนดินเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยบรรยากาศ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินของสารเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการสลายตัวเท่ากัน (รูปที่ 5-8) โดยทั่วไปลักษณะของเส้นภาพค่อนข้างคล้ายคลึงกันกับรูปที่ 1-4 กล่าวคือในช่วงพลังงานกำกับก้อนดินต่ำ ๆ (0 ถึง -1 บรรยากาศ) ลักษณะของเส้นภาพค่อนข้างชันเช่นกัน และในช่วงพลังงานกำกับก้อนดินสูง ๆ (-1 ถึง -15 บรรยากาศ) ลักษณะของเส้นภาพจะค่อนข้างราบ

เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินเป็นค่าดัชนีที่แสดงถึงพลังงานดูดยึดน้ำของดินที่มีต่อแต่ละหน่วยปริมาณของน้ำในดิน ดังนั้นพลังงานกาักับก้อนดินของน้ำในดินจึงเป็นสิ่งที่พืชจะต้องเอาชนะในการดูดแต่ละหน่วยโมเลกุลของความชื้นไปจากดิน กล่าวคือพืชจะต้องใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของความชื้นไม่น้อยกว่าพลังงานกาักับก้อนดินของน้ำในดินจึงจะสามารถดูดความชื้นไปจากดินได้

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของดินโดยการใช้สารเหลือใช้ทางการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพบางประการของดินทรายภายหลังการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรที่ระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 วัน ผลการศึกษาสรุปผลได้ดังนี้

1. ความหนาแน่นอนุภาคของดินมีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบ 2.48-2.51 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าเฉลี่ย 2.49 กรัม/ลบ.ซม.

2. ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มค่าต่ำที่สุดที่ระยะเวลา 30 วัน ของการสลายตัว และความหนาแน่นรวมของดินมีค่าอยู่ในช่วง 1-29-1.50 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าเฉลี่ย 1.42 กรัม/ลบ.ซม.

3. ความพรุนรวมของดินจะมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 45 วันของการสลายตัว และความพรุนรวมของดินมีค่าอยู่ในช่วง 39.76-48.19% โดยมีค่าเฉลี่ย 43.05%

4. สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำจะมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 30 วัน ของการสลายตัวโดยมีค่าอยู่ในช่วง $5.92 \times 10^{-3} - 8.18 \times 10^{-2}$ ซม./วินาที และมีค่าเฉลี่ย 3.55×10^{-2} ซม./วินาที

5. เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของสารเหลือใช้ทางการเกษตรที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยทั่วไปจะให้ลักษณะของเส้นภาพปลดปล่อยความชื้นคล้ายคลึงกันทุกการทดลอง กล่าวคือ จะมีลักษณะของเส้นภาพค่อนข้างชันที่พลังงานกาักับก้อนดินต่ำ ๆ (0 ถึง -1 บรรยากาศ) และหลังจากนั้นลักษณะของเส้นภาพจะค่อนข้างราบที่พลังงานกาักับก้อนดินสูงขึ้น (-1 ถึง -15 บรรยากาศ)

เอกสารอ้างอิง

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2527. ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนทรี อัครธรกุล. 2529. หลักการปฐพีฟิสิกส์. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 201 หน้า

แสวง รวยสูงเนิน. 2536. วิวัฒนาการและปัญหาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. โครงการการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำอาง ศรีนิลทา. 2510. คู่มือปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์ของของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (โรเนียว)

Baver, L.D., W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc.

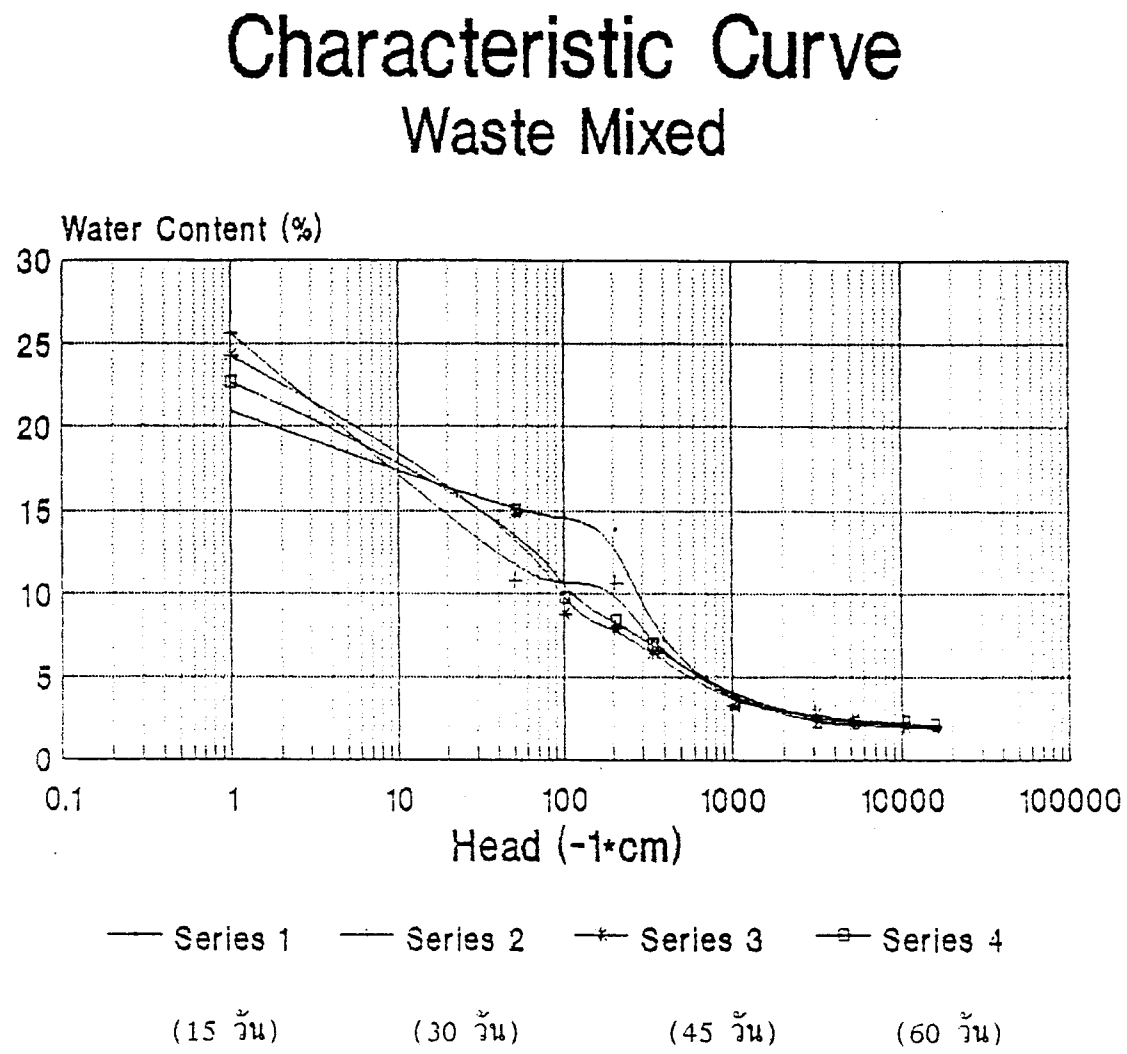
Daiki Rika Kogyo Co., Ltd. Falling head permeameter, 5 fold type (DIK-4050) Tokyo, Japan.

Hillel, D. 1980. Applications of Soil Physics. New York : Academic Press.

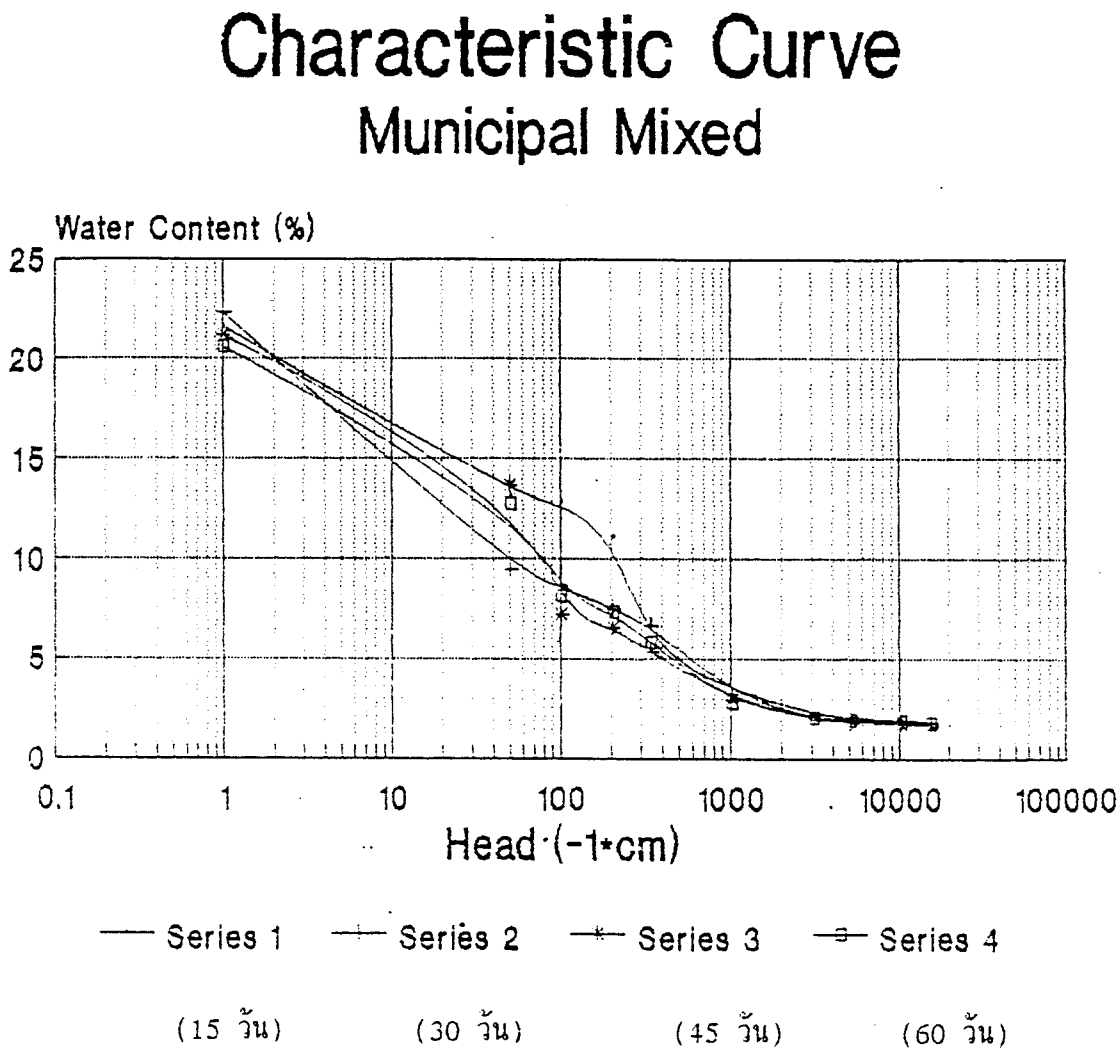
Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In C.A. Black. (ed). 1965. Methods of Soil Analysis. Part I No. 9. Wisconsin : American Society of Agronomy.

Richard, L.A. 1965. Physical condition of water in soil. In C.A. Black (ed). 1965. Methods of Soil Analysis. Part I. No. 9 Wisconsin : American Society of Agronomy.

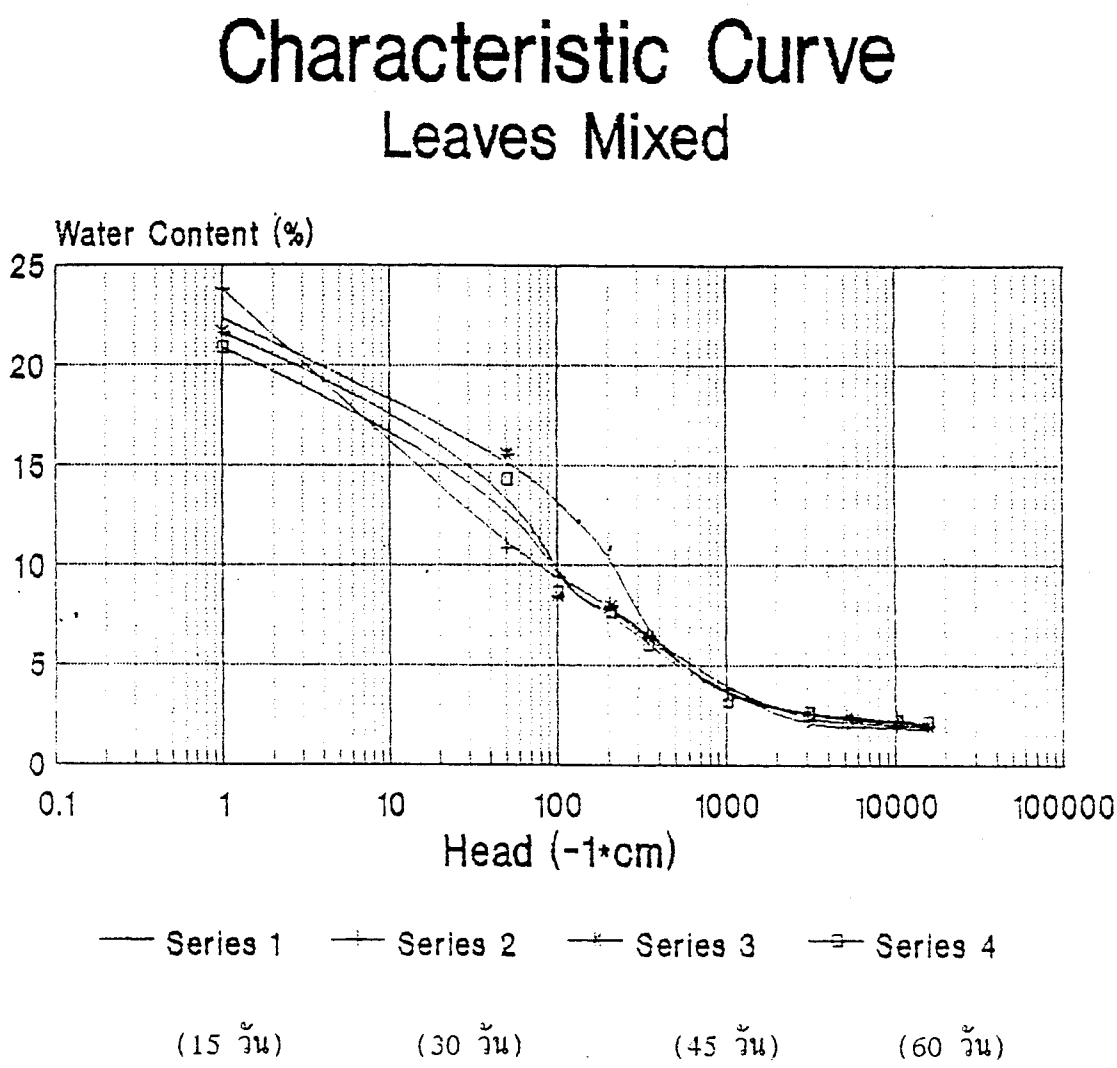
Smith, K.A., C.E. Mullins. 1991. Soil Analysis (Physical Methods). New York : Marcel Dekker, Inc.



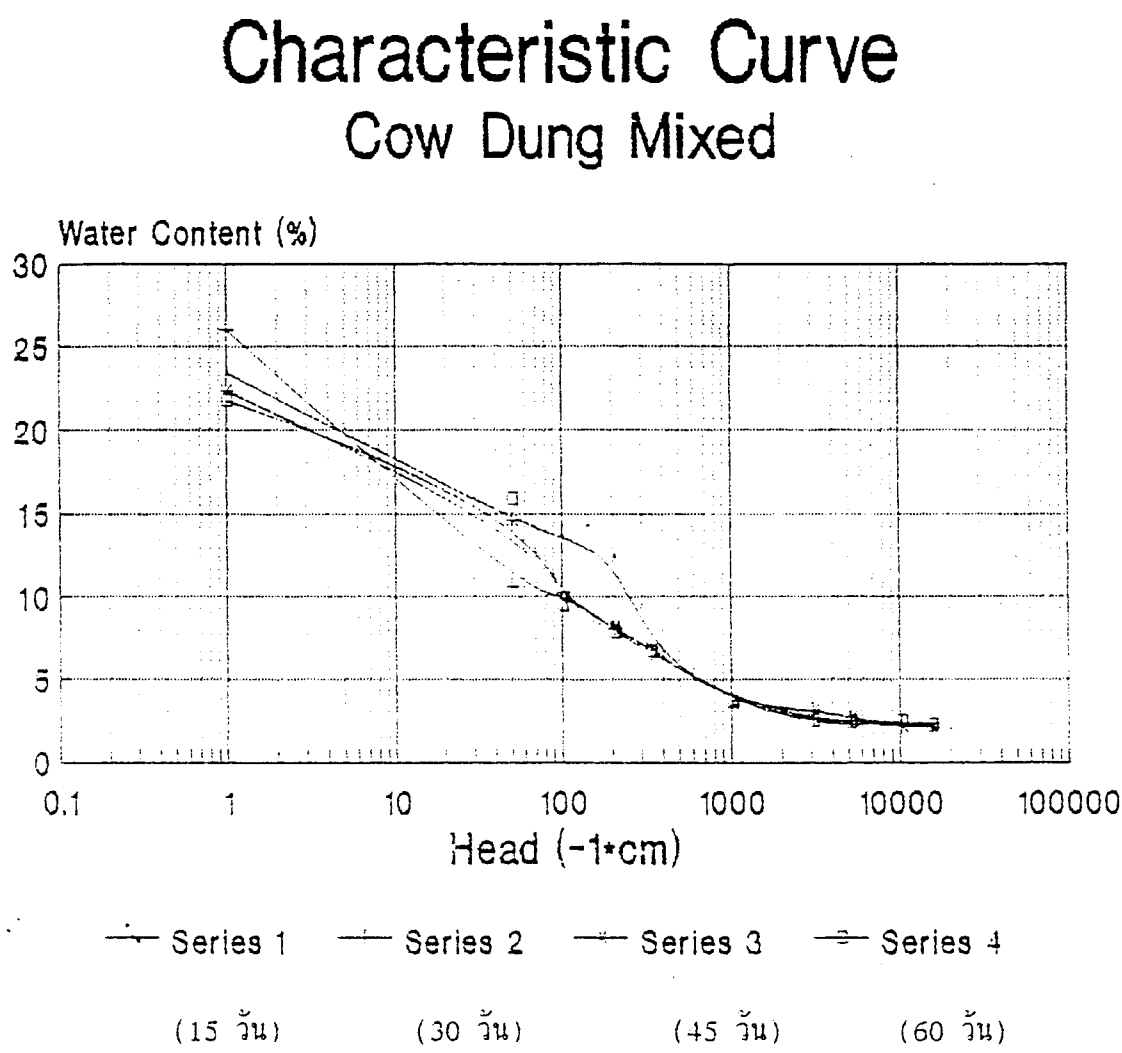
รูปที่ 8 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังจากการสลายตัวของของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำกระดาษที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน



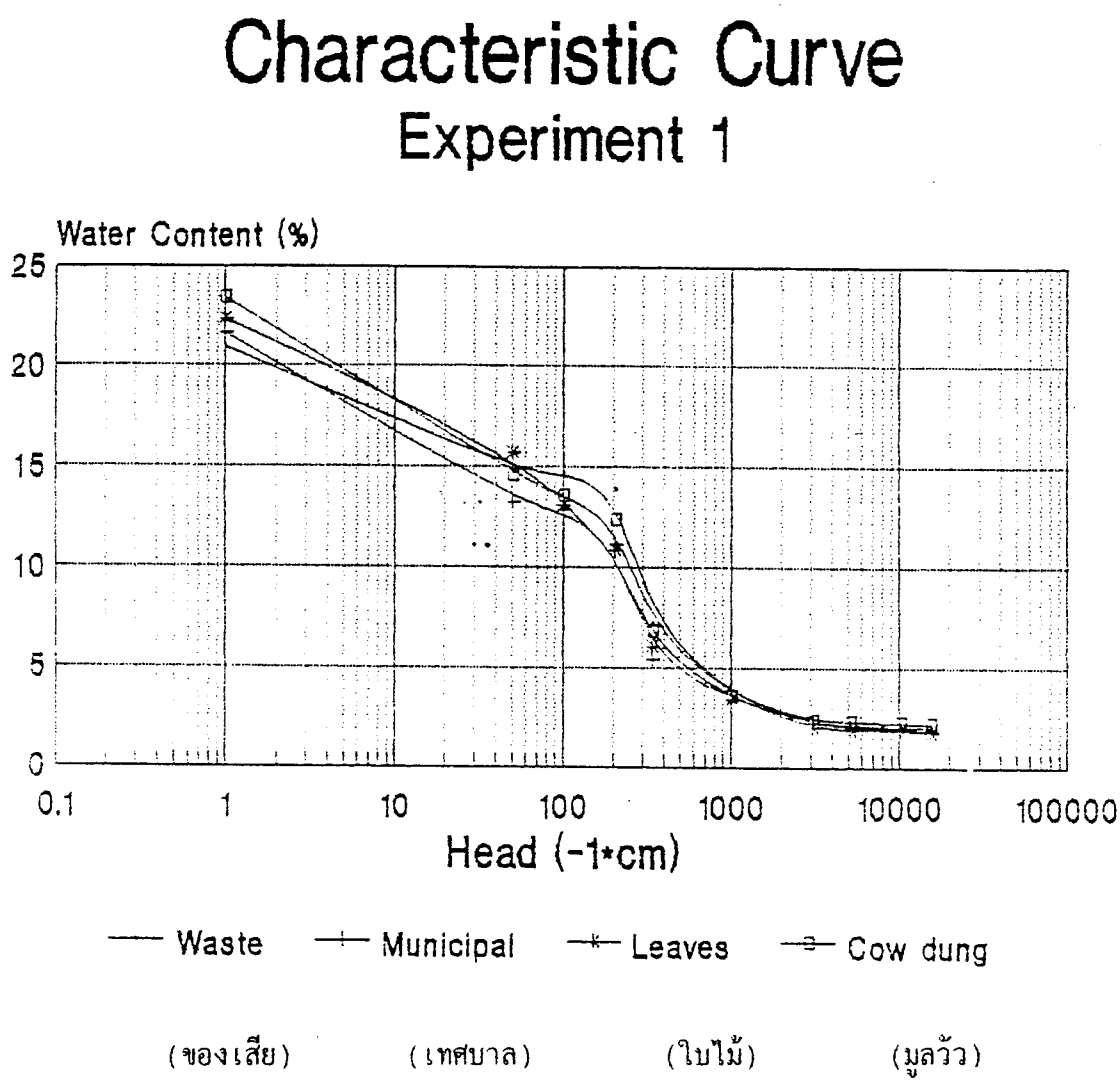
รูปที่ 9 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของปุ๋ยเทศบาลที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน



รูปที่ 10 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังจากการสลายตัวของปุ๋ยหมักใบไม้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

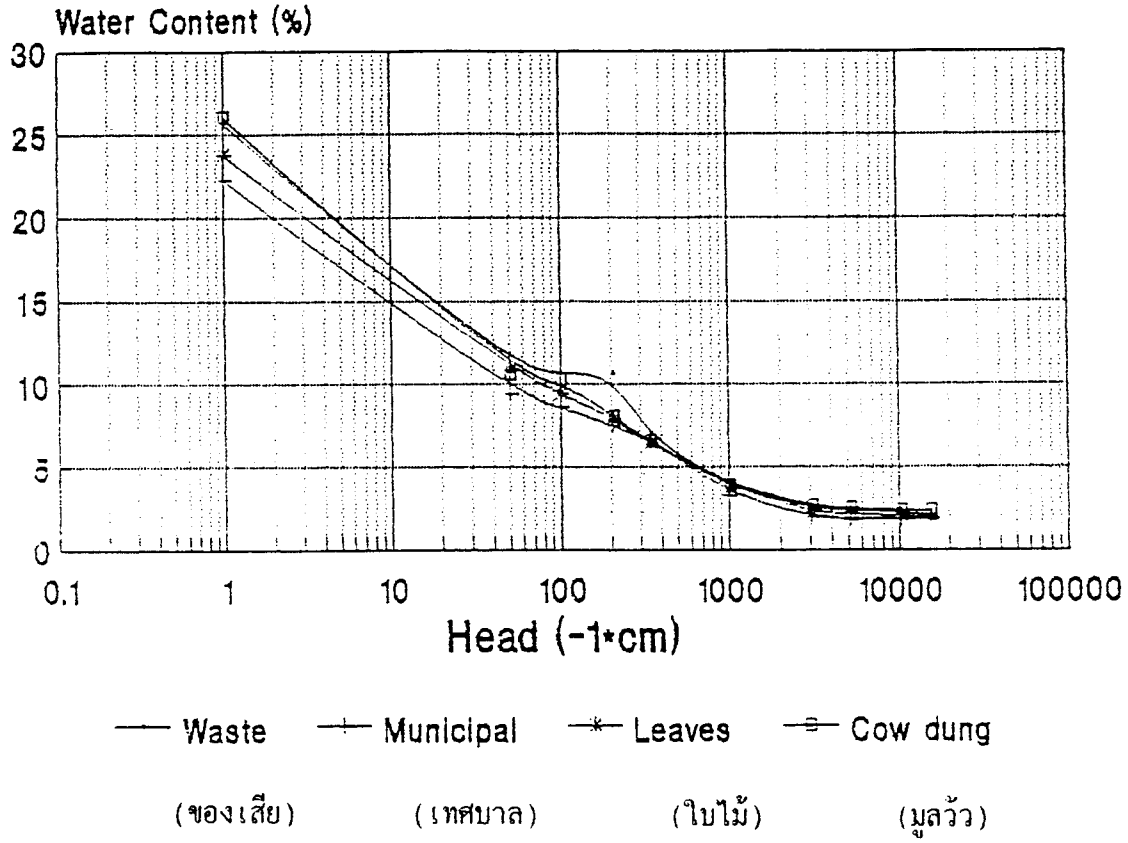


รูปที่ 11 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังจากการสลายตัวของมูลวัวที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

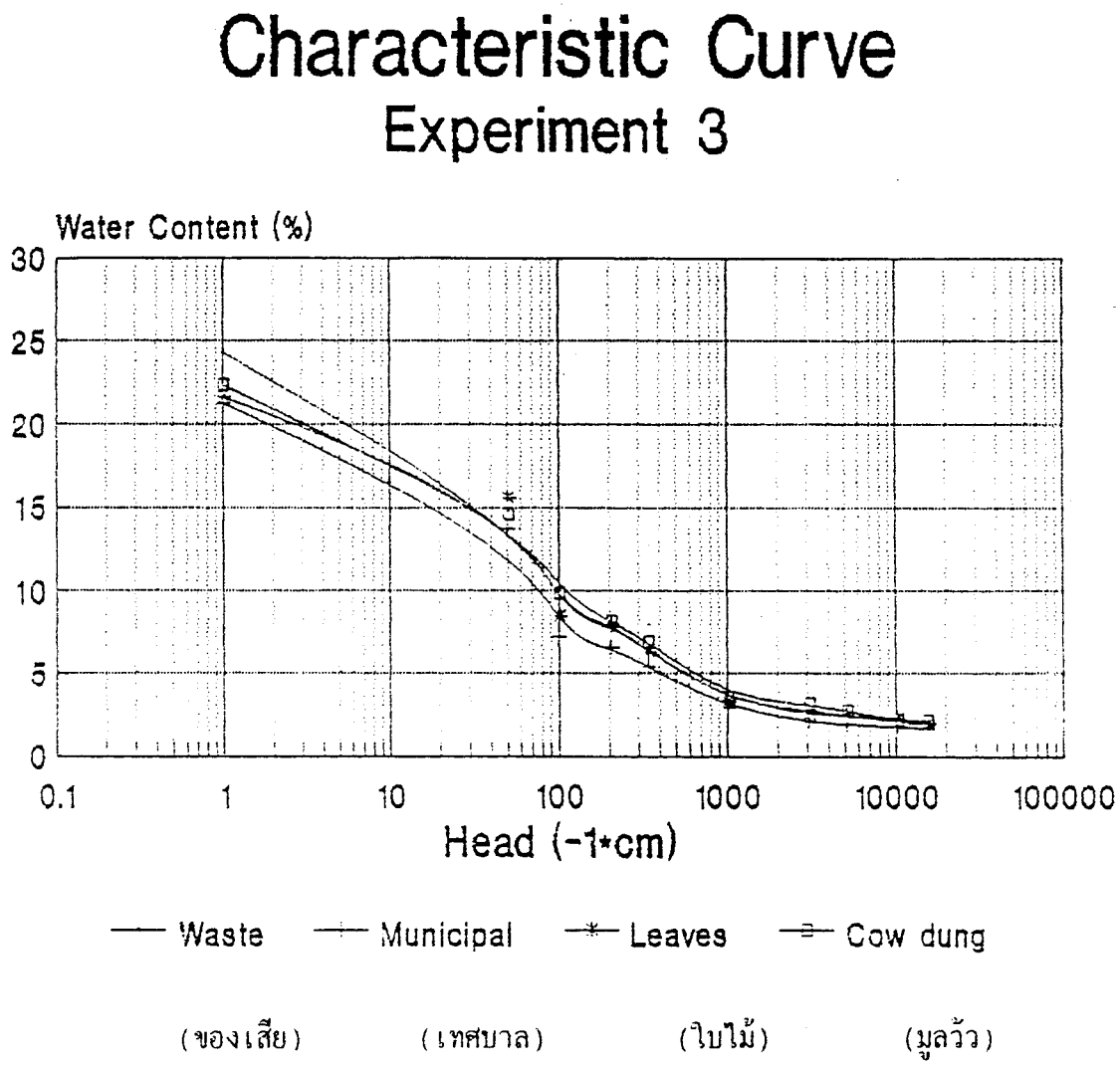


รูปที่ 12 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ 4 ชนิด ที่ระยะเวลา 15 วัน

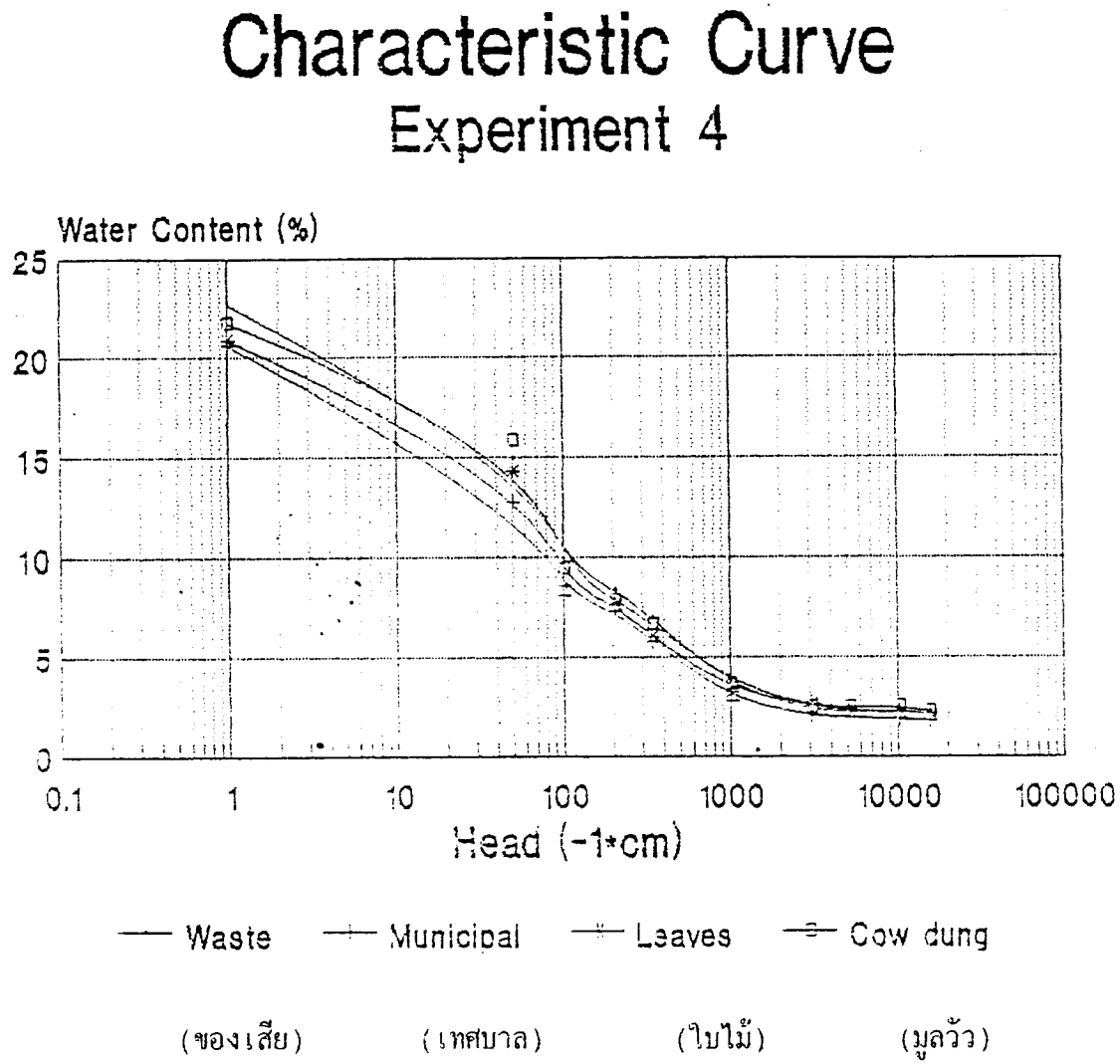
หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยขอนแก่น
วิ
ร
571.58
.15
3512



รูปที่ 13 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ 4 ชนิดที่ระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 14 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ 4 ชนิดที่ระยะเวลา 45 วัน



รูปที่ 15 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินภายหลังการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ 4 ชนิดที่ระยะเวลา 60 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์