

ผลของสารดูดน้ำไวเทอร์ราต่อความเป็นประโยชน์ต่อพืช ของน้ำในชุดดินกำแพงแสน

Effect of Water - Absorbent Agent ' Viterra ' on the Water Availability of Kamphaeng Saen Soil Series

สุนทรี ยิ่งจ้าวลย์¹

Suntaree Yingjajaval

ABSTRACT

Water - absorbent agent ' Viterra ' was mixed with Kamphaeng Saen soil series (Typic Haplustalfs) at 4 rates of 0, 1, 3 and 5 g/l of air - dried soil to study its beneficial effect on the water availability of soil. The soil under study was prepared in two ways, the original soil and the potting mixture of soil with duck manure, sand and rice hull for vegetable seedling culture. Only Viterra at the rate of 3 g/l and higher had the effect on soil water availability. At saturation, mixing Viterra at the rate of 5 g/l increased the saturation water content (mass basis) by 26.9% in the original soil and 38.1% in the potting soil. Upon wetting, the bulk volume of the soil also expanded. However, the available water capacity was increased by Viterra only in the original soil. This was the result of an increase in pore volume of 10 - 60 micrometer size. Not only the available water capacity but also the specific water capacity was greatly improved by the addition of Viterra to the original soil. Potting soil, on the other hand, showed no increase in available water capacity since addition of Viterra increased mainly the volume fraction of the large drainage pore size of > 60 micrometer. Therefore, the water - absorbent agent increased the soil water content at saturation and increased the volume, but the effect on the availability of the water depended on the soils. When mixed with soil which had a greater volume of large - size pores, such as potting soil, Viterra seemed to be able to absorb a much greater amount of water and then expanded fully. This led to an increase in the volume fraction of large - size pores in the soil. In a denser soil, on the other hand, the volume expansion of Viterra may be less. So the increase in pore volume of the soil was that of the medium - size pores. This was more desirable as the medium - size pores contained water available to plant.

บทคัดย่อ

ทดลองผสมสารดูดน้ำไวเทอร์ราในอัตรา 0 1 3
และ 5 กรัมต่อลิตรของดินผึ่งแห้งของชุดดินกำแพง

แสน (Typic Haplustalfs) ซึ่งมีเนื้อดินร่วนเหนียวปน
ทราย 2 ลักษณะ คือ สภาพดินดั้งเดิมและดินที่ผสมปุ๋ย
ขี้เป็ด ทรายและแกลบ เพื่อใช้เพาะกล้าพืชผัก ผลการ

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

ศึกษาพบว่าสมบัติด้านน้ำของดินไม่เปลี่ยนแปลงมาก เมื่อผสมสารในอัตรา 1 กรัมต่อลิตร ผลกระทบจะชัดเจนเมื่อผสมสารในอัตราสูงขึ้นคือเมื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ การผสมสารดูดน้ำในอัตรา 5 กรัม/ลิตร ทำให้ดินมีค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงมวลเพิ่มขึ้น 26.9% ในดินดั้งเดิม และ 38.1% ในดินผสม การดูดน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดควบคู่กับปริมาตรของดินที่พองตัวเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การดูดน้ำที่เพิ่มขึ้นของดินนี้ มีผลทำให้ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเฉพาะในดินดั้งเดิม เพราะสารไวเทอร์ราช่วยเพิ่มช่องว่างขนาดกลางที่มีช่องขนาด 10 – 60 ไมโครเมตร และทั้งยังทำให้ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของน้ำ (ค่าความจุน้ำจำเพาะ) สูงขึ้น แต่ในดินผสมเพาะกล้า การผสมสารดูดน้ำจะเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่มากกว่า 60 ไมโครเมตรเป็นหลัก ซึ่งเป็นช่องว่างระบายน้ำ เพราะฉะนั้นความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจึงไม่เพิ่มขึ้น ผลกระทบของสารดูดน้ำต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจึงขึ้นกับชนิดของดินที่ผสมสารด้วย ในดินที่มีช่องว่างโปร่งมากอยู่แล้ว สารไวเทอร์ราที่ผสมแทรกอยู่เมื่อดูดน้ำจะยึดพองได้มาก จึงเป็นการเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ แต่ในดินที่แน่นกว่า การยึดตัวจะเป็นการเพิ่มช่องว่างขนาดกลางที่เป็นการเพิ่มทั้งความจุน้ำ และระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของน้ำในดิน

คำนำ

สารดูดน้ำที่ผลิตในรูปของโพลิเมอร์ มีหลายชนิด และมีการพัฒนาใช้ในทางอุตสาหกรรมมาก่อน ในระยะหลังนี้ได้มีการพยายามนำมาประยุกต์ใช้ในการเกษตร โดยโฆษณาในเชิงเป็นสารช่วยเพิ่มการอุ้มน้ำของดิน ซึ่งจะเป็นการช่วยลดสภาวะขาดน้ำของพืช แต่เนื่องจากราคาของสารยังสูงอยู่ จึงมักแนะนำให้ใช้กับพืชที่มีราคาสูง ใช้สำหรับการเพาะกล้าไม้โดยช่วยให้กล้าตั้งตัวได้เมื่อต้องเผชิญภาวะฝนทิ้งช่วง ผสมใน

ดินที่มีหน้าตัดดินชั้นเพื่อใช้ปลูกพืชกันการชะล้าง หรือใช้กับไม้ประดับที่ปลูกในกระถางสำหรับตั้งในงานแสดงต่าง ๆ เพื่อลดการการดูแลรดน้ำ

แม้ราคาของสารดูดน้ำเหล่านี้จะเป็นข้อจำกัดการใช้อยู่ แต่ศักยภาพในการใช้ทางด้านเกษตรกรรมมีสูงมาก การศึกษาเท่าที่มีรายงานมา จะเป็นการศึกษาการใช้สารประเภทนี้ในการลดผลกระทบต่อพืชจากสภาพแล้ง (ทศนีย์ และคณะ 2529) การศึกษานี้ต้องการทดสอบสารดูดน้ำหนึ่งตัวอย่าง ชื่อ ไวเทอร์รา (Viterra) กับชุดดินกำแพงแสน โดยเป็นการวัดสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของน้ำในดินโดยตรง เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงกลไกของสารนี้ต่อพฤติกรรมความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

สารไวเทอร์รา (Viterra Planta - gel, water - absorbent soil additive) เป็นโพลิเมอร์ มีชื่อทางเคมีว่า “ potassium propenoate - propenamide copolymer ” เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทเชริง (Schering, 1983) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เอกสารกำกับสารเคมีแสดงสมบัติของสารดูดน้ำนี้ว่า มีค่า pH 7.0 – 8.5 ดูดน้ำได้ 200 – 400 เท่าของน้ำหนักแห้ง ลักษณะเป็นก้อน เกล็ดเล็ก ๆ สีขาวไม่มีกลิ่น เมื่อผสมกับดินทราย หรือวัสดุสังเคราะห์ที่ใช้เป็นสารเพาะปลูกพืช จะช่วยเพิ่มความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่า 50% ลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยน้ำ และช่วยการถ่ายเทอากาศ จึงเป็นการช่วยปรับปรุงดิน และลดความถี่ของการให้น้ำ (Schering, 1983)

อุปกรณ์และวิธีการ

ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks, Typic Haplustalfs) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบครั้งนี้ โดยใช้ชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม และชุดดินกำแพงแสนที่ผสมเพื่อใช้เพาะกล้าพืชผัก ซึ่งมี

สัดส่วนโดยปริมาตรคือ ชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม 5 ส่วน ปุ๋ยขี้เปิด 2 ส่วน ทราซ 1 ส่วน และแกลบ 1 ส่วน ดินที่ศึกษา 2 ประเภทนี้ เป็นดินที่ไม่มีการรักษาโครงสร้าง นำมาผสมสารดูดน้ำไวเทอร์รา 4 อัตรา คือ 0 1 3 และ 5 กรัมต่อลิตรของดินผึ่งลมแห้ง ตามอัตราของเอกสารแนะนำ (Schering, 1983) ดินตัวอย่างนี้จะใช้วัดค่าความหนาแน่นรวมของดิน และใช้วัดค่าความสัมพันธ์ของพลังงานก่อกับก้อนดินของน้ำกับค่าสัดส่วนปริมาณน้ำที่ดินยึดไว้ (เส้นอัตราลักษณ์ของน้ำในดิน)

การวัดค่าความหนาแน่นรวมของดินขณะผึ่งลมแห้ง ทำโดยบรรจุดินในกระบอก ชั่งน้ำหนักดินผึ่งลมแห้งและวัดปริมาตรรวม (Blake and Hartge, 1986) ส่วนความหนาแน่นรวมขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ทำโดยบรรจุดินในกระบอกโลหะขนาดเท่ากัน ปิดด้านล่างด้วยกระดาษกรองและผ้าขาวบาง เช็ดดินในน้ำข้ามคืนจนดินอิ่มตัวเต็มที่ ปาดดินส่วนเกินออก ให้ทุกตัวอย่างมีปริมาตรขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากันหมด คือเท่ากับปริมาตรด้านในของกระบอกโลหะ นำดินไปหาค่าความชื้นโดยการชั่งและอบ ได้ค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงมวลขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ และหลังจากอบแห้งได้วัดปริมาตรของดินแห้งด้วย เพื่อวิเคราะห์การหดตัวของดิน การวัดความหนาแน่นรวมนี้ใช้ตัวอย่างละสองซ้ำ ส่วนการวัดเส้นอัตราลักษณ์ของน้ำในดินตามวิธีการมาตรฐาน (Klute, 1986) ใช้ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน มีความหมายเป็นค่าสัดส่วนของมวลอบแห้งของดินต่อปริมาตรทั้งหมด ในที่นี้ค่าความหนาแน่นรวมจะมีได้หลายค่า ทั้งนี้เพราะเมื่อให้ดินมีมวลอบแห้งเท่ากัน ปริมาตรรวมของดินจะมีหลายค่าได้ ดินที่ผึ่งลมแห้งเมื่อได้รับน้ำ ดินจะอุ้มน้ำจึง

มีการยึดตัว ครั้นเมื่ออบแห้ง ขณะที่มีน้ำน้อย ๆ ระเหยออกจากดิน แรงดึงดูดของน้ำจะดึงอนุภาคดินให้หดใกล้กันเข้ามา ดินอบแห้งจึงมีปริมาตรรวมลดลง ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ขณะผึ่งลมแห้ง อิ่มตัวด้วยน้ำ และอบแห้ง (Table 1) ค่าความหนาแน่นรวมของดินขณะผึ่งลมแห้ง (ρ_1) กำหนดโดยใช้ค่าปริมาตรรวมของดินขณะผึ่งลมแห้ง ค่าความหนาแน่นรวมของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ρ_2) ใช้ค่าปริมาตรรวมของดินขณะดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัวเต็มที่ และค่าความหนาแน่นรวมของดินขณะอบแห้ง (ρ_3) กำหนดโดยใช้ค่าปริมาตรของดินที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบ (105°ซ. 24 ชั่วโมง) มาแล้ว

การผสมสารดูดน้ำไวเทอร์รากับดินตามคำรับการทดลองนั้น เป็นการผสมโดยใช้ดินผึ่งลมแห้งเป็นหลัก และเนื่องจากน้ำหนักของสารดูดน้ำที่ผสมลงไปเป็นสัดส่วนที่ต่ำมาก ความหนาแน่นรวมของดินขณะผึ่งลมแห้ง จึงมีค่าใกล้เคียงกันทุกคำรับการทดลองทั้งดินกำแพงแสนดั้งเดิมและดินกำแพงแสนผสมสำหรับเพาะกล้า เมื่อให้ตัวอย่างดินเหล่านี้แช่น้ำจนอิ่มตัวด้วยน้ำเต็มที่ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเพราะดินมีการยึดตัว ซึ่งค่าความหนาแน่นรวมจะลดมากขึ้นในคำรับที่มีการใส่สารดูดน้ำในอัตราสูงขึ้น และดินผสมเพาะกล้าจะมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินดั้งเดิม จากค่าความหนาแน่นรวมที่แตกต่างกันนี้สามารถคำนวณสัดส่วนของปริมาตรดินที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับสภาพเดิมได้ เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรรวมของดินที่เปลี่ยนไป (ΔV) จากดินผึ่งแห้งเป็นดินอิ่มตัว คำนวณจากความสัมพันธ์ว่า

$$\% \Delta V = 100 (V_{\text{อิ่มตัว}} - V_{\text{ผึ่งแห้ง}}) / V_{\text{ผึ่งแห้ง}} \quad (1)$$

$$= 100 (\rho_1 - \rho_2) / \rho_2 \quad (2)$$

ในทำนองเดียวกัน ดินที่เปียกแล้วนี้เมื่ออบแห้งจะได้ค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าขณะเปียก เพราะดินจะหดตัว

Table 1 Bulk density and change in soil volume under air - dried (AD), saturated (SAT) and oven - dried (OD) conditions of Kamphaeng Saen soil series mixed with Viterra at various rates.

Ks soil series	Viterra rate (g l ⁻¹)	Bulk density (Mg m ⁻³)			% Volume change	
		AD ρ_1	SAT ρ_2	OD ρ_3	AD to SAT	SAT to OD
Original	0	1.283	1.088	1.389	17.9	- 21.7
	1	1.282	1.059	1.223	21.1	- 13.4
	3	1.283	1.034	1.171	24.1	- 11.7
	5	1.282	0.982	1.091	30.5	- 10.0
Potting mixture	0	1.088	0.980	1.251	11.0	- 21.7
	1	1.069	0.999	1.199	7.0	- 16.7
	3	1.080	0.933	1.057	15.7	- 11.7
	5	1.080	0.845	0.889	27.8	- 4.9

สามารถจะคิดเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรรวมของดินที่เปลี่ยนแปลงดังนี้

$$\% \Delta V = 100 (V_{\text{อบแห้ง}} - V_{\text{อิ่มตัว}}) / V_{\text{อิ่มตัว}} \quad (3)$$

$$= 100 (\rho_2 - \rho_3) / \rho_3 \quad (4)$$

ปริมาตรรวมของดินที่เปลี่ยนไป (Table 1) ค่าบวกแสดงว่าดินมีการยึดตัว ส่วนค่าลบแสดงว่าดินมีการหดตัว ชูดินกำแพงแสมมีการยึดหดตัวตามธรรมชาติเมื่อเปียกและแห้งอยู่แล้ว ซึ่งการยึดหดตัวเกิดจากการมีแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุอยู่ในดิน ในดินดั้งเดิมเมื่อเปียกน้ำจะขยายตัว 17.9% จากปริมาตรของดินฝั่งลมแห้ง การใส่สารดูดน้ำไวเทอร์รา 5 กรัม/ลิตรของดินจะทำให้ปริมาตรเพิ่มเป็น 30.5% ในกรณีนี้การเติมสารดูดน้ำในดินเพิ่มจาก 1 เป็น 5 กรัม/ลิตร จึงทำให้อัตราเพิ่มปริมาตรของดินโดยเฉลี่ยมีค่า 2.25% ต่อหนึ่งกรัมของสารดูดน้ำที่ผสมเพิ่มขึ้นต่อหนึ่งลิตรของดิน ในกรณีของดินผสมเพาะกล้า ซึ่งมีความโปร่งกว่าดินดั้งเดิม เมื่อไม่ได้ใส่สารไวเทอร์รา ปริมาตรจะเพิ่มอีก

11% ของปริมาตรดินฝั่งลมแห้งหลังจากให้ดูดน้ำเต็มที่ แต่การใส่สารดูดน้ำไวเทอร์ราในอัตรา 5 กรัม/ลิตร ทำให้ดินมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 27.8% จึงทำให้อัตราเพิ่มของปริมาตรดินเป็น 5.20% ต่อหนึ่งกรัมของสารดูดน้ำที่เติมลงไปต่อหนึ่งลิตรของดิน ซึ่งเป็น 2.2 เท่าของดินดั้งเดิม การเปลี่ยนแปลงปริมาตรนี้แสดงใน Figure 1

อิทธิพลของสารดูดน้ำไวเทอร์ราต่อการเปลี่ยนปริมาตรของดิน มีลักษณะน่าสนใจมากขึ้น เมื่อทำให้ดินที่อิ่มตัวนี้แห้งสนิทด้วยการอบในตู้อบ ดินกำแพงแสมทั้งชนิดดั้งเดิมและดินผสมจะหดตัวตามธรรมชาติเมื่อน้ำค่อย ๆ ระเหยจากดิน ปริมาตรรวมของดินอบแห้งจะลดลงจากขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ 21.7% แต่เมื่อมีการผสมสารดูดน้ำไวเทอร์ราจะมีการหดตัวน้อยลงเมื่อผสมไวเทอร์รา 5 กรัม/ลิตร ดินดั้งเดิมจะมีปริมาตรรวมลดลง 10.0% และดินผสมจะหดตัวเพียง 4.9% (Figure 1) ซึ่งเป็นการแสดงว่าสารไวเทอร์ราเมื่อแทรกตัวในดินและเกิดการยึดตัวจากการอุ้มน้ำแล้ว โครงร่างของสารจะคงรูปได้ดี เมื่อน้ำระเหยออก โครงร่างของสารนี้ยังคงสภาพแทรกระหว่างอนุภาคดินอยู่ ทำให้

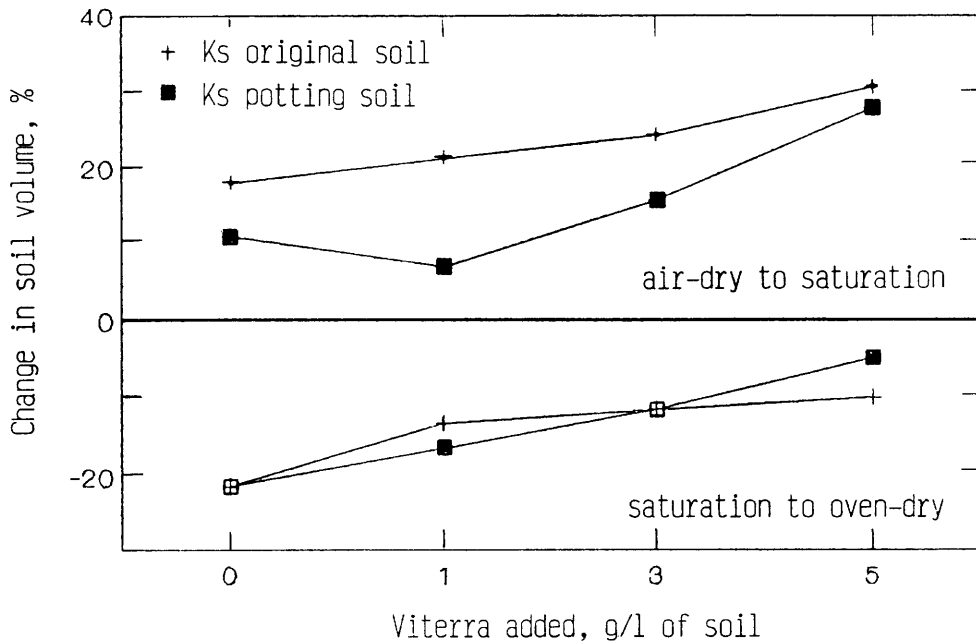


Figure 1. Volume change when Ks soils mixed with Viterra at various rates undergo wetting and drying cycle.

อนุภาคดินไม่ถูกดึงเข้ามาใกล้กันตามแรงดึงดูดของน้ำ ผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรรวมของดินที่ใส่สาร ไวเทอร์ราเมื่อมีการดูดและสูญเสีย น้ำ แสดงให้เห็นชัดว่าตัวสารดูดน้ำเองมีการยึดตัวสูงเมื่อดูดน้ำและโครงสร้างที่พองขึ้นนี้จะไม่ยุบกลับรูปเดิมเมื่อดินสูญเสีย น้ำ การผสมสารไวเทอร์ราในดินจึงทำให้ดินที่เปียกน้ำพองตัวมากกว่าปรกติ ซึ่งหากผสมสารนี้กับดินอย่างทั่วถึง การพองตัวจะเกิดอย่างสม่ำเสมอ เช่นในดินผสมสำหรับเพาะกล้า แต่ในกรณีที่เป็นไม้ยืนต้นหรือพืชที่เติบโตในดินอยู่แล้ว การผสมไวเทอร์รากับดินแล้วกรอกใส่ในรูที่เจาะลึกลงในดินรอบ ๆ ต้น จะมีปัญหาว่าดินที่ผสมไวเทอร์ราจะยึดตัวมากกว่าดินข้างเคียง ทำให้เกิดการดันดินให้แตกเป็นกองพูนขึ้นรอบต้น ซึ่งอาจจะทำให้รากพืชแตกขาดได้ นอกจากนี้ ในสภาพธรรมชาติปรากฏการณ์แห้งสลับเปียกจะเกิดขึ้นตลอดเวลา ความ

เสถียรของสารดูดน้ำในสภาพเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลายครั้งนี้ควรจะต้องมีการศึกษาต่อเนื่องต่อไป

ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของน้ำในดิน

ค่าสัดส่วนปริมาณน้ำของดินที่พลังงานเท่ากับก่อนดินที่สำคัญ 4 ระดับ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม มีค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงมวลขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่า 0.4351 กก./กก. และชุดดินกำแพงแสนผสมเพาะกล้ามีค่า 0.4677 กก./กก. ซึ่งแสดงว่าดินเพาะกล้าจะอุ้มน้ำได้สูงกว่าดินดั้งเดิม ดินทั้งสองชนิดนี้เมื่อผสมสารดูดน้ำจะมีค่าสัดส่วนปริมาณน้ำขณะดินอิ่มตัวเพิ่มขึ้น การเติมสารดูดน้ำไวเทอร์ราอัตรา 5 กรัม/ลิตรของดิน ทำให้ดินอิ่มตัว มีค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น 26.9% (จาก 0.4351 เป็น 0.5523 กก./กก.) ในชุดดินดั้งเดิม และ 38.1% (จาก 0.4677

Table 2 Water retention and available water capacity of Kamphaeng Saen soil series mixed with Viterra at various rates.

Ks soil series	Viterra rate (g l ⁻¹)	Water content (kg kg ⁻¹)				
		saturation	upper limit ¹	lower limit ²	air-dried	Available water capacity
Original	0	0.4351	0.2940	0.1088	0.0133	0.1852
	1	0.4562	0.3070	0.1099	0.0142	0.1971
	3	0.4858	0.3376	0.1074	0.0133	0.2302
	5	0.5523	0.3838	0.1186	0.0142	0.2652
Potting mixture	0	0.4677	0.2769	0.1260	0.0566	0.1509
	1	0.4918	0.2428	0.1233	0.0753	0.1195
	3	0.5609	0.2787	0.1364	0.0651	0.1423
	5	0.6461	0.3110	0.1723	0.0652	0.1387

¹ upper limit : water content at matric potential of -0.05×10^5 Pa

² lower limit : water content at matric potential of -15×10^5 Pa

เป็น 0.6461 กก./กก.) ในชุดดินผสมเพาะกล้าเมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการเติมสารดูดน้ำ ค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงมวลของดินอิ่มตัว (θ_{sat}) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารดูดน้ำที่เพิ่มขึ้น (C_{vit}) โดยมีค่าความสัมพันธ์ในรูปของค่ายกกำลังว่า $\theta_{sat} = a \exp(bC_{vit})$ (Figure 2) ชุดดินดั้งเดิมมีค่าสัมประสิทธิ์ b เท่ากับ 0.0461 ลิตร/กรัม ส่วนดินผสมเพาะกล้ามีค่าเท่ากับ 0.0652 ลิตร/กรัม ซึ่งแสดงว่าดินผสมเพาะกล้ามีอัตราเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นขณะอิ่มตัวต่อหนึ่งหน่วยของสารดูดน้ำที่ผสมในดินสูงกว่าชุดดินดั้งเดิม

อย่างไรก็ดี แม้การเติมสารดูดน้ำไวเทอร์ราจะทำให้ค่าสัดส่วนปริมาณน้ำขณะดินอิ่มตัวเพิ่มขึ้นในดินทั้งสองชนิด แต่สารไวเทอร์ราทำให้ค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเฉพาะในชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิมเท่านั้น สำหรับค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity, θ_{AWC}) ในที่นี้ กำหนดให้พิกัดบน (θ_{UL}) ของความเป็นประโยชน์ของน้ำเป็นค่าสัดส่วนปริมาณน้ำในดินขณะมีพลังงานเท่ากับศูนย์

ดินเท่ากับ -0.05×10^5 ปาสคาล และให้พิกัดล่าง (θ_{LL}) ของความเป็นประโยชน์เป็นค่าความชื้นขณะมีพลังงานเท่ากับ -15×10^5 ปาสคาล ค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Table 2) ในดินดั้งเดิมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นแนวเส้นตรงเมื่อดินมีการผสมสารดูดน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 5 กรัมต่อลิตรของดิน กล่าวคือค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.1852 กก./กก. ในดินดั้งเดิมที่ไม่ได้ใส่สาร เป็น 0.2652 กก./กก. เมื่อใส่สารในตำรับ 5 กรัม/ลิตรของดิน ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้น 43.2% แต่ในดินผสมเพาะกล้า ค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแสดงชัดว่าค่าไม่เพิ่มขึ้น ทั้งกลับมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการใส่สารไวเทอร์รา คือมีค่า 0.1509 กก./กก. เมื่อไม่ใส่สาร และมีค่าเพียง 0.1387 กก./กก. เมื่อใส่สารอัตรา 5 กรัม/ลิตรของดิน

การกระจายขนาดของช่องว่าง

การเปลี่ยนแปลงของค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินสองชนิดนี้ จะเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น เมื่อ

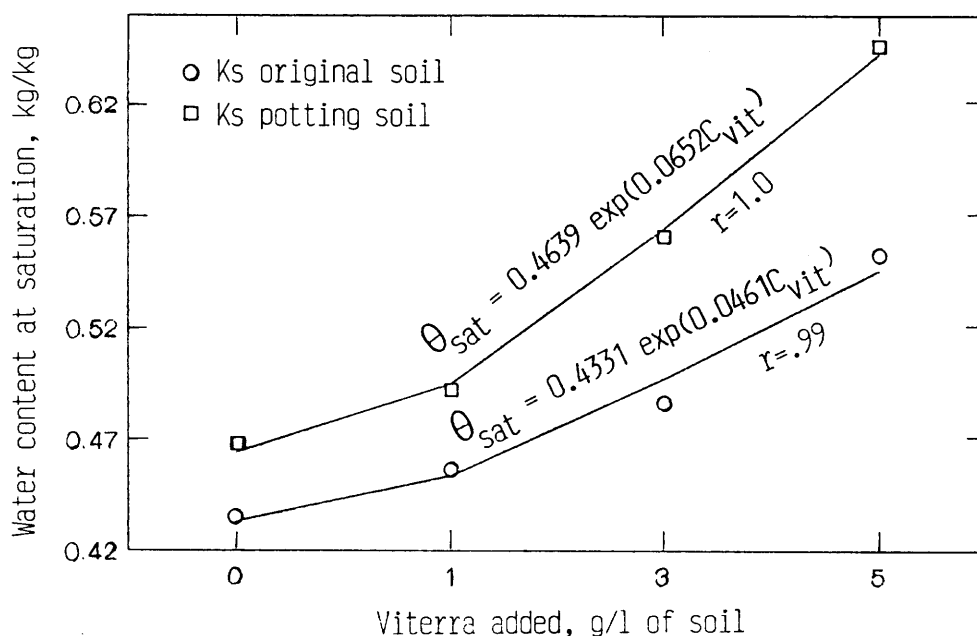


Figure 2. Change in saturation water content of Ks soils mixed with Viterra at various rates.

วิเคราะห์ค่าการกระจายขนาดของช่องว่างของดิน การกระจายขนาดช่องว่างของดินนี้สามารถคำนวณได้จากเส้นอรรถลักษณะของน้ำในดิน (สุนทรี, 2529) ทั้งนี้โดยอาศัยหลักว่าขนาดของช่องว่างที่มีน้ำอยู่เต็มจะมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าพลังงานของน้ำ ในการคำนวณนี้เนื่องจากค่าสัดส่วนปริมาณน้ำที่ได้ตามเส้นอรรถลักษณะเป็นค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงมวล (θ_w' กก./กก. จึงต้องแปลงเป็นค่าสัดส่วนปริมาณน้ำเชิงปริมาตรก่อน (θ_v , ม.³/ม.³) โดยค่าความหนาแน่นรวม (ρ) ของดินและหารด้วยค่าความหนาแน่นของน้ำ (ρ_w) กล่าวคือ ($\theta_v = \theta_w' \cdot \rho / \rho_w$) และโดยที่ในการวัดเส้นอรรถลักษณะจะใช้ตัวอย่างดินที่ให้ดูน้ำจนอิ่มตัวแล้วขับน้ำออกที่ความดันต่าง ๆ จึงใช้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเป็นค่าขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ρ_2) ตามค่าใน Table 1 ค่าสัดส่วนของปริมาตรช่องว่างต่อปริมาตรรวมของดินที่คำนวณได้จะแสดงช่วงของ

ช่องว่าง 4 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นช่องว่างขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่องว่างขนาดใหญ่สำหรับระบายอากาศ โดยที่น้ำที่อยู่ในช่องว่างเหล่านี้จะถูกระบายออกจากดินได้เร็วเกินกว่าที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้ทัน ช่วงที่สองเป็นช่องว่างขนาด 10 – 60 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่องว่างขนาดกลาง เป็นที่อยู่ของน้ำที่มีระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชสูง พืชใช้น้ำนั้นได้ง่าย ช่วงที่สามได้แก่ช่องว่างขนาด 0.2 – 10 ไมโครเมตร แฉน้ำในช่องว่างเหล่านี้พืชจะยังใช้ประโยชน์ได้ แต่ระดับความเป็นประโยชน์จะต่ำ พืชดึงใช้ได้ยาก และช่วงสุดท้ายได้แก่ช่องว่างขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นที่อยู่ของน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ สัดส่วนของช่องว่าง 4 ช่วงนี้ แสดงเปรียบเทียบใน Figure 3 ปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดคือค่าความพรุนรวมของดินซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นในดินทั้งสองชนิดเมื่อดินมีการผสมไวเทอร์รา ในชุดดินดั้งเดิมค่าความพรุนรวมจะเพิ่มจาก

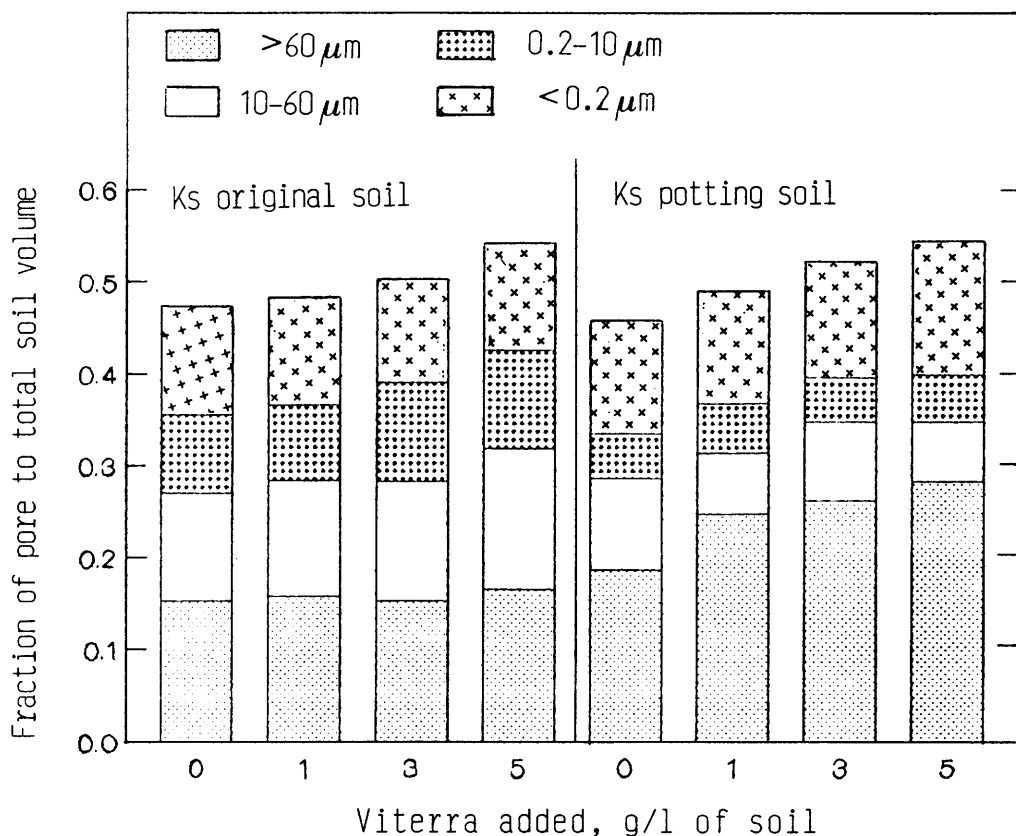


Figure 3. Change in fraction of pore volume after saturation in Ks soils mixed with Viterra at various rates.

0.4733 ม.³/ม.³ ในดินที่ไม่เติมสารไวเทอร์ราเป็น 0.5424 ม.³/ม.³ เมื่อดินมีการผสมไวเทอร์รา 5 กรัม/ลิตร (เพิ่มขึ้น 14.6%) ส่วนในชุดดินเพาะกล้า ดำรับการทดลองนี้จะเพิ่มค่าความพรุนรวมจาก 0.4583 ม.³/ม.³ เป็น 0.5460 ม.³/ม.³ (เพิ่มขึ้น 19.1%)

ในชุดดินดั้งเดิม การเติมสารดูดน้ำไวเทอร์ราในดินจะช่วยให้ดินมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้โดยที่ช่องว่างขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตร แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย แต่จะมีช่องว่างขนาดกลาง 10 – 60 ไมโครเมตร เพิ่มขึ้นมากที่สุด (จาก 0.1171 ม.³/ม.³ ในดินไม่ใส่สาร เป็น 0.1537 ม.³/ม.³ ในดินที่ผสมไวเทอร์รา 5 กรัม

ลิตร) และมีช่องว่างขนาด 0.2 – 10 ไมโครเมตร เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนช่องว่างขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามดำรับการทดลอง ในกรณีของชุดดินดั้งเดิมนี้ สารไวเทอร์ราจึงช่วยเพิ่มความจุของน้ำที่เป็นประโยชน์ (น้ำในช่องว่างขนาด 0.2 – 60 ไมโครเมตร) โดยเพิ่มช่องว่างขนาด 10 – 60 ไมโครเมตรเป็นหลัก

สำหรับชุดดินเพาะกล้า พบว่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ช่องว่างขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตร โดยที่ช่องว่างขนาดใหญ่จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก 0.1869 ในดินไม่ใส่สาร เป็น 0.2832 ม.³/ม.³ ในดินที่

ผสมไวเทอร์รา 5 กรัม/ลิตร ในขณะที่ช่องว่างขนาดกลาง 10 – 60 ไมโครเมตร ลดลง และขนาด 0.2 – 10 ไมโครเมตร แทบไม่แตกต่างกัน ส่วนช่องว่างขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (จาก 0.1235 เป็น 0.1456 ม.³/ม.³) ทำให้ค่าความจุของน้ำที่เป็นประโยชน์ของดินเพาะกล้านี้ไม่เพิ่มขึ้น แต่กลับมีค่าลดลงเมื่อเติมสารไวเทอร์รา เพราะช่องว่างที่เพิ่มขึ้นเป็นช่องว่างขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตร ซึ่งน้ำในช่องว่างขนาดใหญ่นี้จะระบายออกจากดินได้เร็วจนพืชใช้ประโยชน์ได้ไม่ทัน

ผลกระทบจากสารไวเทอร์ราต่อช่องว่างในดินทั้งสองชนิด จึงอาจสรุปได้ว่า เนื่องจากดินดั้งเดิมมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าดินเพาะกล้า สารดูดน้ำที่แทรกตัวตามอนุภาคดินเมื่อได้รับน้ำจะยึดตัว แต่จะขยายขนาดช่องว่างไม่ได้มาก ทำให้ช่องว่างที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้น เป็นช่องว่างขนาดกลาง (10 – 60 ไมโครเมตร) เป็นหลัก ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินชนิดนี้ ส่วนในดินเพาะกล้า มีความหนาแน่นรวมต่ำกว่า มีช่องว่างขนาดใหญ่มากกว่าอยู่เดิมแล้ว สารไวเทอร์ราจะแทรกตัวและยึดตัวได้มากกว่า จึงทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นช่องว่างขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตรเป็นหลัก น้ำในช่องว่างเหล่านี้ไม่อยู่ให้พืชใช้ประโยชน์ได้นานพอ เพราะจะระบายออกจากดินก่อน นอกจากพืชจะสามารถดูดใช้น้ำในอัตราที่รวดเร็วกว่าการระบายน้ำ การเติมสารไวเทอร์ราในดินที่โปร่งอยู่แล้ว จึงไม่ช่วยเพิ่มความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของน้ำในดิน

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของน้ำในดิน

น้ำที่อยู่ในดินตามความจุน้ำที่เป็นประโยชน์แม้จะเป็นน้ำที่พืชสามารถดึงไปใช้ได้ แต่ระดับของความเป็นประโยชน์ของน้ำตลอดช่วงพลังงานกำกับกับกอนดิน ตั้งแต่ศักย์ดินที่ -0.05×10^5 ปาสคาล จนถึงศักย์ดินที่ -15×10^5 ปาสคาล จะไม่เท่ากัน น้ำที่มีค่าพลังงานกำกับกับกอนดินสูงพืชจะดึงไปใช้ได้ง่าย แต่ในขณะที่ดินเริ่มแห้งลงการดึงน้ำจากดินจะยากขึ้นทุกที ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำขณะมีพลังงานกำกับกับกอนดินที่ค่าต่าง ๆ แสดงได้ด้วยค่าความจุน้ำจำเพาะของดิน (specific water capacity, C_θ) ซึ่งเป็นค่าความลาดเท (slope) ของเส้นอรรถลักษณะของน้ำ กล่าวคือ

$$C_\theta = d\theta/d|h|$$

ค่าความจุน้ำจำเพาะจะแสดงถึงปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลง ($d\theta$) ต่อหนึ่งหน่วยของค่าพลังงานกำกับกอนดิน (dh) ที่เปลี่ยนแปลงไป (ค่าพลังงานกำกับกอนดินจะใช้ค่าสัมบูรณ์) ในเชิงการใช้ประโยชน์ของพืช ค่านี้มีความหมายว่าหากพืชมีการดึงน้ำจากดิน โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานกำกับกับกอนดินหนึ่งหน่วย พืชจะได้น้ำจากดินเท่าไร ค่าความจุน้ำจำเพาะที่มีค่าสูง แสดงว่าต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานกำกับกอนดินหนึ่งหน่วย พืชจะได้น้ำปริมาณมากจากดิน การคำนวณค่าความจุน้ำจำเพาะจากเส้นอรรถลักษณะของน้ำจะทำได้ง่ายขึ้น เมื่อหาฟังก์ชันเข้ารูปสำหรับเส้นอรรถลักษณะก่อนค่าเส้นอรรถลักษณะ (Figure 4) ที่แสดงนั้น เส้นที่ลากจะมีรูปฟังก์ชันตามสมการของแวนเกนูชเตน (van Genuchten, 1980) ได้ว่า

$$S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_m - \theta_r) = 1 / [1 + (\alpha h)^n]^{1/m} \quad (6)$$

โดยที่ S_e เป็นค่าสัดส่วนอิ่มตัวด้วยน้ำสัมพัทธ์ กำหนดให้ θ_m เป็นค่าสัดส่วนปริมาณน้ำสูงสุด และ θ_r เป็นค่า

สัดส่วนปริมาณน้ำต่ำสุดของดิน (maximum and residual wetness) h เป็นค่าพลังงานกำกับกับกอนดิน

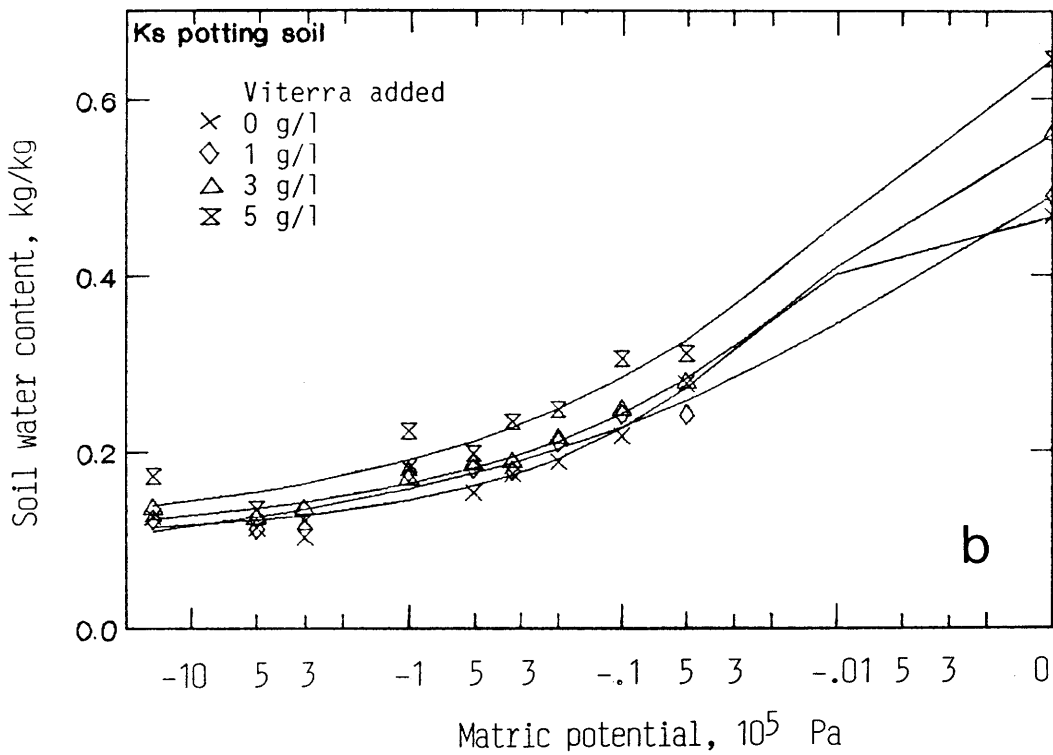
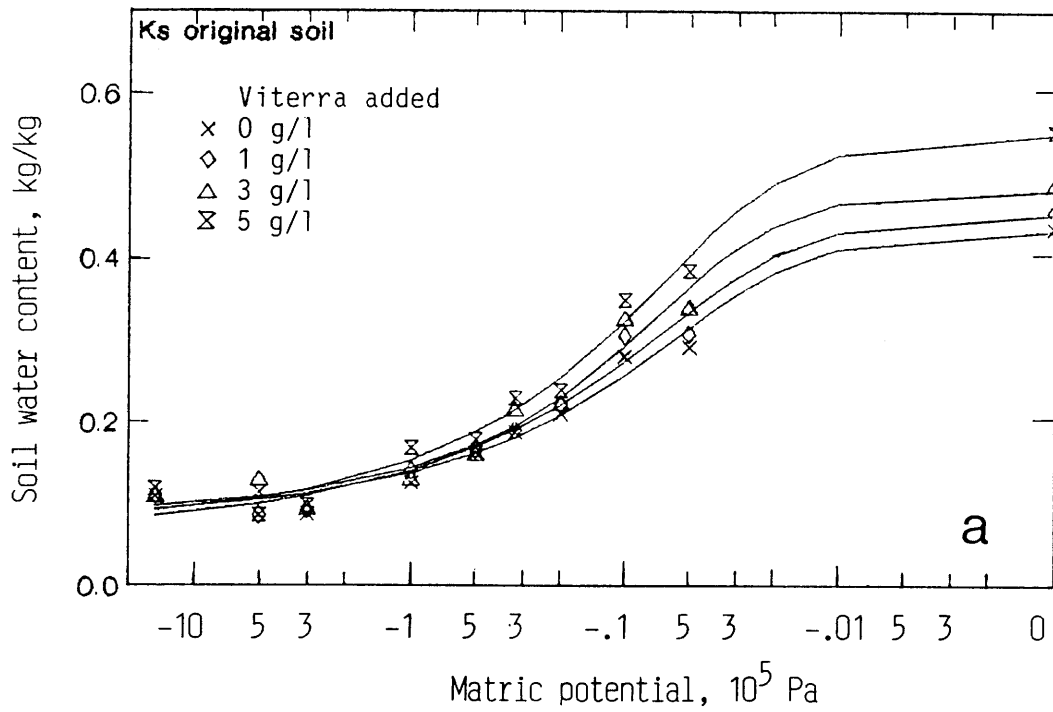


Figure 4. Soil water retention functions of Ks soils mixed with Viterra at various rates, a) original soil; b) potting mixture.

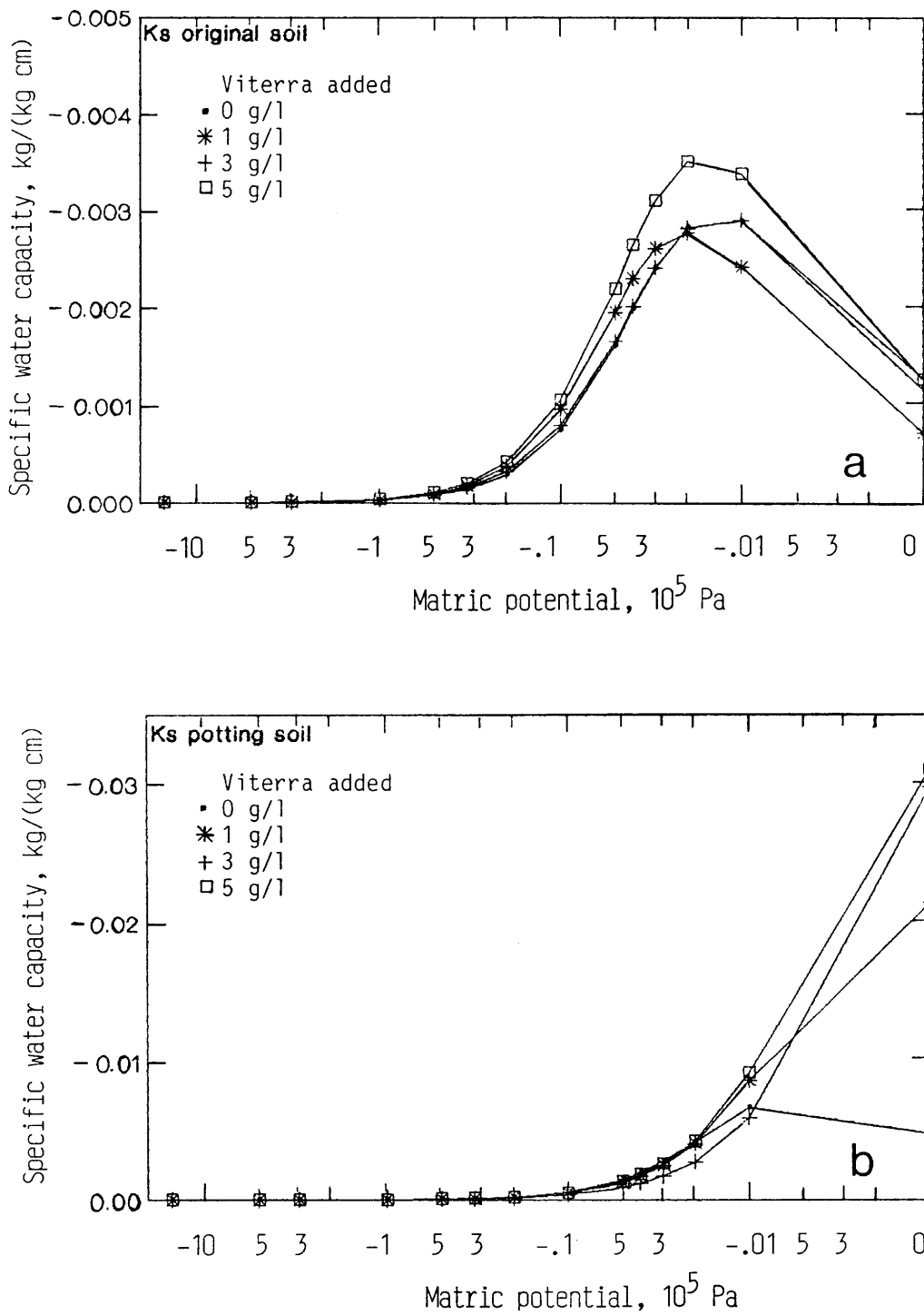


Figure 5. Specific water capacity of Ks soils mixed with Viterra at various rates, a) original soil; b) potting mixture.

ค่า α n และ m ล้วนเป็นค่าคงที่ และได้ค่าดังแสดงใน Table 3 เมื่อได้รูปฟังก์ชันของเส้นอรรถลักษณะดังข้างต้น

แล้ว สามารถหาอนุพันธ์หาค่าความลาดเทได้ดังสมการต่อไปนี

$$C_\theta = -(\theta_m - \theta_r)(\alpha^n m n)[1 + (\alpha h)^n]^{-(m+1)} h^{n-1} \quad (7)$$

Table 3 Constant values for water retention function (equation 6)¹ of Kamphaeng Saen soil series mixed with Viterra at various rates.

Ks soil series	Viterra rate (g l ⁻¹)	Constants					
		θ_r (-----kg kg ⁻¹ -----)	θ_m	α	n	m	r ²
Original	0	.0776	.4330	.03541	1.4987	.33277	.9812
	1	.0629	.4533	.03419	1.4570	.31364	.9783
	3	.0858	.4821	.02667	1.5852	.36915	.9752
	5	.0713	.5503	.03110	1.5118	.33855	.9837
Potting mixture	0	.1044	.4678	.09000	1.4854	.32678	.9772
	1	.0560	.4916	.53480	1.2306	.18741	.9841
	3	.1000	.5609	.25572	1.3563	.26268	.9967
	5	.0985	.6460	.33836	1.3047	.23353	.9732

¹ matric potential (h) has the unit of cm of water.

ค่าความจุน้ำจำเพาะที่คำนวณได้มีหน่วยเป็น กก./ (กก. x ซม. ของน้ำ) จะเป็นปริมาณน้ำที่ดินจะปลดปล่อยเมื่อมีการลดลงของพลังงานก่อกับก่อนดิน 1 ซม. น้ำ (1020 ซม. น้ำ = 10⁵ ปาสคาล = 1 บาร์) และแสดงค่าใน Figure 5a สำหรับชุดดินดั้งเดิม และ Figure 5 b สำหรับชุดดินเพาะกล้า การเติมสารดูดน้ำ จะทำให้ความชื้นของดินที่ระดับพลังงานต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้น จึงเห็นได้ว่าเส้นอรรถลักษณะมีลักษณะซ้อนขนานกันไป โดยเฉพาะในช่วงขณะมีค่าพลังงานของน้ำสูง และผลของสารดูดน้ำจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของเส้นอรรถลักษณะผิดไประหว่างดินสองชนิดนี้ ในดินกำแพงแสนดั้งเดิม เนื่องจากช่องว่างขนาดใหญ่ (> 60 ไมโครเมตร) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยตามค่าการทดลอง ลักษณะของเส้นอรรถลักษณะ (Figure 4a) ยังคงสภาพ

รูปตัวเอส (S) กล่าวคือ ค่าสัดส่วนปริมาณน้ำจะลาดคู่แนวระดับทั้งสองปลาย ที่ช่วงพลังงานสูงจาก -0.05 x 10⁵ ปาสคาล ถึงอิ่มตัว และอีกปลายหนึ่งที่ระดับพลังงานของน้ำต่ำ จาก -1 ถึง -15 x 10⁵ ปาสคาล จากรูปร่างของเส้นอรรถลักษณะดังกล่าวจะทำให้ได้ลักษณะของเส้นระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำ (Figure 5a) ซึ่งแสดงค่าจุดสูงสุดโค้งเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารดูดน้ำที่ใส่เพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะการหักลงของค่าระดับความเป็นประโยชน์ที่ความชื้นขณะอิ่มตัว เป็นการแสดงถึงอิทธิพลของแรงดึงผิวของน้ำที่อยู่ในช่องว่าง ทำให้การปลดปล่อยน้ำในช่วงแรกจากขณะดินอิ่มตัวไม่เกิดขึ้นทันที ต้องให้พลังงานของน้ำลดระดับลง (เทียบเป็นแรงดึงน้ำจากดินเพิ่มขึ้น) จนชนะแรงดึงผิวเสียก่อน จึงเริ่มมีการปลดปล่อยน้ำจากดินได้

มากขึ้น ในตัวอย่างดินกำแพงแสนดั้งเดิมนี้ ระดับความเป็นประโยชน์สูงสุดของน้ำอยู่ที่ช่วง -0.01 ถึง -0.02×10^5 ปาสคาล และอิทธิพลของสารดูดน้ำในการเพิ่มระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน จะค่อย ๆ มีผลน้อยลงจนแทบไม่มีผล เมื่อน้ำในดินลดลงถึงค่าพลังงาน -0.33×10^5 ปาสคาล และต่ำกว่า ดังนั้นการผสมสารดูดน้ำในชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม จึงเป็นการยกระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืช คือ ทำให้พืชสามารถดึงน้ำจากดินได้ในปริมาณมากขึ้น แต่จะมีผลเฉพาะในช่วงขณะที่ปริมาณน้ำในดินยังมีอยู่สูง

สำหรับในดินเพาะกล้า เส้นอัตราลักษณะและระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะมีลักษณะผิดไป ดินเพาะกล้าที่ไม่มีการเติมสารดูดน้ำ จะยังมีลักษณะของเส้นอัตราลักษณะเหมือนชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม คือ รูปร่างเป็นตัวเอส ค่าความชื้นจะลาดเข้าสู่แนวระดับจากค่าพลังงาน -0.05×10^5 ปาสคาลถึงอิมตัว (Figure 4b) ส่วนเส้นระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำ (Figure 5b) แสดงว่าน้ำที่ระดับพลังงานเท่ากับก้นดิน -0.05×10^5 ปาสคาลและต่ำกว่า มีค่าระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำใกล้เคียงกับดินดั้งเดิม ความเป็นประโยชน์ของน้ำจะสูงกว่าเฉพาะช่วงพลังงานเท่ากับก้นดิน -0.05×10^5 ปาสคาลถึงอิมตัว ซึ่งเป็นการแสดงว่าในดินเพาะกล้ามีช่องขนาดใหญ่ที่ใหญ่กว่าของดินดั้งเดิม ทำให้อิทธิพลของแรงดึงดูดมีค่าต่ำกว่า และการปลดปล่อยน้ำจะเกิดได้ง่ายกว่า

อย่างไรก็ดี ดินเพาะกล้านี้เมื่อมีการผสมสารดูดน้ำ จะทำให้ทั้งเส้นอัตราลักษณะ และระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำมีรูปร่างผิดไป โดยเฉพาะในช่วงอิมตัวถึง -0.05×10^5 ปาสคาล ในช่วงนี้ค่าความเป็นประโยชน์ของน้ำจะสูงที่สุดเมื่อดินอิมตัวด้วยน้ำ ซึ่งการปลดปล่อยน้ำในช่วงนี้น่าจะเป็นการปลดปล่อยน้ำจากส่วนที่สารดูดน้ำดูดไว้ เพราะมีลักษณะไม่เหมือนการปลดปล่อย

น้ำตามอิทธิพลของแรงดึงดูดของน้ำที่อยู่ในช่องว่างของดิน แต่แม้ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำจะมีค่าสูงมากในช่วงอิมตัวถึง -0.05×10^5 ปาสคาล เมื่อมีการเติมสารดูดน้ำไวเทอร์รา การเป็นผลดีต่อพืชอาจมีไม่มาก เพราะปริมาณน้ำในช่วงพลังงานดังกล่าวจะมีการระบายออกจากดินได้รวดเร็ว รากพืชไม่สามารถดูดน้ำได้ทัน นอกจากนี้ที่พลังงานของน้ำต่ำกว่า -0.05×10^5 ปาสคาล ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำ มีลักษณะไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลอง ซึ่งอาจสรุปได้ว่า การผสมสารไวเทอร์ราในดินที่โปร่งมากอยู่แล้ว เช่น ดินเพาะกล้า จะไม่มีผลดีต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่จะมีความหมายต่อพืช อย่างไรก็ตามในสภาพสนาม หากมีการผสมสารดูดน้ำเฉพาะกับชั้นดินบน จะทำให้ดินส่วนนี้มีการดูดน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเมื่อน้ำในดินชั้นบนนี้จะระบายลงชั้นล่างได้รวดเร็ว ทำให้รากพืชในชั้นดินบนอาจใช้ประโยชน์ได้ไม่ทัน แต่รากพืชในดินชั้นล่างลดลงไป ยังมีโอกาสจะดูดใช้น้ำส่วนนี้ได้ เพราะฉะนั้น การใส่สารนี้ในสภาพสนามจึงยังแสดงผลดีในการช่วยยืดระยะทนแล้งของพืชให้นานขึ้นได้

ผลวิเคราะห์ที่ได้ข้างต้น เป็นการเสริมกับผลของการวิเคราะห์การกระจายขนาดของช่องว่าง กล่าวคือ ในชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิม การเติมสารดูดน้ำไวเทอร์ราไม่เพียงแต่เพิ่มช่องว่างขนาด $10 - 60$ ไมโครเมตรมากขึ้น (น้ำที่บรรจุเต็มในช่องว่างเหล่านี้จะมีค่าระดับพลังงานเท่ากับก้นดินในช่วง -0.05×10^5 ถึง -0.33×10^5 ปาสคาล) ทั้งน้ำในช่องว่างเหล่านี้ พืชจะดึงมาใช้ได้ง่ายขึ้นด้วย แต่ในชุดดินเพาะกล้า ช่องว่างที่เพิ่มขึ้นมีขนาดใหญ่มากกว่า 60 ไมโครเมตร เป็นหลัก (น้ำที่บรรจุเต็มในช่องว่างขนาดใหญ่นี้มีระดับพลังงานเท่ากับก้นดินในช่วงจากอิมตัว ถึง -0.05×10^5 ปาสคาล) ซึ่งน้ำในช่องว่างเหล่านี้พืชใช้ประโยชน์ได้ไม่ทัน ส่วนช่องว่างขนาดกลางกลับลดลง ดังนั้นระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดกลาง ตาม

ค่าความจุน้ำจำเพาะที่แสดงใน Figure 5b จึงแสดงค่าที่ต่ำกว่าค่าของชุดดินดั้งเดิม ผลกระทบของสารดูดน้ำไวเทอร์ราในด้านเสริมความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืช จึงขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของดินเป็นอย่างมาก ทำให้มีบทบาทมากกว่าในดินที่มีความหนาแน่นรวมสูงกว่าเช่นในชุดดินกำแพงแสนดั้งเดิมเมื่อเทียบกับดินกำแพงแสนสำหรับเพาะกล้า

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, วิสุทธิ์ วีรสาร และ ปิยะ ดวง-พัตรา. 2529. Terra - sorb กับการอุ้มน้ำของดินและการอยู่รอดของพืชในสภาวะแห้งแล้ง. วารสารดินและปุ๋ย 1 : 48 - 53.
- สุนทรี อัครธนกุล. 2529. หลักการปลูกพืชฟิสิกส์. ภาควิชาปลูกพืช ภาควิชาพืชเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 201 น.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. p. 363 - 375. In A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. (2nd Edition).
- Klute, A. 1986. Water retention : laboratory method, p. 635 - 662. In A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. (2nd Edition).
- Schering Company. 1983. Viterra, Planta - gel, Product data sheet.
- Van Genuchten, M. Th. 1980. A closed - form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Amer. J. 44 : 892 - 898.