ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน์)

ปริญญา

เทคโนโลยีวนวัฒน์ | วนวัฒนวิทยา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง

Effects of Soil Improvement and Fertilization on Soil Properties and Growth of Various Eucalypt Clones in Sandy Soil at Rayong Province

นามผู้วิจัย นายธนวิช สุวรรณเรืองฉาย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ, Dr.nat.techn.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สันต์ เกตุปราณีต, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง

Effects of Soil Improvement and Fertilization on Soil Properties and Growth of Various Eucalypt Clones in Sandy Soil at Rayong Province

โดย

นายธนวิช สุวรรณเรืองฉาย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน์)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนวิช สุวรรณเรืองฉาย 2557: ผลของการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวนวัฒน์) สาขาเทคโนโลยีวนวัฒน์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ, Dr.nat.techn. 140 หน้า

ผลของการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในพื้นที่ดินทราย จังหวัดระยอง ใช้แผนการทดลองแบบสปลิท-พลอทโดยสุ่มตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (split plot completely randomized design) จำนวน 2 ซ้ำ ประกอบด้วย หน่วยทดลองหลัก (main unit) คือ สายต้นยูคาลิปตัสและวิธีการปรับปรุงดิน (3x3 factorial) และหน่วยการทดลองรอง (sub unit) คือ สูตรปุ๋ยและอัตราการใส่ปุ๋ย (3x3 factorial) มีระยะปลูก 1.5x3 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มปลูกและเมื่อยูคาลิปตัสมีอายุ 3, 6, 9, 12, 18 และ 24 เดือน

ผลการศึกษา พบว่า ยูคาลิปตัสสายต้น D1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และอัตราการเติบโตทั้ง 2 มิติ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนสายต้น D11 มีความสูงทั้งหมด อัตราการเติบโตของความสูงทั้งหมด และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมด (RGR Ht) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และมีค่า RGR Ht แตกต่างจากสายต้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก อัตราการเติบโตของยูคาลิปตัสทั้ง 2 มิติดังกล่าวและอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและแตกต่างกับวิธีการปรับปรุงดินแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปุ๋ยอินทรีย์ยังส่งผลให้สัดส่วนอนุภาคขนาดเล็กในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่เนื้อดินยังคงมีสัดส่วนอนุภาคทรายเป็นส่วนประกอบหลักตามวัตถุต้นกำเนิดดินซึ่งเนื้อดินที่พบมี 3 ชนิด ได้แก่ ดินทรายร่วน ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย และยังส่งผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ พีเอชของดิน ร้อยละอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนการปรับปรุงดินด้วยการปลูกไมยราบไร้หนามส่งผลทำให้ความหนาแน่นรวมมีค่าต่ำที่สุด และความพรุนรวมของดินสูงที่สุด การใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ทำให้ดินมีค่าพีเอช ไนโตรเจนรวม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติยกเว้น พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่แปลงที่ใส่ปุ๋ยในอัตราสูง ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด อัตราการเติบโตทั้ง 3 มิติ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทั้ง 3 มิติ พีเอชของดิน ไนโตรเจนรวม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากแปลงที่ใส่ปุ๋ยในอัตราปานกลาง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tanawich Suwanruengchai 2014: Effects of Soil Improvement and Fertilization on Soil Properties and Growth of Various Eucalypt Clones in Sandy Soil at Rayong Province. Master of Science (Silviculture Technology), Major Field: Silviculture Technology, Department of Silviculture. Thesis Advisor: Assistant Professor Roongreang Poolsiri, Dr.nat.techn. 140 pages.

The effects of soil improvement and fertilization on soil properties and growth of various eucalypt clones in sandy soil were investigated at Ban Chang, Rayong province using a split plot completely randomized design with 2 replications consisting the main unit (3x3 factorial) was Eucalypt clone and soil improvement method and the sub unit (3x3 factorial) was the fertilizer formula and level of fertilizing. The spacing was 1.5x3 m. Soil samples were collected before planting and after 1 and 2 year plantings. Diameter at ground level (D_0), diameter at breast height (DBH) and total height (Ht) were measured at planting and after 3, 6, 9, 12, 18 and 24 month plantings.

The results showed that Eucalypt clone D1 had the highest mean values of D_0, DBH and their growth rate (GR). Eucalypt clone D11 had the highest mean values of Ht, GR Ht, relative growth rate (RGR) of Ht. The RGR Ht was significantly different ($p<0.05$) among Eucalypt clones. In addition, soil improvement by using organic fertilizer showed the highest mean values of D_0, DBH, GR D_0, GR DBH and RGR D_0 all of which were significant differences ($p<0.05$) from other soil improvement methods. Organic fertilizer affected the increasing of the small particle size ratio in the soil. The main component of the soil was sand derived from the soil parent material. Soil textures were sandy loam, loamy sand and sandy clay loam. Organic fertilizer produced the highest mean values of soil pH, organic matter, total nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, exchangeable calcium and exchangeable magnesium. Soil improvement by planting thornless mimosa (*Mimosa invisa* Mart.) produced the lowest mean value of soil bulk density and the highest mean value of soil porosity. In addition, the application of 27-6-6 formula fertilizer produced the highest soil pH, total nitrogen, exchangeable potassium, exchangeable calcium and exchangeable magnesium and there were no significant differences among the fertilizer formulae in soil properties except soil pH at 0-15 cm soil depth were significant differences ($p<0.05$) among fertilizer formulae. In addition, the application of the highest rate of fertilizer produced the highest mean values of D_0, DBH, Ht, GR D_0, GR DBH, GR Ht, RGR D_0, RGR DBH, RGR Ht, soil pH, total nitrogen, exchangeable potassium, exchangeable calcium and exchangeable magnesium but they were not significant differences with the application of the medium rate of fertilizer.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีและโอกาสในการศึกษาระดับปริญญาโทนี้ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สันต์ เกตุปราณีต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท สยามทรีดีเวลลอปเม้นต์ จำกัด (Siam Tree Development Co., Ltd.) ในการให้ทุนสนับสนุน กล้าไม้ยูคาลิปตัส ตลอดจนวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ย สำหรับการศึกษาวิจัย และเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ที่อำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาศึกษาวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ ทุกท่านสำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือตลอดการศึกษา ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโทและเอก ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ทุกท่านสำหรับคำแนะนำที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณบิดา คุณมารดา ที่ได้อบรม สั่งสอน สนับสนุนผู้วิจัยมาโดยตลอด

ธนวิช สุวรรณเรืองฉาย
ธันวาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	107
สรุป	107
ข้อเสนอแนะ	108
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	109
ภาคผนวก	121
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	140

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ร้อยละอนุภาคทรายในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	35
2	ร้อยละอนุภาคทรายแป้งในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	40
3	ร้อยละอนุภาคดินเหนียวในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	44
4	เนื้อดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	48
5	ความหนาแน่นรวมก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	51
6	ความหนาแน่นอนุภาคก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	56
7	ร้อยละความพรุนรวมของดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	60
8	พีเอชของดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	64
9	ร้อยละอินทรียวัตถุในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	68
10	ไนโตรเจนรวมก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	73
11	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	78
12	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	82
13	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	86
14	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	91
15	การเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน	95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16 อัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (GR D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (GR DBH) และความสูงทั้งหมด (GR Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน 99
17 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (RGR D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (RGR DBH) และความสูงทั้งหมด (RGR Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน 103

ตารางผนวกที่

1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคทรายในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 122
2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคทรายแป้งในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 123
3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 124
4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความหนาแน่นรวมของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 125
5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความหนาแน่นอนุภาคของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 126
6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความพรุนรวมของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 127
7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของพีเอชของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 128
8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอินทรียวัตถุในดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 129
9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณไนโตรเจนรวมในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 130
10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 131
11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี 132

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี	133
13	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี	134
14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของการเติบโตในทุกปัจจัยการศึกษาเมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน	135
15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของอัตราการเติบโตในทุกปัจจัยการศึกษาเมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน	136
16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในทุกปัจจัยการศึกษาเมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน	137
17	ระดับความหนาแน่นรวมของดิน	138
18	เกณฑ์มาตรฐานพีเอชของดิน	138
19	เกณฑ์มาตรฐานปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน	139
20	เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) ในดิน	139

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงทดลอง บริเวณอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง	27
2	แผนผังแปลงทดลองจำนวน 162 หน่วยทดลองและตัวอย่างปัจจัยการทดลองใน 1 หน่วยทดลอง	29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง

Effects of Soil Improvement and Fertilization on Soil Properties and Growth of Various Eucalypt Clones in Sandy Soil at Rayong Province

คำนำ

ยูคาลิปตัส เป็นไม้พื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย มีมากกว่า 700 ชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่เติบโตได้ดีในประเทศไทย ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วที่มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวาง เป็นพืชทนแล้ง ทนเค็ม เติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นดินทราย ดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่ไม่ทนกับดินที่มีหินปูนสูง ด้วยความสามารถเหล่านี้ทำให้ในอดีตมักนำยูคาลิปตัสมาปลูกเพื่อเป็นไม้เบิกนำในการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม อย่างเช่น เหมืองแร่ร้างหรือป่าเสื่อมโทรม ต่อมาจึงได้มีการสนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสอย่างจริงจัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 เป็นต้นมา เทคโนโลยีชีวภาพทางด้านต่างๆ ได้ถูกนำเข้ามาใช้ในการขยายพันธุ์เพื่อให้ได้ต้นกล้าจำนวนมากและมีราคาถูก มีการเติบโตดี ทนโรคและแมลงศัตรู หรือลดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวให้สั้นลง นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีชีวภาพด้านการปรับปรุงพันธุ์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง การถ่ายทอดยีนให้มีสารลิกนินในเนื้อไม้น้อยลง ทำให้ใช้สารเคมีในขั้นตอนฟอกเยื่อกระดาษลดลงซึ่งจะช่วยลดพลังงาน สารเคมี และมลพิษจากการผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น

จากการสำรวจพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2550/51 ของกรมส่งเสริมการเกษตร มีทั้งหมด 462,889 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.36 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด ซึ่งมีอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุด 230,733 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 49.85 ของพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสทั้งประเทศ รองลงมาคือ ภาคกลางมีเนื้อที่เพาะปลูก 222,862 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.14 ของพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสทั้งประเทศ และเมื่อพิจารณาเป็นรายจังหวัด พบว่า จังหวัดฉะเชิงเทรามีเนื้อที่ปลูกยูคาลิปตัสมากที่สุด 86,053 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 18.59 ของพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสทั้งประเทศ รองลงมาคือ จังหวัดสระแก้วและจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งพื้นที่ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการเติบโตและผลผลิตของยูคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างชัดเจน การปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงย่อมทำให้ได้ผลผลิตยูคาลิปตัสสูงตามไปด้วย ซึ่งลักษณะถิ่นที่ตั้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกนั้น โดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินที่มีอนุภาคทรายเป็นส่วนประกอบในสัดส่วนค่อนข้างสูง ซึ่งพบในพื้นที่ที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นดินทรายหรือตะกอนลำน้ำหรือสันทรายชายทะเล อนุภาคทรายนั้นเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ซึ่งสามารถดูดยึดสารอาหารในดินไว้ได้น้อย แต่มีการระบายน้ำระบายอากาศที่ดี ทำให้มีสารอาหารในดินต่ำเนื่องจากสูญเสียไปกับการชะละลายโดยง่าย ซึ่งเป็นเหตุผลที่ดินทรายนั้นมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำนั้นเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ก็จะส่งผลต่อการเติบโตของพืชที่ปลูกให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น อินทรียวัตถุเป็นสิ่งที่ได้จากซากพืชซากสัตว์ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น มีความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น ดินชุ่มชื้นขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในการได้รับสารอาหารในดิน เพราะพืชจะได้รับสารอาหารจากดินในรูปของสารละลาย นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่สูงเสมือนเป็นที่ยึดเกาะของสารอาหารในดินไม่ให้สูญเสียไปโดยง่ายจากการชะละลายของน้ำ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของสารอาหารในดินสูงขึ้น นอกจากนี้การสลายตัวของอินทรียวัตถุยังปลดปล่อยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ออกมาอีกด้วย แต่สารอาหารที่ได้นั้นมีปริมาณน้อยและอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงควรเพิ่มสารอาหารที่จำเป็นแก่พืชด้วยปุ๋ยเคมีซึ่งสะดวก รวดเร็ว และมีสารอาหารหลักที่พืชมักขาดในดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์

การศึกษาในครั้งนี้จะบอกถึงวิธีการปรับปรุงดินที่เหมาะสมซึ่งจะเป็นการเพิ่มผลิตภาพของดินทรายและยูคาลิปตัสสายต้นที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ได้ผลผลิตยูคาลิปตัสที่สูงและส่งผลดีทางเศรษฐกิจต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสายต้นยูคาลิปตัสที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่ดินทราย

2. เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่ช่วยปรับปรุงดินและเพิ่มผลิตภาพของดินทราย

3. เพื่อศึกษาผลของชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของไม้ที่ทำการศึกษา

1. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) มีชื่อสามัญว่า red gum, Murray red gum, river gum, river red gum (Hall *et al*., 1975) จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae ซึ่งไม้สกุลนี้มีมากกว่า 700 ชนิด เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ มีความสูงตั้งแต่ 25-40 เมตร ลำต้นเปลาตรง กิ่งแตกตั้งฉากออกจากลำต้น เปลือกเรียบสีชมพู ขาว หรือครีม ลอกเป็นแผ่นกว้างๆ ได้ ใบอ่อนรูปหอก เรียงตัวตรงกันข้าม (opposite) ประมาณ 3-4 คู่ ใบแก่เรียงตัวสลับกัน (alternate) มีความกว้าง 1.8-3.0 เซนติเมตร ยาว 10-13 เซนติเมตร ใบส่วนใหญ่ห้อยแขวนลงมา ดอกรูปกระสวย ส่วนล่างของดอกเป็นรูปถ้วยมีฝาปิดสีขาวหรือครีม ก้านดอกยาวประมาณ 0.5-1.5 เซนติเมตร ใน 1 ช่อมีดอกประมาณ 5-10 ดอก ช่อเกสรตัวผู้และช่อเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ออกดอกเกือบตลอดปี ผลรูปถ้วย มีขนาดกว้าง 0.5-0.7 เซนติเมตร เมล็ดสีน้ำตาลหรือเหลือง มีขนาดยาว 0.1 เซนติเมตร เมล็ดหนัก 1 กรัม มีจำนวนเมล็ดประมาณ 773 เมล็ด (FAO, 1981) หลังจากออกดอก 4-8 เดือน ผลจึงแก่ ผลส่วนใหญ่แก่ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนของทุกๆ ปี (เธียรชัย, 2527) โดยปกติจะให้เมล็ดประมาณ 2-3 กิโลกรัมต่อต้น เมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถเพาะกล้าไม้ได้ 300,000 กล้า ซึ่งเพียงพอต่อการปลูกสร้างสวนป่า 200 เฮกแตร์ เมล็ดเพาะง่าย มีร้อยละการงอกสูงและเก็บรักษาไว้ได้หลายปี (Turnbull, 1974) การเก็บเมล็ดต้องกระทำในช่วงที่ผลแก่เต็มที่ซึ่งมีช่วงเวลาสั้นมาก หลังจากนั้นผลจะแตกและเมล็ดจะหลุดร่วงอย่างรวดเร็ว (กมล, 2527) เนื้อไม้สีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน กระพี้และแก่นจะมีสีแตกต่างกันชัดเจน เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด เสี้ยนมีลักษณะเสี้ยนสน (interlocked grain) หรือเป็นคลื่น (wavy grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาวขนานลำต้น (Hall *et al*., 1975)

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบถิ่นกำเนิดกระจายทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น และจากแนวชายฝั่งจนถึงเขตแห้งแล้งในประเทศออสเตรเลีย (Florence, 1996) ระหว่างละติจูดที่ 12-38 องศาใต้ และลองจิจูดที่ 112-152 องศาตะวันออก พบได้ทุกรัฐ ยกเว้น ในทัสมาเนีย (ธนิต และ ประสิทธิ์, 2525) ปกติจะพบในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 30-230 เมตร แต่บางครั้งพบว่า ขึ้นได้ที่ยอดภูเขาสูงจากระดับน้ำทะเลถึง 1,200 เมตร พบทั้งบริเวณที่มีฝนตกน้อยและฝนตกชุก ปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 200-1,250 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมต่อการปลูกไม้ชนิดนี้ในเชิงพาณิชย์ไม่ควรต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี ยูคาลิปตัสสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมได้เป็นเวลา 1-2 เดือน หรือในพื้นที่ที่มีฤดูแล้งติดต่อกัน 4-8 เดือน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่พบประมาณ 29-35 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 11-20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเติบโต คือ 27-35 องศาเซลเซียส (Sa-ardvut, 1979; FAO, 1981) พบขึ้นในพื้นที่ที่เป็นดินทรายในทางตอนเหนือของออสเตรเลีย และพื้นที่ที่เป็นดินเหนียวทางตอนใต้ และยังพบในดินที่เป็นดินเนื้อปูนและดินเค็มด้วย จึงเป็นไม้ที่ทนทานต่อสภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินเค็มได้ แต่ดินที่เหมาะสมกับการเติบโต คือ ดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี ค่าพีเอช (pH) ประมาณ 6-8 (ธนิต และ ประสิทธิ์, 2525; National Academy of Sciences, 1980) แต่ไม่ทนทานต่อดินที่มีกำเนิดจากหินปูนซึ่งมีปริมาณแคลเซียมสูง โดยจะปรากฏอาการใบเหลืองซีดหรือมีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) (FAO, 1980)

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นชนิดไม้ที่ถือว่ามีความสำคัญในการนำไปปลูกนอกถิ่นกำเนิดมากที่สุด และนิยมปลูกเป็นสวนป่าทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น (อนิวรรต, 2527) ด้วยเป็นต้นไม้ที่สามารถขึ้นได้เกือบทุกสภาพแวดล้อมจึงถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเพื่อทดสอบถิ่นกำเนิด พบว่าแหล่งเมล็ดไม้ที่มาจาก Petford และ Katherine เติบโตได้ดีในภาคเหนือของไทย ส่วนแหล่งเมล็ดไม้ที่มาจาก Murray river เติบโตได้ดีทั้งในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กมล, 2527) และถิ่นกำเนิดจาก Queensland เติบโตได้ดีกว่าแม่ไม้ที่ได้คัดเลือกแล้วจากสวนป่าในประเทศไทย (พิศาล และ วิฑูรย์, 2539) ต่อมาได้มีการทดลองปลูกยูคาลิปตัสในภาคต่างๆ ของประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2507 โดยนำเมล็ดมาจาก Queensland ตามโครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเยื่อกระดาษร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) (ประเสริฐ, 2522) ปรากฏว่า ชนิดที่ขึ้นได้ดีและเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกสภาพของประเทศไทย คือ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (อนิวรรต, 2527) และได้นำมาใช้ในการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์อย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2521 (บุญวงศ์, 2530) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสในท้องที่ต่างๆ ทั่วประเทศที่เป็นของภาคเอกชนซึ่งมีการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2540 ประมาณ 2,740,773 ไร่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ เป็นคิดเป็นร้อยละ 47.38, 12.77, 11.07, 28.73 และ 0.05 ของพื้นที่ปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสทั่วประเทศ ตามลำดับ (พสุธา, 2542)

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากยูคาลิปตัส ในปัจจุบันนำเนื้อไม้ไปเป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อและกระดาษ โดยอายุที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3-15 ปี (ทัศนีย์ และคณะ, 2530) สำหรับไม้ท่อนยูคาลิปตัสหนัก 4.5 ตัน จะผลิตเยื่อกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน (กรมป่าไม้, 2544) อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งเยื่อของยูคาลิปตัสให้สารเซลลูโลส นำไปเป็นวัตถุดิบผสมทำเส้นใยเรยอน และทำแทนเส้นใยฝ้ายและปุยนุ่น อุตสาหกรรมไม้แปรรูปและชิ้นไม้สับ สามารถนำไปผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (สุชาติ, 2528) ในด้านงานก่อสร้าง เนื้อไม้มีความคงทนต่อการทำลายของปลวกได้ดี ความหนาแน่นประมาณ 980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความถ่วงจำเพาะ 0.6 (FAO, 1981) ใช้ทำเสา และเสาเข็มขนาดเล็ก ไม้ค้ำยัน ขนาดที่ใช้ทั่วไป คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อน 3, 4, 5 และ 6 นิ้ว และมักมีความยาว 3, 4, 5 และ 6 เมตร ตามลำดับ (ชวลิต และ สวลี, 2528) นำไปทำเป็นไม้แปรรูปเหลี่ยมต่างๆ ใช้เป็นไม้โครงสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ในด้านพลังงานเชื้อเพลิง เป็นทั้งฟืนและถ่าน ไม้ฟืนให้ความร้อนประมาณ 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านให้ความร้อนประมาณ 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางที่จัดว่าเป็นถ่านไม้ที่ดีที่สุด (อรุณ และ วินัย, 2528) นอกจากนี้สามารถปลูกเป็นแนวกันลม (พิทยา และ จักรพล, 2528) ปลูกเพื่อช่วยควบคุมการกร่อนของดิน ดอกใช้เลี้ยงผึ้ง ใบนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย (มนตรี และคณะ, 2529) และย้อมสีเส้นใย (วนิดา และคณะ, 2531) เปลือกนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก (สมบัติ, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา

ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) มีชื่อสามัญว่า Timor mountain gum เป็นหนึ่งในสองชนิดที่มีถิ่นกำเนิดนอกประเทศออสเตรเลีย (อีกชนิดหนึ่ง คือ *Eucalyptus deglupta* Blume) พบมีการกระจายพันธุ์ออกเป็น 7 แหล่งตามเกาะต่างๆ ในประเทศอินโดนีเซีย คือ Flores, Adonara, Lomblen (Lembata), Pantar, Alor, Wetar และ Timor ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น โดยมีช่วงแล้งระหว่าง 2-8 เดือน ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 600-2,500 มิลลิเมตร และมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 70-3,900 เมตร พบตามเชิงเขาจนถึงหุบเขา โดยเฉพาะที่ความสูง 1,000-2,000 เมตร ที่ซึ่งมีหมอกเกิดขึ้นเป็นปกติจะเป็นแหล่งที่หมู่ไม้มีการพัฒนาได้ดีที่สุด เติบโตได้ดีในที่ชื้น ดินมีการระบายน้ำระบายอากาศดีและต้องมีหน้าดินลึกด้วย ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ สูงประมาณ 25-50 เมตร และสามารถโตได้ถึง 2 เมตร และสูงได้ถึง 55 เมตร ลำต้นเปลาตรง กิ่งแตกตั้งฉากกับลำต้น เปลือกแตกเป็นแผ่นเล็กๆ สีน้ำตาลแดง ใบเป็นใบเดี่ยว รูปหอกหรือรูปไข่แคบๆ ขนาด 12-20x2-5 เซนติเมตร เรียงตัวสลับ หลังใบสีเขียวเข้มส่วนท้องใบสีเขียวอ่อน ก้านใบมีลักษณะเป็นเหลี่ยมในช่วงที่ยังเป็นต้นกล้า ดอกออกเป็นช่อตามง่ามใบ ประมาณ 4-11 ดอก ดอกรูปกระสวย ส่วนล่างเป็นรูปถ้วย ส่วนบนเป็นรูปกรวยปิด กลีบดอกสีขาวหรือสีครีม ผลเป็นรูปกรวย กว้าง 0.6-1.8 เซนติเมตร ยาว 0.6-1.8 เซนติเมตร เมล็ดสีน้ำตาล น้ำหนัก 2.5-4.2 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ระยะออกดอกของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาในประเทศอินโดนีเซียจะออกดอกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคมเมื่ออยู่ที่ระดับความสูง 500-1,000 เมตร และพบออกดอกระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายนเมื่ออยู่ที่ระดับความสูง 1,000-2,000 เมตร (พัชรินทร์, 2545; Mandy, 2006)

นฤทธิ์ และ สุชาติ (2543) ศึกษาการเปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา จำนวน 9 แม่ไม้ ที่อายุ 4 เดือน โดยทำการทดลองที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 3 จังหวัดกาญจนบุรี พบว่ากล้าไม้จากแม่ไม้เบอร์ 117, 53, 113, 72, 54, 48, 19, 44 และ 26 มีความสูงเฉลี่ย 41.79, 29.84, 29.81, 26.94, 26.83, 26.07, 24.64, 23.48 และ 21.64 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสายพันธุ์ส่งผลต่อการเติบโตทางความสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$)

วีระยุทธ และ รัตนะ (2546) ศึกษาการทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความสูงเฉลี่ยของถิ่นกำเนิดจาก Jawagaha, Flores และ Iling Gele, Flores มีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.7 และ 15.6 เมตร ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและปริมาตรทรงกรวยของถิ่นกำเนิดจาก Kalabahi, Alor มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.7 เซนติเมตร และ 0.22 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ชลธิดา (2550) ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า การเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ที่อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 5.70, 12.56, 24.78, 37.18 และ 43.55 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยเฉพาะลำต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่อายุ 1-5 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 6.66, 9.55, 12.32, 15.10 และ 16.08 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 7.50, 10.18, 12.75, 15.32 และ 16.08 เมตร ตามลำดับ

3. ยูคาลิปตัสลูกผสม

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าด้วยวิธีการสร้างลูกผสมนั้น สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ลูกผสมภายในชนิดพันธุ์เดียวกัน (intraspecific hybrid) และลูกผสมข้ามชนิดพันธุ์ (interspecific hybrid) ลูกผสมที่เกิดขึ้นนั้นอาจมีได้ทั้งลักษณะเชิงบวกและเชิงลบ กล่าวคือ ลูกผสมที่มีลักษณะเชิงลบ หมายถึง ลูกผสมที่มีลักษณะไม่พึงประสงค์หรือไม่ดีเด่นกว่าพ่อแม่ ส่วนลูกผสมที่มีลักษณะเชิงบวก หมายถึง ลูกผสมที่มีลักษณะพึงประสงค์หรือดีเด่นกว่าพ่อแม่ หรือที่เรียกว่า hybrid vigor (สมคิด และ สุธีร์, 2543, 2548; สุธีร์ และ สมคิด, 2548)

สมคิด และ สุธีร์ (2548) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ลูกผสมยูคาลิปตัสโดยใช้ลักษณะภายนอกและการเจริญเติบโต ภายหลังการปลูกทดสอบครบ 1 ปี พบว่า การผสมข้ามชนิดเป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ยูคาลิปตัสที่มีโอกาสได้ลูกผสมลักษณะดี (hybrid vigor) มีความทนโรคและเติบโตดี โดยเฉพาะลูกผสมข้ามระหว่าง *Eucalyptus camaldulensis* (สายต้น T5) x *Eucalyptus urophylla* เป็นลูกผสมที่มีความสมบูรณ์ ซึ่งมีคะแนนความสมบูรณ์เฉลี่ย 4.38 ส่วนลูกผสมภายในชนิดเดียวกันระหว่างสายต้น T5 กับสายต้นของ *Eucalyptus camaldulensis* หรือลูกผสมจากการผสมตัวเอง (T5 self และ 10S self) มีคะแนนความสมบูรณ์ต่ำ การเติบโตทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยและความสูงเฉลี่ยน้อยกว่า 3 เซนติเมตร และ 4 เมตร ตามลำดับ ยกเว้น คู่ผสมระหว่าง T5 x Uro มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 3.38 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 4.22 เมตร รองลงมาคือ คู่ผสมระหว่าง SF8 x CT7 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 3.01 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 4.03 เมตร

การเติบโต

การเติบโต (growth) คือ กระบวนการสะสม การเพิ่มพูนเซลล์ใหม่ และการสร้างส่วนใหม่ๆ ขึ้นมา (Toumey, 1947) กล่าวคือ การเติบโตนั้นเกี่ยวข้องกับการเติบโตและการพัฒนา (development) การเติบโตเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณซึ่งไม่ย้อนกลับ (irreversible) และสามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขได้ เช่น การเพิ่มขนาด น้ำหนัก และปริมาตร เป็นต้น การพัฒนานั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ ไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขได้แต่สามารถสังเกตได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะทรงพุ่ม การออกดอกออกผล เป็นต้น ทั้งการเติบโตและการพัฒนาเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่มีผลซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงมักใช้คำทั้งสองนี้ร่วมกัน คือ การเติบโต (พงษ์ศักดิ์, 2521) การเติบโตมีปัจจัยควบคุมอยู่ 2 ปัจจัยซึ่งกระทำร่วมกัน คือ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม (genetic factors) และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม (environment factors) ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความชื้น ชนิดและปริมาณก๊าซต่างๆ ในอากาศในดิน โรคและแมลงศัตรูพืช ชนิดและปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารอาหาร ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ ได้แก่ สมบัติของดิน สภาพภูมิประเทศ และปัจจัยแปรผัน ได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศ และการแข่งขัน (Husch *et al*., 1972) การเติบโตแตกต่างกันตามปัจจัยภายในของต้นไม้และอิทธิพลภายนอก ได้แก่ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน เกลือแร่ธาตุ ฮอร์โมน วิตามิน และสารอื่นๆ อีกหลายอย่าง (พงษ์ศักดิ์, 2521)

สมบุญ (2536) กล่าวว่า การเติบโตจำเป็นต้องมีปัจจัยควบคุมการเติบโตและการพัฒนา ซึ่งได้แก่ (1) ปัจจัยทางพันธุกรรม (2) ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมภายนอก (3) ปัจจัยภายในของพืช คือ สารเคมีหรือฮอร์โมนที่พืชผลิตขึ้น โดยพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดขอบเขตการเติบโต สภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในเป็นตัวกำหนดระดับของการเติบโต

การวัดการเติบโตของต้นไม้โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราส่วนระหว่างส่วนที่อยู่เหนือดินกับราก สีของใบ และอื่นๆ เหล่านี้เป็นสิ่งที่สามารถตรวจวัดได้ง่าย และนิยมใช้เปรียบเทียบการเติบโตภายนอกอย่างคร่าวๆ เมื่อต้องการความสะดวกรวดเร็วกว่าการวัดการเติบโตทางสรีรวิทยา Baker (1950) กล่าวว่า การวัดการเติบโตที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง คือ การวัดในรูปของน้ำหนัก

สมอก (2549) ศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 5 ชั้นอายุ ตั้งแต่ 1-5 ปี ที่ระยะปลูก 2x3 เมตร พบว่า ยูคาลิปตัสเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ 3 ปีแรก โดยค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเพิ่มขึ้นประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร เมื่ออายุ 5 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเฉลี่ย 9.27 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยของความสูงเพิ่มขึ้น 3.66 และ 5.25 เมตร ในปีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และมีค่าลดลงใน 2 ปีหลัง สาเหตุมาจากการแข่งขันของไม้ในแปลงมากขึ้น เมื่ออายุ 5 ปี มีค่าความสูงเฉลี่ย 12.56 เมตร รุ่งเรือง (2540) ทำการศึกษาผลของความหนาแน่นของหมู่ไม้ต่อรูปทรง อัตราการเติบโต และผลผลิตของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 12 ปี พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน ความสูงทั้งหมดโดยเฉลี่ย ร้อยละรอดตาย อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของส่วนต่างๆ ปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง โดยที่ความหนาแน่น 625 ต้นต่อเฮกแตร์หรือที่ระยะปลูก 4x4 เมตร ให้ผลการศึกษาดีที่สุดซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน ความสูงทั้งหมดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 25.65, 19.06 เซนติเมตร และ 20.23 เมตร ตามลำดับ นอกจากการแข่งขันกันเองของหมู่ไม้ที่ส่งผลต่อการเติบโตของหมู่ไม้นั้นเองยังมีปัจจัยอีกหลายประการที่ส่งผลต่อการเติบโต ดังเช่น การศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 13 ปี ในท้องที่ต่างกันของ จงรัก (2538) ที่มีระยะปลูก 2x8 เมตร พบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุด เท่ากับ 20.22 เซนติเมตรในสวนป่าสมเด็จ การเติบโตทางความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 25.95 เมตร ส่วนน้ำหนักสดในส่วนที่เป็นสินค้าได้นั้นมีค่าสูงสุดในสวนป่าขุนหาญและสวนป่าสมเด็จ เท่ากับ 23.7286 และ 22.7671 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสรุปว่า การปลูกสร้างสวนป่าในพื้นที่ที่ชั้นคุณภาพถิ่นที่ตั้งดีนั้นย่อมส่งเสริมการเติบโตของหมู่ไม้ได้ดีกว่าพื้นที่ที่เป็นชั้นคุณภาพด้อยกว่า สอดคล้องกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาของการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี จำนวน 5 สายต้น ในท้องที่ต่างกัน ของ ชัยรัตน์ (2542) พบว่า ท้องที่ปลูกและสายต้นที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนั้นมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่ท้องที่สวนป่าทั้ง 3 สวน ได้แก่ สวนป่าสระแก้ว สวนป่ามัญจาคีรี และสวนป่าพิบูลมังสาหารที่ปลูกยูคาลิปตัสสายต้น T5 นั้นมีการเติบโตดีที่สุด ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงทั้งหมดตามลำดับสวนป่า เท่ากับ 13.98, 10.28, 13.22 เซนติเมตร และ 18.91, 12.35, 17.86 เมตร แม้ยูคาลิปตัสที่มีลักษณะดีและปลูกในท้องที่ที่เหมาะสมจะทำให้ยูคาลิปตัสมีการเติบโตที่ดีแล้วนั้น การจัดการบางประการก็เป็นสิ่งจำเป็นที่จะส่งเสริมการเติบโตของยูคาลิปตัสที่ปลูกนั้นให้เติบโตดียิ่งขึ้น ดังผลการศึกษาผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี ที่ใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร ของ วีระศักดิ์ (2547) พบว่า ต้นไม้ที่ใส่ปุ๋ยมีการเติบโตและความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตรแตกต่างจากต้นไม้ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยอย่างชัดเจน และการใส่ปุ๋ยในปริมาณมากยังส่งเสริมการเติบโตของต้นไม้ทางความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตร เท่ากับ 5.75-5.83 เมตร และ 6.23-6.24 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยในปริมาณน้อยอย่างชัดเจน

สมบัติดิน

ดินเป็นเทหวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการสลายตัวของหินและแร่ต่างๆ ผสมกับซากอินทรียวัตถุเน่าเปื่อยผุพังรวมกันเป็นชั้นบางๆ ห่อหุ้มผิวโลกไว้ เมื่อมีอากาศและน้ำในปริมาณที่พอเหมาะก็จะช่วยในการกำเนิดและการยังชีพของพืช (ปฐพีชล, 2541) ในเรื่องของการปลูกป่านั้นเชื่อได้ว่า ไม่มีวัสดุใดมาทดแทนการใช้ดินได้ เพราะต้นไม้มีขนาดใหญ่และมีอายุยาวนาน ฉะนั้นหน้าที่ของดินต่อการเติบโตของต้นไม้หรือพืชป่าไม้ จึงเป็นที่ยึดเกาะของรากพืช เพื่อพยุงไม่ให้ลำต้นล้ม เป็นที่กักเก็บน้ำ ให้อากาศแก่พืชเพื่อการหายใจ และเป็นแหล่งสารอาหารแก่พืช (โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า, 2532) ในทางกลับกันป่าไม้ก็มีบทบาทสำคัญต่อดินในเรื่องการหมุนเวียนสารอาหารและป้องกันการกร่อนของดิน การปลูกสร้างสวนป่าจะส่งผลต่อสมบัติดินแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ การดูแลรักษา รวมถึงชนิดของไม้ที่ปลูก เนื่องจากไม้แต่ละชนิดมีความสามารถในการใช้และปลดปล่อยสารอาหารแตกต่างกัน

1. สมบัติทางกายภาพ

1.1 เนื้อดิน (texture)

เนื้อดินเป็นสมบัติพื้นฐานของดินโดยบอกถึงความหยาบหรือละเอียดของชิ้นส่วนขององค์ประกอบหลักของดิน เนื้อดินกำหนดจากสัดส่วนโดยมวลของอนุภาค 3 กลุ่มขนาด คือ อนุภาคทราย (sand) มีขนาดระหว่าง 2.00-0.02 มิลลิเมตร อนุภาคทรายแป้ง (silt) มีขนาดระหว่าง 0.02-0.002 มิลลิเมตร และอนุภาคดินเหนียว (clay) มีขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบัติดินที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้นั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อดิน และโครงสร้างดิน (structure) ที่เกิดจากส่วนผสมของอนุภาคเนื้อดินทั้ง 3 ขนาด ซึ่งมีผลต่อการอุ้มน้ำ ดินเนื้อละเอียดปานกลางนั้นอุ้มน้ำและกักเก็บสารอาหารได้มากกว่าและระบายน้ำระบายอากาศได้ดีด้วย (Carmean, 1975) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการเติบโตของต้นไม้รวมถึงรากด้วย

เนื้อดินมีผลต่อการแลกเปลี่ยนแคตไอออนหรือเป็นตัวดูดซับสารอาหารพืช ดินที่มีร้อยละอนุภาคดินเหนียวสูง จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินที่มีร้อยละของอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่า จึงทำให้มีปริมาณสารอาหารในระดับที่สูงกว่าพวกอนุภาคดินทราย โดยเฉพาะดินทรายจัดมักขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อพืช นอกจากนี้เนื้อดินยังบอกให้ทราบถึงสมบัติเกี่ยวกับความต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชของดินด้วย โดยในดินเนื้อหยาบจะมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชของดินต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด ทำให้ค่าพีเอชของดินเนื้อหยาบเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

1.2 ความหนาแน่นรวมและความพรุนรวมของดิน (soil bulk density and porosity)

ความหนาแน่นและความพรุน บางส่วนเป็นผลจากเนื้อดิน และอีกบางส่วนเป็นผลจากชนิดของโครงสร้างดิน โดยทั่วไปดินเนื้อหยาบมีลักษณะโปร่ง มีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศที่ดีจึงง่ายต่อการชอนไชของราก แต่มักมีความความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขณะที่ดินเนื้อละเอียดมีช่องขนาดเล็กมากและไม่ต่อเนื่อง ทำให้การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศไม่ดี จึงอาจทำให้รากพืชขาดอากาศและอาจรุนแรงถึงขั้นตายได้

ความหนาแน่นรวมของดิน คือ สัดส่วนน้ำหนักแห้งของดินต่อปริมาตรรวมของดิน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของดิน โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นรวมของดินที่มีโครงสร้างดีอยู่ที่ประมาณ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นรวมของดินเป็นสมบัติที่เกี่ยวเนื่องกันกับความพรุนและความสามารถในการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศของดิน โดยเฉพาะในดินชั้นบนนั้น ความหนาแน่นรวมของดินมีความสำคัญต่อการเติบโตของไม้ เนื่องจากรากพืชส่วนใหญ่จะเติบโตในดินชั้นบน การที่ดินชั้นบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมอยู่มาก ทำให้ดินมีการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศดี และมีความอุดมสมบูรณ์สูง (Coile and Schumacher, 1953) ดินชั้นล่างนั้นแน่นกว่าดินชั้นบน เนื่องมาจากมีการสะสมอินทรียวัตถุน้อยและเกิดการอัดตัวของดิน ทำให้ปริมาตรช่องว่างทั้งหมดของดินลดลง ส่งผลต่อการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ ความชื้นในดิน และการเติบโตของรากพืช เนื่องจากรากพืชจะเติบโตหยั่งรากลงสู่ด้านล่างได้ก็ต่อเมื่อขนาดช่องว่างในดินใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก ชนิดพรรณไม้ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อสมบัติดินที่แตกต่างกัน ทิพย์ลดา (2551) พบว่า ดินในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยต่ำกว่าดินในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาเล็กน้อย ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสภาพพื้นป่าในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ที่มีปริมาณซากพืชทับถมกันอยู่เป็นชั้นหนาและมีปริมาณรากขนาดเล็กที่สูงกว่า ต่างกับพื้นป่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ที่มีซากพืชสะสมอยู่น้อย ความพรุนรวมของดินในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ที่มีค่าสูงกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา เนื่องจากการสะสมอินทรียวัตถุในดินและรากพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนมากกระจายอยู่ในดินชั้นบน ในขณะที่ดินที่อยู่ลึกลงไปต้องรองรับน้ำหนักของดินส่วนบนและมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า จึงทำให้ความพรุนรวมของดินชั้นล่างมีค่าน้อยกว่าดินชั้นบน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ความหนาแน่นอนุภาคของดินทั้ง 2 แปลงมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งความหนาแน่นอนุภาคเป็นสมบัติของดินในส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วยอินทรียวัตถุและอนินทรียสารต่างๆ ในดินแร่ธาตุแต่ละชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน และดินก็มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้ความหนาแน่นของดินแตกต่างกัน

วรวิทย์ (2548) ศึกษาศักยภาพของพื้นที่ในการปลูกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ได้แก่ สมบัติของดิน ซึ่งต้องมีสารอาหารเพียงพอ ส่วนปัจจัยจำกัดผลผลิตที่เห็นได้ชัด คือ ความหนาแน่นของอนุภาคและปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนปัจจัยที่มีผลทางบวกต่อการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น คือ ความหนาแน่นรวมของดิน ความพรุนรวมของดิน ความเข้มข้นของโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

2. สมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีของดินเป็นตัวควบคุมความสามารถของดินที่เป็นแหล่งอาหาร สภาพแวดล้อมทางเคมีที่เหมาะสมที่จะสนับสนุนการเติบโตของพืช เมื่อกล่าวถึงสมบัติทางเคมีของดินมักจะกล่าวถึงแร่ดินเหนียวและอินทรียวัตถุ ซึ่งทั้งสองอย่างนี้เป็นตัวการสำคัญในการกำหนดความสามารถของดินต่อการเติบโตของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าพีเอชของดิน และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (cation exchange capacity, CEC) สมบัติทางเคมีของดินนั้นแตกต่างกัน เนื่องมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพแวดล้อม รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย

2.1 พีเอชของดิน (soil pH)

พีเอชของดินเป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลายดิน ซึ่งถ้าค่าพีเอชในดินต่ำกว่า 7 แสดงถึงความเป็นกรด ในทางกลับกันค่าพีเอชสูงกว่า 7 แสดงถึงความเป็นเบส โดยทั่วไปพืชเติบโตได้ไม่แตกต่างกันในช่วงพีเอชตั้งแต่ 3-10 ซึ่งพอจะสรุปได้ว่า อิทธิพลของค่าพีเอชในสารละลายดินนั้นไม่ได้มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเติบโตของพืช แต่จะมีผลต่อสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดิน ซึ่งจะส่งผลในทางอ้อมมากกว่าโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงระดับของสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ระดับพีเอชในสารละลายดินที่แตกต่างกันมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของสารอาหาร ซึ่งช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมนั้น อยู่ในช่วง 5.5-8.5 ส่วนระดับพีเอชที่เหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส อยู่ในช่วง 6.5-7.0 (ศิริภา และ คนึงกิจ, 2542) เนื่องจากเป็นสภาพที่ฟอสฟอรัสถูกตรึงน้อยที่สุด หากดินมีสภาพเป็นกรด ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยอลูมิเนียมและเหล็กที่อยู่ในสภาพละลายน้ำได้ยาก ส่วนถ้าหากดินมีสภาพเป็นเบสก็จะเกิดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตกตะกอนกับแคลเซียมและแมกนีเซียม สุรศักดิ์ (2526) กล่าวว่า พีเอช 6.5 เป็นระดับที่สารอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด

ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อยู่ในช่วง 4.6-6.6 และการเติบโตลดต่ำลงมากเมื่อพีเอชต่ำกว่า 3.5 (Yoshisuji and Kawasoe, 1961) สามารถเติบโตได้ดีในดินเค็ม แต่ไม่ค่อยดีในดินเนื้อปูน และให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อดินมีพีเอช 6-7 และในดินที่มีปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสสูง แต่มีปริมาณแคลเซียมรวมทั้งดินที่มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ (จงรัก, 2546)

ซากใบของ Eucalyptus hybrids มีค่าพีเอชเฉลี่ยประมาณ 4.83-4.91 และจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ส่วนซากใบของ *Acacia auriculiformis* มีค่าพีเอชเฉลี่ยประมาณ 6.68 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป (Bernhard-Reversat, 1999) ในสวนป่าอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ค่าพีเอชของดินชั้นบนเป็นกรดจัดมาก (extreme acidity) เนื่องจากมีการสะสมอินทรียวัตถุปริมาณมากในดินชั้นบนจึงทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสมอยู่ในดินชั้นบน (ทิพย์ลดา, 2551) สมานใจ (2547) พบว่า เมื่อสวนป่ามีอายุมากขึ้นดินจะมีค่าพีเอชลดลง การลดลงของค่าพีเอชมีสาเหตุมาจากการที่ต้นไม้ดูดแคตไอออน เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+} เข้าไป และปลดปล่อยแคตไอออนของโฮโดรเจน (H^{+}) ออกมา และอีกประการ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่รากพืชขับออกมา และจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งจะให้ H^{+} สะสมอยู่ในอนุภาคดิน (ศิริภา และ คนึงกิจ, 2542)

2.2 อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter)

อินทรียวัตถุในดิน หรือเรียกว่า ฮิวมัส (humus) คือ ซากพืชซากสัตว์ที่สลายตัวแล้ว เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่มีและไม่มีชีวิต รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายและส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นใหม่ อินทรียวัตถุแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ พวกที่เป็นสารฮิวมิก (humic substances) และพวกที่ไม่ได้เป็นสารฮิวมิก (non-humic substances) โดยเฉพาะพวกที่ไม่ได้เป็นสารฮิวมิกซึ่งเป็นพวกที่จุลินทรีย์ในดินย่อยสลายได้ง่าย เช่น พวกคาร์โบไฮเดรต ลิปิด โปรตีน กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น สารเหล่านี้พบมากในดินซึ่งจะเกาะยึดอยู่กับอนุภาคดินเหนียว หรือแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนบางชนิด หรือทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมเม็ดดิน (cementing agent)

บทบาทของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเติบโตของพืช มีดังนี้

1) ด้วยโครงสร้างลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์นั้น ทำให้มีพื้นผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากประมาณ 6-20 เท่าของน้ำหนัก อินทรียวัตถุเป็นสารประกอบที่ประสิทธิภาพสูงในการเกาะยึดหรือรวมตัวกับอนุภาคต่างๆ ในดินโดยเฉพาะกับอนุภาคดินเหนียว นอกจากนี้ยังมีสารเชื่อมที่เกิดจากจุลินทรีย์ทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้ดีขึ้น และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Willet, 1978) โดยเฉพาะเมื่อดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั้นบนมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะทำให้การเติบโตของต้นไม้เพิ่มขึ้นด้วย (Graney and Ferguson, 1971)

2) ความสามารถในการดูดซับแคตไอออนและแอนไอออนของอินทรียวัตถุนั้นสูงมาก โดยทั่วไปปริมาณแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุนั้นประมาณร้อยละ 30-90 ของปริมาณที่ดินสามารถดูดซับได้ทั้งหมด เป็นเพราะแอนไอออนจำนวนมากที่มีอยู่ในอินทรียวัตถุโดยเฉพาะพวก carboxylic group (-COOH) และ phenolic group (-OH) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อินทรียวัตถุมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินได้ดี หรือมี buffering capacity สูงขึ้น (สรสิทธิ์, 2518) นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังมีความสามารถดูดซับแอนไอออนได้ด้วย ความสามารถในการดูดซับแคตไอออนและแอนไอออนนี้ จะช่วยป้องกันการสูญเสียสารอาหารที่เกิดจากการชะละลายไปกับน้ำด้วย

3) อินทรียวัตถุนั้นเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญของพืช เกิดจากการย่อยสลายธาตุที่เป็นองค์ประกอบโดยจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน นอกจากนี้กรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิกที่ได้จากการย่อยสลายยังช่วยละลายสารอาหารบางชนิดให้เป็นประโยชน์แก่พืช และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นสารคีเลต (chelating agent) จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่จะรวมตัวกับไอออนของจุลธาตุซึ่งเป็นโลหะกลายเป็นคีเลตซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

2.3 ไนโตรเจน (nitrogen, N)

ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนในพืช มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการเติบโตทุกๆ ส่วนของต้นไม้ ไนโตรเจนในพืชมักพบตามส่วนที่เพิ่งเติบโตในส่วนของปลายยอดและปลายราก มักเคลื่อนย้ายจากส่วนที่แก่กว่าไปยังส่วนที่อ่อนกว่า จึงจัดเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (mobile element)

ไนโตรเจนได้มาจาก 1) การตรึงไนโตรเจนในอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับพืชบางชนิด 2) การตรึงไนโตรเจนในอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน 3) ฟ้าแลบ ซึ่งทำให้ไนโตรเจนในอากาศถูกออกซิไดส์เป็นไนตรัสออกไซด์ละลายลงมากับน้ำฝนลงสู่ผิวดิน 4) การใส่ปุ๋ยให้แก่ดิน (ยงยุทธ, 2546)

ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จากจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับพืชบางชนิดนั้นแตกต่างกันตามชนิดของพืช ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศโดยไรโซเบียมร่วมกับโสนมีปริมาณสูงสุด คือ 87 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ส่วนพวกจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดินสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ไม่ต่ำกว่า 7.3-8.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และไนโตรเจนที่เกิดจากฟ้าแลบมีประมาณ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีในรูปแอมโมเนียมไอออน และประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีในรูปไนเตรตไอออน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในรูปไนเตรตไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายพวกอินทรียวัตถุในดินโดยกระบวนการอะมิไนเซชัน (aminization) โดยจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotroph) กระบวนการย่อยสลายเป็นแบบ enzymatic digestion ซึ่งจะได้สารประกอบอะมีน (amine) และกรดอะมิโน (amino acid) และเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) ด้วยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) โดยจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ซึ่งเป็นกระบวนการแบบ enzymatic hydrolysis และจะเปลี่ยนเป็นไนเตรต (NO_3^-) ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งเป็นกระบวนการ enzymatic oxidation โดยแบคทีเรียชนิดที่ต้องการก๊าซออกซิเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ได้มาจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินและจากการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียจากอากาศและในดิน แต่ในวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินและแร่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ฉะนั้นปริมาณไนโตรเจนในดินชั้นบนจึงแปรผันตามปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ไพบูลย์ (2528) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดิน โดยดินบนจะมีค่าสูงกว่าดินล่าง (วนิดา, 2546) ในขณะที่ ทิพย์ลดา (2551) พบว่า ในแปลงยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา มีปริมาณไนโตรเจนรวมในดินสูงกว่าในดินแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และมีค่าอยู่ระดับต่ำ ซึ่งตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Garay *et al*. (2004) ที่กล่าวว่า ดินในแปลงกระถินเทพา (*Acacia mangium*) มีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าดินในแปลงยูคาลิปตัส แกรนดิส (*Eucalyptus grandis*) ทั้งนี้อาจเนื่องจากเรือนยอดของอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีลักษณะหนาประกอบกับสภาพแวดล้อมภายในแปลงที่ไม้มีเรือนยอดปิดและมีปริมาณน้ำในดินต่ำจึงส่งผลต่อการย่อยสลายซากพืช ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยตามไปด้วย และการที่ดินมีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำนั้นเป็นผลมาจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ และการนำไนโตรเจนไปใช้ของพืชและจุลินทรีย์ดินรวมถึงจากกระบวนการละลายและการสูญเสียไปในรูปของก๊าซในดินเนื้อหยาบ (สมชัย, 2534)

2.4 ฟอสฟอรัส (phosphorus, P)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต ความแข็งแรงของพืช ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและใต้ดิน รวมถึงการออกดอกออกผล เนื่องจากเป็นธาตุที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างแป้งและน้ำตาล เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ฟอสฟอรัสมีบทบาทในการหายใจของพืชเพื่อให้ได้พลังงาน เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารต่างๆ และโครงสร้างในเซลล์พืช เช่น nucleic acid และ nucleoprotein phospholipid เป็นส่วนประกอบของ ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นสารประกอบพลังงานสูงที่มีบทบาทในกระบวนการชีวเคมี ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสจะทำให้ต้นเล็ก ผอมแกร็น ใบเล็กผิดปกติ ร้อยละการออกดอกติดผลต่ำกว่าปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟอสฟอรัสในดินเกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ โมโนเบสิกออร์โธฟอสเฟต (monobasic orthophosphate, $H_2PO_4^-$) และดิสเบสิกออร์โธฟอสเฟต (disbasic orthophosphate, HPO_4^{2-}) แหล่งฟอสฟอรัสนั้นได้จากอินทรียวัตถุและอนินทรียวัตถุ อินทรีย์ฟอสฟอรัสจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยทั่วไปดินที่ทำการเพาะปลูกจะมีฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.03-0.22 (สรสิทธิ์, 2518) ส่วนแหล่งของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสนั้นได้จากการผุพังของแร่และการใส่ปุ๋ย

ระดับพีเอชในดินมีบทบาทสำคัญในการควบคุมความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส โดยเมื่อดินมีสภาพกรดเพิ่มขึ้น มักมีไอออนของเหล็ก (Fe^{2+}, Fe^{3+}) และอลูมิเนียม (Al^{3+}) ทำปฏิกิริยาได้ง่ายและรวดเร็วกับไอออนฟอสเฟต เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ hydrous oxides ของเหล็ก อลูมิเนียม และแมงกานีส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบร้อนและชุ่มชื้น ฟอสเฟตจะถูกตรึงไว้ได้มากซึ่งจะไม่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ถ้าหากพีเอชสูงขึ้นไอออนฟอสเฟตจะละลายน้ำและเป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น ดินที่มีพีเอชสูงนั้นมักจะมีไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และคาร์บอเนตของธาตุทั้งสองซึ่งไอออนฟอสเฟตทำปฏิกิริยาได้ดีและรวดเร็ว เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตและแมกนีเซียมฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ลดความเป็นประโยชน์แก่พืช แม้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ละลายได้ดีลงไปในดินแล้ว แต่ฟอสฟอรัสก็ยังถูกตรึงจากไอออนของเหล็ก อลูมิเนียม แมงกานีส แคลเซียม และแมกนีเซียม การลดการตรึงฟอสฟอรัสโดยการเติมอินทรียวัตถุลงในดินซึ่งจะแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงจากไอออนของโลหะและอนุภาคดินเหนียวเหล่านี้ โดยแอนไอออนในอินทรียวัตถุ และ hydroxy organic acid ที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุซึ่งทำปฏิกิริยา chelation กับไอออนของเหล็กและอลูมิเนียมได้ แต่ในดินที่เป็นดินเนื้อปูน (calcareous soil) อินทรียวัตถุไม่มีผลต่อการตรึงฟอสเฟต เนื่องจากส่วนที่เป็นของแข็งของแคลเซียมคาร์บอเนตยังควบคุมพีเอชและความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนอยู่ตลอดเวลา

สมานใจ (2547) พบว่า ดินชั้นบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน ความมากน้อยของการชะละลาย การใช้ที่ดิน และพีเอชของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การที่พบว่าดินชั้นบนมีฟอสฟอรัสสูงกว่าดินชั้นล่างเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Potichan, 1991) ส่วนดินล่างมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงสาเหตุมาจากดินผ่านการชะละลายมานานทำให้ปฏิกิริยาดินมีสภาพเป็นกรดตลอดหน้าตัดดิน เหล็กและอลูมิเนียมละลายออกมามาก ทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ได้ (Sanchez, 1976; London, 1991) สรสิทธิ์ และคณะ (2527) กล่าวว่า อินทรียวัตถุมีผลต่อฟอสฟอรัสในดินเพราะอินทรียวัตถุมีฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบอยู่ด้วย การย่อยสลายซากพืชจะเป็นการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมา แต่สามารถสูญเสียไปกับการชะละลายและการตรึงโดยธาตุต่างๆ ได้ง่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 โพแทสเซียม (potassium, K)

โพแทสเซียม เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบในพืชสูงรองจากไนโตรเจน คือ ประมาณร้อยละ 0.05-3.00 เป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (mobile) เมื่อเข้าไปอยู่ในพืชแล้วจะไม่เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนธาตุอื่นๆ แต่จะอยู่ในรูปเกลืออินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ละลายได้ โพแทสเซียมมีหน้าที่บทบาทหลายประการในพืช เช่น เป็นโครงสร้างของเอนไซม์กว่า 40 ชนิดที่ต้องการแคตไอออนที่มีประจุบวก 1 ประจุ (monovalentcation) บทบาทในกระบวนการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล กระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ สังเคราะห์โปรตีน ช่วยในการแบ่งเซลล์ ลดฤทธิ์กรดอินทรีย์ในเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์หนาและมั่นคงยากต่อการทำลายของโรคและไม่โค่นล้มง่าย รักษาสมดุลของประจุในเซลล์ ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีลำต้นสั้นและอ่อนแอ จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรครากเน่า (root rot) เข้าทำลายได้ง่าย (ศรีสม, 2540)

แหล่งโพแทสเซียมในดินที่สำคัญมาจากแร่เฟลด์สปาร์ (feldspars) และไมกา (mica) มีอยู่ประมาณร้อยละ 90-98 แร่เหล่านี้สลายตัวยาก รูปที่เป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม คือ โพแทสเซียมไอออน (K^+) ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ทันที โพแทสเซียมในดินนั้นแบ่งเป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดิน (soil solution) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable form) ทั้ง 2 แหล่งนี้จะอยู่ในสภาพสมดุลกันตลอดเวลา บางส่วนของโพแทสเซียมจะถูกตรึงด้วยอนุภาคดินเหนียวพวก illite, vermiculite และแร่ดินเหนียวพวก 2:1 อื่นๆ ซึ่งเป็นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable) ซึ่งไม่เป็นประโยชน์แก่พืช เนื่องจากโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้กับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้นี้อยู่ในสภาพสมดุลแบบเปลี่ยนกลับไปมาได้ (dynamic equilibrium) จึงมีการทดแทนจากโพแทสเซียมจากส่วนที่แลกเปลี่ยนไม่ได้นี้เมื่อมีการสูญเสียโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์จนขาดสมดุล ในดินชนิดเดียวกันมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมมากที่สุดในอนุภาคดินเหนียว ดินทรายแป้ง และดินทรายที่ประมาณร้อยละ 30-74, 24-56 และ 3-21 ตามลำดับ (Munn *et al*., 1976) แสดงว่า ดินที่มีอนุภาคดินทรายมักขาดโพแทสเซียม

ทิพย์ลดา (2551) พบว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแปลงปลูกยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลามีอยู่ในระดับต่ำมากและมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ซึ่งมีสาเหตุมาจากดินมีค่าพีเอชต่ำ (สรสิทธิ์, 2518) และดินได้ผ่านการชะละลายในอัตราที่สูงและมีความชื้นต่อเนื่องเป็นช่วงเวลานานในรอบปี (Brady and Weil, 1999) และการที่ดินมีองค์ประกอบหลักเป็นอนุภาคทรายซึ่งมีความสามารถในการดูดยึดและปลดปล่อยโพแทสเซียมต่ำกว่าอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว จึงส่งผลให้ในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (Munn *et al*., 1976)

2.6 แคลเซียม (calcium, Ca)

แคลเซียม เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ (calcium pectate) และพบมากในลำต้น กิ่ง ใบ จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์โดยเฉพาะปลายยอดและปลายราก ควบคุมการละลายของเกลือต่างๆ ในไซโทพลาซึม (cytoplasm) แก้ความเป็นพิษที่เกิดจากทองแดงและสารที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นพิษได้ มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ลดการดูดโพแทสเซียมที่มากเกินพอ (luxury consumption) แคลเซียมถ้ามีอยู่ในพืชมากเกินไปจะทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก กำมะถัน และฟอสฟอรัส

แคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในรูปแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งจะอยู่ในสารละลายดิน แหล่งของแคลเซียมมาจากการสลายตัวของหินและแร่ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เกลือแคลเซียมอิสระ (free calcium salt) และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งจะถูกดูดซับไว้กับผิวคอลลอยด์ดิน แคลเซียมไอออน แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเกลือแคลเซียมอิสระ จะอยู่ในสภาพสมดุลและเปลี่ยนกลับไปมาได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ปริมาณแคลเซียมในดินแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน โดยดินทั่วไปจะมีแคลเซียมน้อยกว่าร้อยละ 0.1-2 ส่วนดินเนื้อปูนอาจมีสูงกว่าร้อยละ 2.5 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณแคลเซียมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน (วันชัย, 2530) และพบมากที่ความลึก 0-50 เซนติเมตรแรก (เสริมพงศ์, 2545)

ทิพย์ลดา (2551) พบว่า แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแปลงปลูกยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อยู่ในระดับต่ำมากและมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ดินมีความเป็นกรดสูง (สรสิทธิ์, 2518) และกระบวนการชะละลายเกิดการสูญเสียแคตไอออนที่เป็นเบสออกไปจากหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นลักษณะของดินเขตร้อนที่มีพัฒนาการสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Sanchez, 1976)

2.7 แมกนีเซียม (magnesium, Mg)

แมกนีเซียม เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ถึงร้อยละ 2.7 เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และกระตุ้น citric acid cycle ในการหายใจของเซลล์ มีส่วนในการสร้างน้ำมันในพืช ทำหน้าที่เกี่ยวกับการพองตัวของพลาสมา (plasma) ใน cell fluid มีส่วนในการสร้าง phosphorylated compound, lecithin และ nucleoprotein

รูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในรูปแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) และจะอยู่ในสภาพสมดุลที่สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้กับแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) และเกลือแมกนีเซียมอิสระ (free magnesium salt) เช่นเดียวกับแคลเซียม แมกนีเซียมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของหินและแร่ที่สลายตัวออกมา ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ชนิดและปริมาณของแร่นั้นๆ ส่วนที่อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้และรูปที่เป็นประโยชน์นั้นโดยทั่วไปมีอยู่น้อยมาก และมักมีปริมาณน้อยกว่าแคลเซียม เนื่องจากถูกดูดยึดด้วยแรงที่น้อยกว่าแคลเซียม Tisdale (1985) ให้ความเห็นว่า แมกนีเซียมในดินอาจสูญเสียจากการชะละลาย พืชนำไปใช้ และการรวมตัวเป็นแร่ทุติยภูมิ ซึ่งกรณีนี้คาดว่าเกิดมากในสภาพอากาศที่แห้งแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิพย์ลดา (2551) พบว่า แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแปลงปลูกยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อยู่ในระดับต่ำมากและมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน การที่ในดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำมากเป็นผลมาจากการที่ดินมีความเป็นกรดสูง (สรสิทธิ์, 2518)

การปรับปรุงดิน

การปรับปรุงดิน หมายถึง การทำให้ดินมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช และทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์โดยการเพิ่มปริมาณสารอาหารในดินด้วยวิธีการใช้อินทรียวัตถุในรูปต่างๆ เช่น การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด การไถกลบวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการใช้วัสดุคลุมดิน (นันทกา, 2546) อินทรียวัตถุจะช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความร่วนซุย ความจุอุ้มน้ำ และความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำและอากาศในดินเนื้อละเอียด ขณะที่ในดินเนื้อหยาบจะช่วยในการเกิดเม็ดดินสูงขึ้น (ประกาศิต, 2549)

1. การใช้ปุ๋ยหมักในการปรับปรุงดิน

การใช้ปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่องนั้นมีประโยชน์ต่อดินทั้งทางตรงและทางอ้อมในบทบาทของอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบฮิวมัสในดิน ดังนั้นคุณภาพของปุ๋ยหมัก วิธีการใส่ ระยะเวลาการใส่ และสภาพแวดล้อม มีส่วนในการกำหนดผลของปุ๋ยหมักต่อการเติบโตของพืช (พิทยากร และคณะ, 2540) สารประกอบอินทรีย์รูปต่างๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในขณะที่ปุ๋ยหมักกำลังถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์นั้น จะเปลี่ยนแปลงจนในที่สุดเป็นสารประกอบที่จุลินทรีย์และรากพืชดูดไปใช้ได้ (NH_4^+, NO_3^-, $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-}) ส่วนโพแทสเซียมนั้นอยู่ในรูปของไอออนที่เป็นประโยชน์ พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที โพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์นั้น จะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมา การปลดปล่อยสารอาหารของปุ๋ยหมักนั้นเป็นไปอย่างช้าๆ แต่มีความสม่ำเสมอมากกว่าปุ๋ยเคมี จึงทำให้เป็นปุ๋ยที่มีคุณภาพสูง พืชตอบสนองดี และไม่ค่อยเกิดความเป็นพิษต่อพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แม้จะมีสารอาหารหลักน้อยกว่าแต่ก็ยังมีสารอาหารเสริมอื่นๆ อีกด้วย (ประกาศิต, 2549)

การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินนั้น วิทยา และ ธรรมเรศ (2545) ได้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของชุดดินโคราชโดยใส่ปุ๋ยหมักขยะเทศบาลในอัตรา 0, 1.25, 25, 37.5 และ 50 ตันต่อเฮกแตร์ ร่วมกับการปลูกหญ้ากินนีสีม่วง พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักที่อัตรา 50 ตันต่อเฮกแตร์ ทำให้ดินมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะอิ่มตัวเพิ่มขึ้นจาก 0.0012 เซนติเมตรต่อวัน เป็น 0.0030 เซนติเมตรต่อวันในช่วง 18 เดือน ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงจากร้อยละ 1.297 เป็นร้อยละ 1.273 ในช่วง 12-18 เดือน ความคงทนของเม็ดดินที่ร่อนในอากาศผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพิ่มจากร้อยละ 1.153 เป็นร้อยละ 2.497 และค่าความคงทนของเม็ดดินที่ร่อนในอากาศผ่านตะแกรงขนาด 0.125 มิลลิเมตร ลดลงจากร้อยละ 45.583 เป็นร้อยละ 32.317

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน ปุ๋ยหมักจะมีผลต่อพีเอชของดินเมื่อใส่ในอัตราอย่างน้อย 22.4-44.8 ตันต่อเฮกแตร์ (Hortenstine and Rothwell, 1973) ประเสริฐ (2543) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 12 ปี ที่อัตรา 0.5, 1, 1.5 และ 2 ตันต่อไร่ โดยไม่ได้ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น ความแข็งของดินมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่ทำให้พีเอชเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ ประกาศิต (2549) ศึกษาการแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็กเพิ่มขึ้นทั้งในสภาพปลูกและไม่ปลูกพืช ภายใต้สภาพไม่ปลูกพืชที่ใส่ปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส และในสภาพปลูกพืชที่ใส่ปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัสและปุ๋ยหมักจากขี้เลื่อย ไม่ทำให้พีเอชของดินเปลี่ยนแปลง

การปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน นอกจากช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีทแล้ว ยังช่วยกระตุ้นจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมให้เพิ่มขึ้นด้วย (Balasubramaniam, 1972) นอกจากนี้ วรรณลดา และคณะ (2534) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 4 และ 6 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ในชุดดินปากช่อง ทำให้จุลินทรีย์โดยเฉพาะแอคติโนมัยซีทเพิ่มขึ้น และลดปริมาณเชื้อโรคพืช *Macrophonima phaseolina* ลง ทำให้อาการโรคลำต้นเน่าดำของข้าวโพดลดลง เช่นเดียวกับ Pera *et al*. (1983) พบว่า ปุ๋ยหมักทำให้เชื้อแบคทีเรียและเชื้อรากับแอคติโนมัยซีทเพิ่มขึ้น

วิธีการและระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยหมัก แบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่ 1) ใส่แบบหว่านทั่วแปลง ใส่ในขณะเตรียมดินเพื่อปลูกพืช ทำการหว่านให้ทั่วแปลงแล้วไถกลบทันที 2) ใส่แบบแถว โดยใส่เป็นแถวตามแนวปลูกพืช มักใช้กับพืชไร่ 3) การใส่แบบหลุม เหมาะสำหรับไม้ผล อาจแบ่งใส่เป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงเตรียมดินก่อนปลูกโดยเป็นปุ๋ยรองก้นหลุมและใส่รอบๆ ต้นตามแนวทรงพุ่ม (พิทยากร และคณะ, 2540)

2. การใช้ปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดิน

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการไถกลบพืชขณะที่พืชยังสดอยู่ลงดินในช่วงการเติบโตช่วงหนึ่งหรือช่วงที่ออกดอกจนบานเต็มที่แล้วปล่อยให้เน่าเปื่อยผุพังปลดปล่อยสารอาหารออกมาเป็นประโยชน์แก่พืช (พิทยากร และคณะ, 2540)

ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด ได้แก่ 1) เพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่ดิน โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว 2) เพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน 3) รักษาและเพิ่มปริมาณสารอาหารแก่ดิน 4) ปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น 5) อนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการใช้ปุ๋ยพืชสดในลักษณะการปลูกพืชคลุมดิน 6) ป้องกันวัชพืช 7) ลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมี 8) เพิ่มผลผลิตของพืชหลักให้สูงขึ้นและคุณภาพดีขึ้น (พิทยากร และคณะ, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อควรพิจารณาในการเลือกพืชปุ๋ยสด ได้แก่ 1) เป็นพืชที่เติบโตได้ดีในดินที่มีอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และมีการดูแลรักษาน้อย 2) หาได้ง่ายในท้องถิ่น ผลิตเมล็ดได้จำนวนมาก เมล็ดเก็บไว้ได้นานและงอกง่าย 3) ให้น้ำหนักสดสูง 4) เติบโตเร็วสามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ 5) ระบบรากลึกและแข็งแรง สามารถดูดซับสารอาหารได้ดี 6) ต้านทานและทนทานต่อการเข้าทำลายของศัตรูพืช 7) ลำต้น กิ่ง ก้านเปราะ ง่ายต่อการไถ 8) ไม่ส่งผลในทางลบต่อพืชที่ต้องการปลูก 9) สามารถจัดเข้าระบบปลูกพืชได้ง่ายและเหมาะสม

3. การใช้ปุ๋ยคอกในการปรับปรุงดิน

ปุ๋ยคอก คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากมูลสัตว์ เช่น โค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ ทั้งที่ยังไม่ผ่านและผ่านกระบวนการหมักจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว โดยทั่วๆ ไปจะประกอบด้วยอินทรียวัตถุ ส่วนหนึ่งเป็นสารอาหารหลัก สารอาหารรอง และจุลธาตุ และอีกส่วนที่ปะปนออกมาเล็กน้อย เช่น มูลโคและกระบือ จะมีจุลินทรีย์ติดออกมากับมูลด้วย ปริมาณมูลสัตว์ที่จะได้มากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ ชนิด ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน และการเลี้ยงดูสัตว์หรือสุขภาพของสัตว์ จากการศึกษาพบว่า โคที่มีอายุระหว่าง 2-3 ปี จะถ่ายมูลเฉลี่ยวันละ 14 กิโลกรัม (เฉลี่ยตัวละ 5,000 กิโลกรัมต่อปี) ส่วนกระบืออายุ 2 ปีครึ่ง น้ำหนักตัว 300-400 กิโลกรัม จะถ่ายมูลเฉลี่ยวันละ 17.8 กิโลกรัม (เฉลี่ยตัวละ 6,500 กิโลกรัมต่อปี) (เกษม, 2530)

การใช้ปุ๋ยคอกนั้นมีอิทธิพลต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เช่นเดียวกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น นอกจากนั้นปุ๋ยคอกยังมีปริมาณสารอาหารสูงกว่าปุ๋ยหมัก บางชนิดมีมากกว่า 2-3 เท่า เช่น มูลสุกร มูลเป็ด และไก่ จะมีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง เนื่องจากอาหารที่สัตว์กินเข้าไปถ่ายทอดไปยังมูล แววตา และคณะ (2534) รายงานว่า ในมูลสัตว์ปีก มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากมูลของสัตว์ปีกมีกรดยูริกที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างรวดเร็ว และโดยปกติเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปสารอาหารจะถูกนำไปใช้ไม่หมด คือ ประมาณ 3/4 ของไนโตรเจน 4/5 ของฟอสฟอรัส และ 9/100 ของโพแทสเซียม จะยังคงเหลืออยู่ในมูลที่สัตว์ขับถ่ายออกมา ดังนั้นจึงเป็นแหล่งของสารอาหารแก่พืช

การใช้ปุ๋ยคอกเพื่อปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน อาจต้องใช้ปุ๋ยคอกตั้งแต่ 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่อย่างสม่ำเสมอทุกปี โดยเฉลี่ยปุ๋ยคอกจะมีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 2.14 ฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 2.74 และโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 1.28 โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นยังมีสารอาหารรองและจุลธาตุต่างๆ ดังนั้นปุ๋ยคอกแห้งหนัก 1 ตัน จะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ประมาณ 21.4, 27.4 และ 12.8 กิโลกรัม ตามลำดับ (พิทยากร และคณะ, 2540) แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการใช้ปุ๋ยคอก คือ การเก็บรักษาและคุณภาพของปุ๋ยคอก หากเก็บรักษาไม่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารไปดังนี้ ไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูญเสียร้อยละ 52 ฟอสฟอรัสและแคลเซียมสูญเสียร้อยละ 20 แมกนีเซียมร้อยละ 25 กำมะถัน ทองแดง แมงกานีส และสังกะสีสูญเสียร้อยละ 30 (แววตา และคณะ, 2534) สำหรับการใช้ ควรใส่ในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะและไถกลบปุ๋ยทันที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปิยะ (2533) ศึกษาวิธีการเพิ่มความสามารถในการผลิตข้าวของดินทรายในนากับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและสารปรับปรุงดิน (ปูนขาว) ให้ผลผลิตข้าวได้สูงสุด และการใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียวแต่แบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะ 5, 15 และ 25 วัน หลังจากปักดำก็ให้ผลผลิตข้าวอยู่ในเกณฑ์สูงมาก การใส่ปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียวสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวในนาดินทรายได้เป็นที่น่าพอใจ แต่การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและไม่ใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย

วิธีการใส่ปุ๋ยคอก สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีตามชนิดของพืชที่ปลูก ดังนี้ 1) ใส่แบบหว่านทั่วแปลง เหมาะกับแปลงขนาดเล็กส่วนใหญ่ใช้กับนาข้าว พืชไร่ หรือพืชผัก ใส่โดยหว่านทั่วแปลงแล้วไถกลบทันทีทิ้งไว้ 15-30 วัน 2) ใส่แบบเป็นแถวตามแนวปลูกพืช มักใช้กับพืชไร่ 3) ใส่แบบหลุม ใช้กับไม้ผลและไม้ยืนต้น อาจแบ่งใส่เป็น 2 ระยะ คือ ในช่วงแรกของการเตรียมหลุมเพื่อปลูก อีกระยะหนึ่งใส่โดยขุดร่องรอบๆ ต้นตามทรงพุ่ม (พิทยากร และคณะ, 2540)

การใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึง วัตถุหรือสารที่ใส่ลงไปในดินเพื่อให้สารอาหารแก่พืช โดยทั่วไปสารอาหารที่ต้องใส่บ่อยๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนธาตุอื่นๆ ไม่ค่อยใส่บ่อยนัก ดังนั้นปุ๋ยจึงหมายถึง วัตถุหรือสารชนิดหนึ่งที่ใส่ลงไปในดินเพื่อมุ่งให้สารอาหารแร่ธาตุแก่พืชที่ปลูกบนดินนั้น ปุ๋ยจำแนกประเภทโดยใช้สารประกอบ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี (inorganic fertilizer) และปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) ปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่มีสารอาหารแร่ธาตุเข้มข้น ส่วนมากเป็นสารประกอบประเภทเกลือ อาจได้มาจากการสังเคราะห์หรือแร่ธาตุตามธรรมชาติที่นำมาใช้ได้เลยหรือนำมาทำให้บริสุทธิ์หรือละลายได้ดียิ่งขึ้น (ถวิล, 2531) ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีต้นกำเนิดมาจากสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายอินทรียสาร เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยหมัก (ปฐพีชล, 2541) ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง วัสดุที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ (active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยา เพื่อทำให้พืชได้รับสารอาหารที่ต้องการ เช่น เชื้อไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนในอากาศให้เป็นประโยชน์แก่พืช เชื้อไมคอร์ไรซาจะเข้าสู่รากพืชและช่วยการดูดซับน้ำและสารอาหารในดิน (มุกดา, 2547)

สารอาหารพืชที่จำเป็นสำหรับพืชมีอยู่ 17 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) ทองแดง (Cu) โมลิปดินัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni) โดยไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนนั้นมีมากอยู่แล้วในธรรมชาติซึ่งได้รับมาจากน้ำและอากาศ พืชไม่ขาดธาตุเหล่านี้ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นสารอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากและมักพบปัญหาการขาดธาตุทั้ง 3 นี้ ซึ่งทดแทนได้จากการใส่ปุ๋ย แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นสารอาหารรองที่พืชต้องการน้อยกว่าสารอาหารหลัก ส่วนสารอาหารเสริมทั้ง 8 ธาตุนั้น เนื่องจากพืชต้องการในปริมาณน้อยจึงมักไม่พบว่าขาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน้าที่และความสำคัญของธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ส่งเสริมการเติบโตของยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน ทำให้พืชตั้งตัวได้เร็วและมีความแข็งแรง เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นพืชอาหาร ควบคุมการออกดอกออกผลของพืช เพิ่มผลผลิตในพืชที่ใช้ผลและเมล็ด ฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญ ช่วยให้รากดูดโพแทสเซียมเข้ามาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แก้ผลเสียอันเนื่องมาจากการมีไนโตรเจนมากเกินไป ช่วยในการออกดอกและสร้างเมล็ด เพิ่มความต้านทานโรคบางชนิด โพแทสเซียมช่วยสังเคราะห์แป้ง น้ำตาล และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังผล ทำให้ผลไม้มีคุณภาพดี ส่งเสริมการเติบโตของราก ทำให้รากดูดน้ำได้ดีขึ้น ทำให้พืชทนต่อความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม สามารถต้านทานโรคบางชนิดได้ ป้องกันผลเสียหายที่จะเกิดจากการได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเกินไป (ปฐพีชล, 2541; มยุรี, 2546) การมีปริมาณสารอาหารที่เพียงพอ ทำให้การเติบโตของพืชเป็นไปตามวัฏจักรอย่างสมบูรณ์ โดยส่วนใหญ่แล้วในดินจะมีปริมาณสารอาหารต่ำ อาจทำให้พืชเติบโตไม่เต็มที่ และอาจไม่คุ้มต่อการลงทุน ฉะนั้นการใส่ปุ๋ยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้พืชเติบโตได้อย่างสมบูรณ์และให้ผลผลิตอย่างเต็มที่

การใส่ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด มีหลักพิจารณาอย่างน้อย 4 ประการ ได้แก่

1) ชนิดปุ๋ย

ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้องนั้นต้องพิจารณาจากสูตรปุ๋ย อัตราส่วนของสารอาหารในปุ๋ย และรูปของสารอาหารในปุ๋ย ปุ๋ยเคมี จะมีลักษณะและสมบัติของทั้งสามประการต่างกัน การนำไปใช้ต้องมีการพิจารณาก่อนว่าดินขาดธาตุชนิดใด คือ ปริมาณสารอาหารทั้งในดินและในพืช โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน วิเคราะห์ใบ ลักษณะพื้นที่ นิสัยของพืช ประเมินการสูญเสียและการเคลื่อนย้ายสารอาหารแล้วจึงทำการทดลองใส่ปุ๋ยเมื่อทราบว่าดินขาดธาตุใด ในการใส่ก็ควรใส่เฉพาะธาตุที่ดินขาดอยู่ในขณะนั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

2) ปริมาณปุ๋ยที่ใช้

เมื่อทราบแล้วว่าดินขาดธาตุใดก็ต้องทดลองต่อไปว่า ควรเพิ่มปุ๋ยอีกเท่าใดกับพืชชนิดนั้นๆ แต่ควรระวังเรื่องปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อพื้นที่อย่างเหมาะสมกับชนิดพืชด้วย อัตราการใส่ปุ๋ยดังกล่าวพิจารณาได้จาก 2 แนวทาง คือ (1) ความพอเหมาะในแง่ของปริมาณที่พืชควรได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด (2) ความพอเหมาะในแง่ของผลกำไรสูงสุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) มยุรี (2530) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณปุ๋ยต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 2 ปี บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46% N) NPK (20-20-0) และ NPK (15-15-15) ในอัตรา 25, 50, 75 และ 100 กรัมต่อต้นต่อปี พบว่า การใส่ปุ๋ยทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับความสูง 1.30 เมตร ความสูง และมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้น โดยยูคาลิปตัสตอบสนองต่อปุ๋ย NPK ดีที่สุด และปุ๋ย NPK (15-15-15) เป็นปุ๋ยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเร่งการเติบโต อัตราที่เหมาะสม คือ 50 กรัมต่อต้นต่อปี หรือ 10 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนปุ๋ยยูเรีย และ NP ส่งผลต่อการเติบโตเพียงเล็กน้อยในระดับปุ๋ย 25 กรัมต่อต้นต่อปีเท่านั้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้สูงขึ้นแต่การตอบสนองก็ไม่เพิ่มขึ้น

3) ใส่ในขณะที่พืชต้องการ

แม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกันที่ปลูกอยู่ในดินเดียวกันก็ตาม การใส่ปุ๋ยปริมาณเท่ากันก็ยังให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่จะให้ตรงกับที่พืชต้องการมากที่สุดหรือไม่ การเติบโตปกติของพืชเป็นกราฟรูป S (sigmoid curve) ดังนั้นในช่วงที่สองที่พืชมีการเติบโตอย่างรวดเร็วจึงเป็นช่วงที่เหมาะสำหรับการใส่ปุ๋ยให้แก่พืช เพราะพืชมีการสะสมสารอาหารที่ลำต้นและใบให้เพียงพอสำหรับการสร้างผลและเมล็ดที่จะมีขึ้นในช่วงถัดไป วีระศักดิ์ (2547) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 1 ปี พบว่า การเติบโตเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล โดยเมื่อใส่ปุ๋ยในช่วงฤดูฝนทำให้ยูคาลิปตัสมีการเติบโตทางความโตและความสูงเพิ่มขึ้น และแม้ว่าจะมีอัตราการเติบโตลดลงในช่วงฤดูแล้งก็ยังสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และอัตราการเติบโตจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนอีกรอบ

4) ใส่ ณ จุดที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายและเร็วที่สุด

วิธีการใส่ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก การใส่ลงดิน ณ จุดที่พืชสามารถดึงดูดไปใช้ได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดน่าจะเป็นวิธีการที่กระทำได้ง่าย และเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดแก่พืช ดังนั้นต้องเข้าใจธรรมชาติและสมบัติของธาตุปุ๋ยเมื่ออยู่ในดิน

โดยทั่วไปวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี มีวิธีการหลักๆ รวม 4 วิธี คือ (1) การใส่แบบหว่าน หว่านปุ๋ยให้ทั่วทั้งแปลงบนผิวดิน (2) การใส่แบบเฉพาะจุดหรือเป็นแถบ ใส่เฉพาะจุดบริเวณใกล้ๆ กับพืช หรือใส่เป็นแถบตามแถวที่ปลูกพืช (3) การใส่แบบฉีดพ่นทางใบ โดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายกับน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองจับที่ใบหรือส่วนของต้นพืชเหนือดิน วิธีการนี้ทำให้พืชได้รับสารอาหารอย่างรวดเร็ว แต่จะได้รับในปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ เพราะอันตรายที่ทำให้เกิดใบไหม้เนื่องจากการให้ปุ๋ยในปริมาณที่เข้มข้นเกินไปได้ (4) การใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน โดยการละลายปุ๋ยในน้ำที่จะให้กับพืชโดยทางผิวดินหรือเหนือผิวดิน เช่น ในระบบน้ำหยด เป็นต้น เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดค่าแรงงานด้วย ทำให้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายระยะยาวต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

การพิจารณาว่าจะใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับสถานการณ์และสภาพแวดล้อม สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่มากจะใส่ปุ๋ยโดยการใช้เครื่องบินพ่น มีข้อดีที่ประหยัดแรงงาน แต่มีข้อเสีย คือ ปุ๋ยกระจายไม่สม่ำเสมอและอาจทำให้ใบไหม้เป็นจุดหรือแห้งตาย (Baule and Fricker, 1970) ส่วนใหญ่วิธีการใส่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปุ๋ยที่จะให้ผลดีจะต้องใส่ให้ใกล้บริเวณราก (root zone) หรือบริเวณที่มีรากฝอยของพืชอยู่มาก (ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, 2538)

ไมยราบไร้หนาม

ไมยราบไร้หนาม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mimosa invisa* Mart. อยู่ในวงศ์ Fabaceae มีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทยว่า ไมยราบไร้หนาม ไมยราบเครือ ไมยราบเถา มีชื่อสามัญว่า thornless mimosa, creeping sensitive plant มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา และในแถบชวาตะวันตกของทวีปเอเชีย ไมยราบไร้หนามเป็นพืชกึ่งล้มลุกหรือกึ่งข้ามปี (annual-perennial) ลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย หนาแน่น แผ่กิ่งก้านไปทางด้านข้างตามแนวระดับ (สุนทร, 2525) และเมื่อโตเต็มที่มีความสูงเฉลี่ยไม่เกิน 75 เซนติเมตร (สุขุม, ม.ป.ป.) ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก 2 ชั้น (bipinnately compound leaves) เรียงตรงข้ามกัน ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ใบย่อยชั้นแรกมี 4-8 คู่ ส่วนใบย่อยชั้นที่ 2 มี 24 คู่ ไม่มีก้านใบ ใบย่อยรูปเรียวคล้ายใบหอกปลายแหลม (lanceolate, acute) ขนาดกว้าง 1.5 มิลลิเมตร ยาว 4-6 มิลลิเมตร ช่อดอกแบบช่อกระจุกแน่น (head) อยู่เป็นคู่บริเวณโคนก้านใบ ผลเป็นผลเดียว ลักษณะเป็นฝัก (pod) แบน ยาวประมาณ 15-20 มิลลิเมตร กว้าง 4-5 มิลลิเมตร มีขนขึ้นปกคลุมทั่วไป ฝักหนึ่งๆ มีเมล็ดประมาณ 2-4 เมล็ด เมล็ดรูปไข่ (ovate) สีน้ำตาล ยาวประมาณ 2-2.25 มิลลิเมตร เมล็ด 1,000 เมล็ด หนักเพียง 4.3 กรัม (สุขุม, ม.ป.ป.) ซึ่งทำให้เมล็ดไมยราบไร้หนามแพร่กระจายได้ง่าย และจะใช้เวลาพักตัว (dormancy or rest period) ช่วงระยะเวลาหนึ่งจึงจะงอกได้ และยังสามารถอยู่ในดินได้ 3-5 ปี โดยความงอกไม่เสียไป เมื่อได้รับฝนหรือสภาวะที่เหมาะสมเมล็ดไมยราบไร้หนามก็จะงอกออกมาปกคลุมพื้นดินอย่างรวดเร็ว การเติบโตของไมยราบไร้หนามในดินที่ไม่เคยมีไมยราบไร้หนามเกิดขึ้นมาก่อนจะไม่มีแบคทีเรียไรโซเบียมที่ช่วยตรึงไนโตรเจน ซึ่งในปีแรกจะมีการเติบโตที่ช้ามาก ภายหลังจากที่คลุกเมล็ดด้วยดินใต้ต้นไมยราบไร้หนามเก่าหรือเชื้อไรโซเบียมของมันเองจะช่วยเร่งการเติบโตได้เร็วขึ้น (สุนทร, 2525)

ปุ๋ยพืชสดมีบทบาทในการปรับปรุงดินโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินเช่นเดียวกับปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ โดย ปรีชา และคณะ (2536) พบว่า ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น ในการนำไมยราบไร้หนามมาใช้ในการปรับปรุงดินนั้น ทำให้อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.21 เป็นร้อยละ 2.64 เพิ่มสัดส่วนของช่องอากาศในดินจากร้อยละ 17.3 เป็นร้อยละ 26.8 ทำให้ดินร่วนซุย โดยลดความหนาแน่นของดินและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (สุขุม, ม.ป.ป.) เช่นเดียวกับ Phetchawee *et al*. (1985) ศึกษาการปลูกไมยราบไร้หนามเป็นพืชคลุมดินในข้าวโพด โดยการหว่านเมล็ดไมยราบไร้หนามในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านระหว่างแถวข้าวโพดที่เริ่มปลูกและตัดคลุมดินในฤดูต่อไป ทำการทดลอง 5 ปี (ปี ค.ศ. 1980-1985) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุเมื่อสิ้นสุดการศึกษาเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.02 เป็นร้อยละ 2.45 และยังทำให้แร่ธาตุในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และยังช่วยรักษาความชื้นในดินอีกด้วย นอกจากนี้ สมเกียรติ์ (2545) ได้ศึกษาการเติบโตของไมยราบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไร้หนามในการปลูกคลุมดินเพื่อลดการแข่งขันของวัชพืชในไร่อ้อย พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 150 วัน ปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น ยกเว้น โพแทสเซียมที่ลดลง

ปุ๋ยพืชสดยังช่วยในการเป็นพืชคลุมดิน ลดการแก่งแย่งของวัชพืชที่จะส่งผลต่อผลผลิตของพืชที่ต้องการ สมเกียรติ์ (2545) ศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชรวม วัชพืชวงศ์หญ้า วัชพืชใบเลี้ยงคู่ และวัชพืชวงศ์กก พบว่า ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชรวมโดยการตัดคลุมดินและการไถกลบมีค่าร้อยละ 92.2 และร้อยละ 91.6 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้าโดยการตัดคลุมดินและการไถกลบมีค่าร้อยละ 96.6 และร้อยละ 99.7 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชใบเลี้ยงคู่ไม่แตกต่างกัน และประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชวงศ์กกโดยการตัดคลุมดินมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ร้อยละ 93.9 การปลูกไมยราบไร้หนามแถวเดี่ยวแซมอ้อย ทำให้ผลผลิตอ้อยมากกว่าการปลูกแถวคู่ การปลูกไมยราบไร้หนามพร้อมอ้อยให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการไม่ปลูก การทำลายไมยราบไร้หนามที่ 11 สัปดาห์ ให้ผลผลิตมากกว่าการทำลายที่ 15 สัปดาห์ เนื่องจากไมยราบไร้หนามรบกวนการเติบโตของอ้อย จึงไม่ควรทำลายไมยราบไร้หนามที่เกินอายุ 11 สัปดาห์ เพราะจะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน
2. คาลิปเปอร์ (caliper)
3. เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape)
4. ไม้วัดความสูง (measuring pole)
5. ตู้อบไฟฟ้า
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า
7. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
8. เครื่อง CHNS analyzer (PerkinElmer รุ่น CHNS 2400 series II)
9. เครื่อง spectrometer
10. เครื่อง atomic absorption spectrometer

วิธีการ

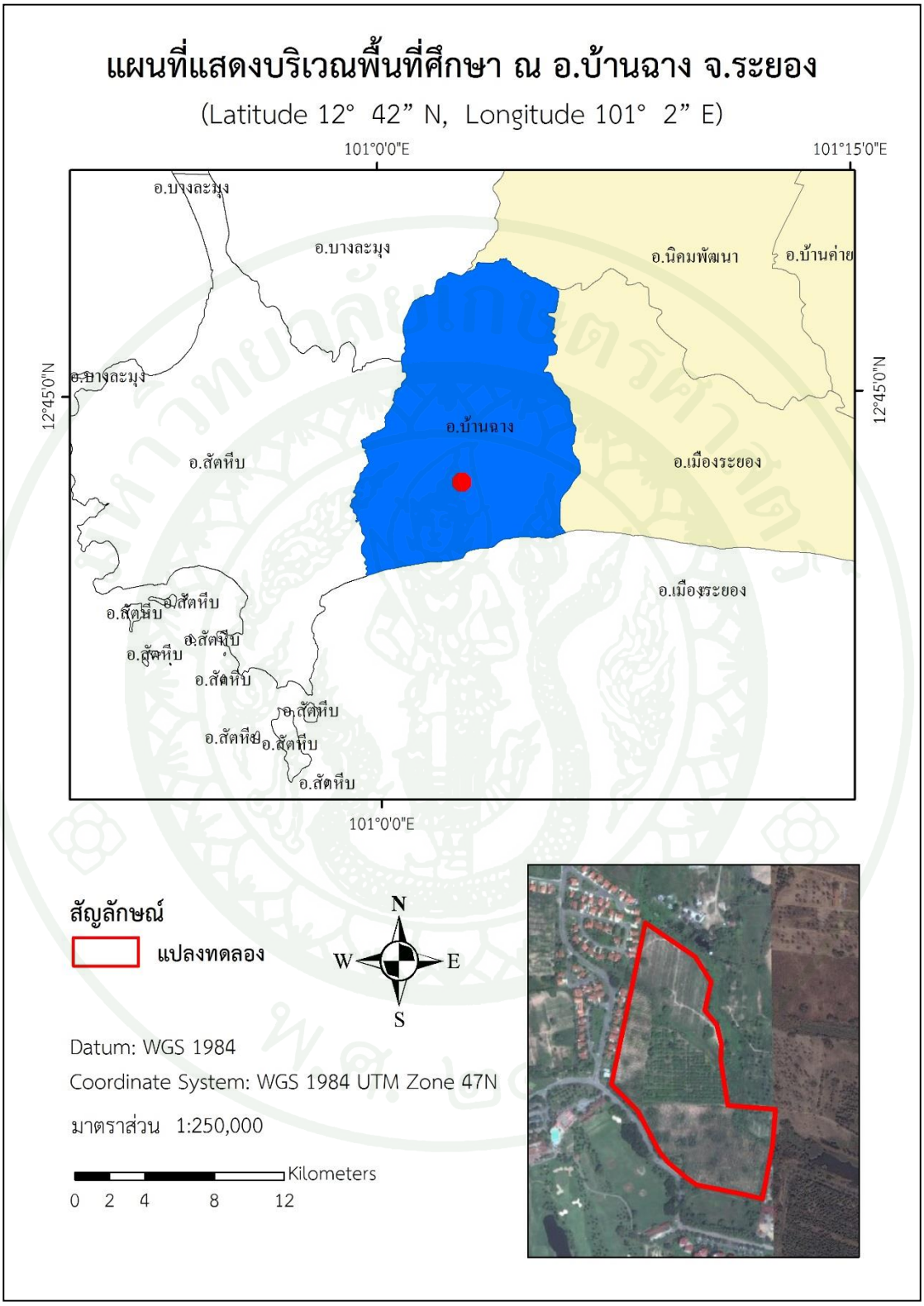
1. สถานที่ทำการศึกษา

1.1 ที่ตั้ง

วางแปลงทดลองในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเดิมของเกษตรกร ตั้งอยู่ที่หมู่ 3 บ้านฉาง ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง บริเวณละติจูดที่ 12 องศา 42 ลิปดาเหนือ และลอนจิจูดที่ 101 องศา 2 ลิปดาตะวันออก (ภาพที่ 1)

ทิศเหนือ	ติดกับ อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง
ทิศใต้	ติดกับ ทะเลอ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดกับ อำเภอเมืองระยอง
ทิศตะวันตก	ติดกับ อำเภอสัตหีบและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงทดลอง บริเวณอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศมีฤดูฝนกับฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยฤดูฝนมีระยะเวลา 8 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม ส่วนฤดูแล้งมีระยะเวลา 4 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนตกน้อย และน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม ส่วนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน มีปริมาณฝนตกเพิ่มมากขึ้น และค่อยๆ ลดลงถึงช่วงเดือนสิงหาคม แล้วจึงเพิ่มขึ้นอีกในเดือนกันยายน และมีปริมาณฝนตกมากที่สุดในเดือนกันยายน จากสถิติในรอบ 10 (ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2555) พื้นที่จังหวัดระยองมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,401.2 มิลลิเมตร ซึ่งมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 121 วัน และมีอุณภูมิสูงสุดต่ำสุดอยู่ในช่วง 35.6-18.0 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

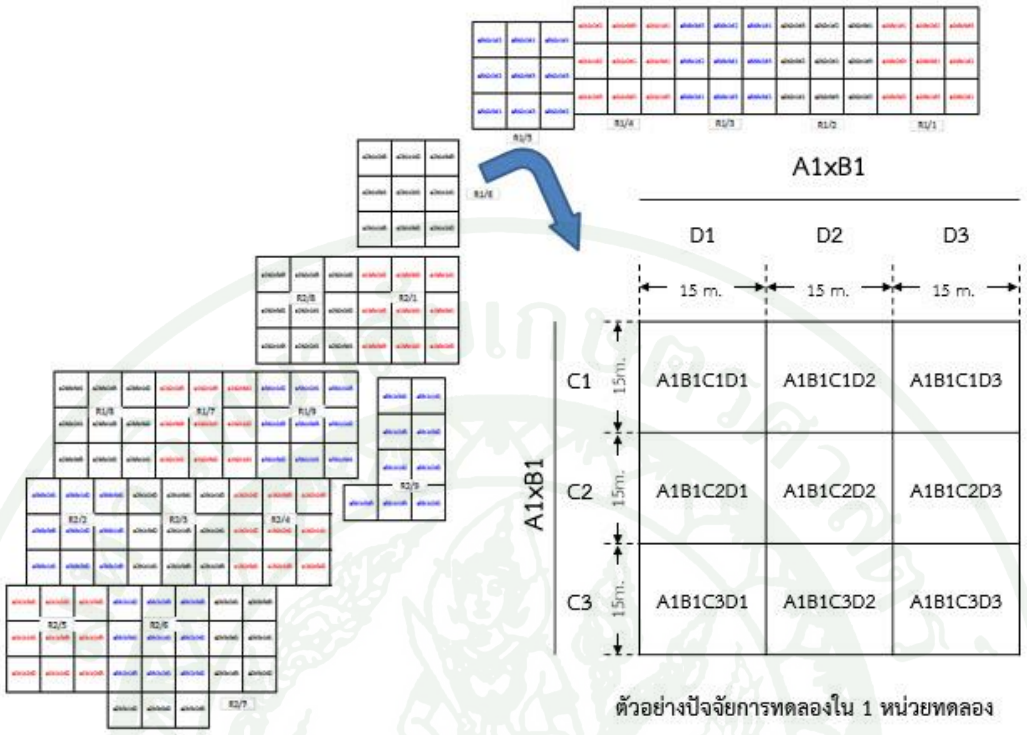
1.3 ลักษณะดิน

ลักษณะดินบริเวณพื้นที่ศึกษาถูกจำแนกอยู่ในชุดดินระยอง (Isohyperthermic, uncoated Typic Quartzipsamments) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 43 (Rayong series) เป็นดินที่มีการกำเนิดมาจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งทะเล ดินชั้นบนเป็นดินทรายหรือทรายปนร่วน สีน้ำตาลปนเทา มีค่าพีเอชเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (5.5-7.0) ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินทราย สีน้ำตาลหรือสีเทา มีค่าพีเอชเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (6.0-6.5) ทำให้มีข้อจำกัดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ เป็นดินทรายจัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินต่ำมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

2. การวางแปลงทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบสปลิท-พลอทโดยสุ่มตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (split plot design completely randomized design) จำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 81 หน่วยทดลอง โดยต้นไม้มีระยะปลูกเท่ากับ 1.5x3 เมตร ซึ่งพื้นที่ของแต่ละแปลงทดลองของปัจจัยหลักมีขนาดเท่ากับ 45x45 เมตร ส่วนพื้นที่ของแต่ละแปลงทดลองของปัจจัยรองมีขนาดเท่ากับ 15x15 เมตร (ภาพที่ 2) โดยศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อสมบัติดินและการเติบโตของยูคาลิปตัสทั้งหมด 4 ปัจจัย ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก 9 หน่วยทดลอง (3x3 factorial) และปัจจัยรอง 9 หน่วยทดลอง (3x3 factorial)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 แผนผังแปลงทดลองจำนวน 162 หน่วยทดลองและตัวอย่างปัจจัยการทดลองใน 1 หน่วยทดลอง

ปัจจัยหลัก ได้แก่ สายต้นยูคาลิปตัส 3 สายต้น และวิธีการปรับปรุงดิน 3 วิธี ดังนี้

ปัจจัยหลักที่ 1 คือ สายต้นยูคาลิปตัส 3 สายต้น (A) ประกอบด้วย 1) สายต้น D1 (A1) (ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส) 2) สายต้น D10 (A2) (ลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสกับยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา) และ 3) สายต้น D11 (A3) (ลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสกับยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา)

ปัจจัยหลักที่ 2 คือ วิธีการปรับปรุงดิน 3 วิธี (B) ได้แก่ 1) ควบคุมหรือไม่ปรับปรุงดิน (B1) 2) ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (B2) (ปุ๋ยอินทรีย์หมักตราพระอาทิตย์ยิ้ม (SUNBARK) ชนิดผง มีค่าอินทรียวัตถุร้อยละ 40 และใส่ในอัตรา 395 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านให้ทั่วพื้นที่หน่วยทดลอง) และ 3) ปรับปรุงดินด้วยการปลูกไมยราบไร้หนาม (B3) (หว่านเมล็ดในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านให้ทั่วพื้นที่หน่วยทดลอง) หลังจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปลูกไมยราบไร้หนามแล้วทำการไถกลบพร้อมกับกำจัดวัชพืช 1 ครั้งต่อปี ในช่วงเดือนสิงหาคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยรอง ได้แก่ สูตรปุ๋ย 3 สูตร และอัตราการใส่ปุ๋ย 3 อัตรา ดังนี้

ปัจจัยรองที่ 1 คือ สูตรปุ๋ย 3 สูตร (C) ได้แก่ 1) สูตร 15-15-15 (C1) 2) สูตร 21-0-0 (C2) และ 3) สูตร 27-6-6 (C3)

ปัจจัยรองที่ 2 คือ อัตราการใส่ปุ๋ย 3 อัตรา (D) ได้แก่ 1) อัตราการใส่ปุ๋ย ต่ำ (D1) (รวม 60 กรัมต่อต้น) 2) ปานกลาง (D2) (รวม 115 กรัมต่อต้น) และ 3) สูง (D3) (รวม 170 กรัมต่อต้น) โดยแบ่งใส่ในช่วงยูคาลิปตัส อายุ 1 ปี ดังนี้ 1) อัตราการใส่ปุ๋ย ต่ำ (10 กรัมต่อต้นต่อปี) 2) อัตราการใส่ปุ๋ย ปานกลาง (15 กรัมต่อต้นต่อปี) และ 3) อัตราการใส่ปุ๋ย สูง (20 กรัมต่อต้นต่อปี) ส่วนในปีที่ 2 แบ่งใส่ปุ๋ย ดังนี้ 1) อัตราการใส่ปุ๋ย ต่ำ (50 กรัมต่อต้นต่อปี) 2) อัตราการใส่ปุ๋ย ปานกลาง (100 กรัมต่อต้นต่อปี) และ 3) อัตราการใส่ปุ๋ย สูง (150 กรัมต่อต้นต่อปี)

สูตรปุ๋ยแต่ละสูตรนั้นจะทำการใส่ให้แก่ต้นไม้ในอัตราการใส่ปุ๋ยแตกต่างกันทั้ง 3 อัตรา โดยหยอดเป็นหลุมบริเวณโคนต้นในระยะห่าง 30 เซนติเมตร แล้วกลบปิดหลุม

3. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกยูคาลิปตัส อายุ 1 และ 2 ปี ในแปลงทดลองของแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาด้วย core method แปลงละ 2 หลุม แต่ละหลุมเก็บที่ระดับความลึก 0-5 5-15 และ 15-30 เซนติเมตร

3.2 การวัดการเติบโต

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ด้วยคาลิเปอร์ และ/หรือเทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงทั้งหมด (Ht) ด้วยไม้วัดความสูง ทำการวัดการเติบโตช่วงเริ่มต้นการปลูก และที่อายุ 3, 6, 9, 12, 18 และ 24 เดือน ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์สมบัติดินทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ณ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในขั้นแรกแบ่งดินจำนวนหนึ่งเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน จากนั้นนำดินที่เหลือมาผึ่งลมให้แห้ง แล้วทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร แล้วทำการรวมตัวอย่างดินให้เหลือ 2 ระดับความลึก คือ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร โดยรวมดินในชั้น 0–5 และ 5–15 ให้เป็น 0–15 เซนติเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติดินต่างๆ ยกเว้น การวิเคราะห์ปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อินทรียวัตถุในดินจะทำการวิเคราะห์ทั้ง 3 ระดับความลึก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในดินจากผลของการปรับปรุงดินด้วยวัสดุปรับปรุงดินต่างๆ

4.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

4.1.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density; Db) วิเคราะห์ด้วย core method โดยนำตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed sample) นำดินตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักดินแห้งคงที่ จากนั้นนำดินอบแห้งมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นรวมของดิน จากสูตร

$$Db = \frac{W_{ods}}{V_t}$$

โดยที่ Db คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
W_{ods} คือ น้ำหนักดินอบแห้ง (กรัม)
V_t คือ ปริมาตรทั้งหมดของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

4.1.2 ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (particle density; Dp) วิเคราะห์ด้วย air comparison pycnometer method (Jalota *et al*., 1998)

4.1.3 ความพรุนรวมของดิน (soil porosity; Pt) คำนวณโดยนำค่าความหนาแน่นรวมของดินและความหนาแน่นอนุภาคของดินมาคำนวณหาร้อยละของความพรุนรวมของดิน คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$Pt = \left[1 - \frac{Db}{Dp}\right] x100$$

โดยที่ Pt คือ ความพรุนรวมของดิน (ร้อยละ)
Db คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
Dp คือ ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

4.1.4 เนื้อดิน (soil texture) วิเคราะห์จากดินตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร ด้วย hydrometer method โดยทำให้ดินแตกตัวด้วย sodium hexametaphosphate (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

4.2.1 พีเอชของดิน (soil pH) โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ซึ่งใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

4.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black's rapid titration (Walkley and Black,1934; Walkley, 1935)

4.2.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดย Dumas method (Jackson, 1965) ด้วยเครื่อง CHNS analyzer (PerkinElmer รุ่น CHNS 2400 series II)

4.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง spectrometer

4.2.5 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium, calcium and magnesium) โดยการสกัดด้วยสารละลาย 1 N แอมโมเนียมอะซิเตตที่เป็นกลาง (1N NH_4OAc pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer

4.3 วิเคราะห์การเติบโต

4.3.1 คำนวณหาอัตราการเติบโต (growth rate; GR) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (GR D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (GR DBH) และความสูงทั้งหมด (GR Ht) จากสูตร ดังนี้

$$GR = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

โดยที่ GR คือ อัตราการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (GR D_0) อัตราการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (GR DBH) และอัตราการเติบโตทางความสูงทั้งหมด (GR Ht)

X_1, X_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (Ht)

t_1, t_2 คือ อายุของไม้ยูคาลิปตัส 0, 3, 6, 9, 12 ,18 และ 24 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3.2 คำนวณหาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (RGR D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (RGR DBH) และความสูงทั้งหมด (RGR Ht) จากสูตร ดังนี้

$$RGR = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

โดยที่ RGR คือ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (RGR D_0) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (RGR DBH) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางความสูงทั้งหมด (RGR Ht)

X_1, X_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (Ht)

t_1, t_2 คือ อายุของไม้ยูคาลิปตัส 0, 3, 6, 9, 12 ,18 และ 24 เดือน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของดิน ตลอดจนการเติบโตของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ตามวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาผลการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง ประกอบด้วยปัจจัยหลักที่ 1 ได้แก่ 1) สายต้น D1 2) สายต้น D10 และ 3) สายต้น D11 ปัจจัยหลักที่ 2 ได้แก่ 1) ควบคุม (ไม่ปรับปรุงดิน) 2) ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยอินทรีย์หมักตราพระอาทิตย์ยิ้ม (SUNBARK) ชนิดผง มีค่าอินทรียวัตถุร้อยละ 40 ใส่ในอัตรา 395 กิโลกรัมต่อไร่) และ 3) ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยพืชสดจากไมยราบไร้หนาม (หว่านด้วยเมล็ด 3 กิโลกรัมต่อไร่) ปัจจัยรองที่ 1 ได้แก่ 1) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 2) ปุ๋ยสูตร 21-0-0 และ 3) ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และปัจจัยรองที่ 2 ได้แก่ 1) อัตราการใส่ปุ๋ยต่ำ (รวม 60 กรัมต่อต้น) 2) อัตราการใส่ปุ๋ยปานกลาง (รวม 115 กรัมต่อต้น) และ 3) อัตราการใส่ปุ๋ยสูง (รวม 170 กรัมต่อต้น) ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

1. สมบัติของดิน

การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของดินนั้นแบ่งเป็น 1) สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ร้อยละอนุภาคทราย ร้อยละอนุภาคทรายแป้ง ร้อยละอนุภาคดินเหนียว เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และร้อยละความพรุนรวม และ 2) สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ พีเอชของดิน ร้อยละอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งระดับความลึกของดินออกเป็น 2 ระดับความลึก คือ ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ยกเว้น ปริมาณอินทรียวัตถุที่แบ่งเป็น 3 ระดับความลึก คือ ระดับความลึก 0-5, 5-15 และ 15-30 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

1.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

1.1.1 ร้อยละอนุภาคทราย (sand)

ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 76.83-87.05 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 73.34-85.47 (ตารางที่ 1) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และทำให้ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ร้อยละอนุภาคทรายในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทราย					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	86.81	81.85	88.81	85.31	81.34	81.09
			ปานกลาง	84.72	80.05	86.11	83.63	79.84	77.34
			สูง	84.00	81.38	88.11	84.81	82.09	80.34
		21-0-0	ต่ำ	81.86	79.00	84.45	81.45	77.48	76.09
			ปานกลาง	85.58	83.19	88.45	85.88	83.84	81.59
			สูง	81.02	79.72	85.45	83.45	80.84	76.34
		27-6-6	ต่ำ	83.34	81.53	87.15	82.70	79.09	76.84
			ปานกลาง	82.51	81.43	86.45	83.20	80.23	77.55
			สูง	85.66	80.02	90.95	85.79	84.48	79.73
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	81.57	76.07	89.13	81.88	82.10	77.42
			ปานกลาง	78.01	73.34	82.63	76.72	74.85	70.49
			สูง	83.98	76.10	84.63	81.38	78.42	75.92
		21-0-0	ต่ำ	78.91	75.37	86.31	81.56	79.24	73.42
			ปานกลาง	80.83	76.45	85.88	80.45	80.01	77.17
			สูง	83.99	80.24	84.02	80.04	78.31	78.24
		27-6-6	ต่ำ	80.30	74.80	83.56	78.47	78.40	73.56
			ปานกลาง	87.05	81.48	85.22	81.22	75.33	75.60
			สูง	82.71	80.38	85.38	79.29	77.56	76.83
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	83.89	80.39	84.70	79.70	82.16	76.80
			ปานกลาง	84.69	79.53	82.79	80.61	83.73	80.73
			สูง	83.54	80.68	87.20	82.11	77.48	75.98
		21-0-0	ต่ำ	84.63	80.43	83.31	81.54	79.48	76.05
			ปานกลาง	82.65	79.59	83.47	81.47	79.73	79.05
			สูง	83.06	80.63	86.63	82.06	80.30	79.73
		27-6-6	ต่ำ	84.86	80.99	87.06	82.47	81.48	80.48
			ปานกลาง	82.50	79.50	83.72	80.47	80.48	77.66
			สูง	84.43	82.35	86.79	79.38	83.23	80.48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทราย					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	80.83	77.08	85.81	77.31	79.59	74.11
			ปานกลาง	84.40	79.70	85.95	81.95	79.73	77.84
			สูง	80.89	75.52	84.04	79.22	79.91	77.34
		21-0-0	ต่ำ	83.79	77.78	84.81	81.06	80.09	75.50
			ปานกลาง	83.42	76.96	86.56	81.06	81.20	77.02
			สูง	79.63	77.63	81.81	78.81	78.23	76.98
		27-6-6	ต่ำ	81.98	79.81	82.88	84.06	77.34	78.00
			ปานกลาง	80.96	78.25	84.81	81.56	79.84	77.09
			สูง	83.87	78.95	87.31	81.31	81.59	79.16
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	82.71	78.66	84.45	80.77	80.09	78.95
			ปานกลาง	86.52	82.45	85.13	80.70	82.13	80.13
			สูง	84.63	82.17	81.50	78.52	78.02	76.77
		21-0-0	ต่ำ	84.00	79.99	80.93	75.34	77.34	76.20
			ปานกลาง	84.67	80.17	85.52	81.61	81.63	76.84
			สูง	85.69	81.98	83.68	82.18	79.63	79.38
		27-6-6	ต่ำ	85.79	81.61	85.77	80.93	81.27	80.20
			ปานกลาง	83.25	81.00	82.00	78.52	79.45	76.70
			สูง	82.30	78.62	76.09	76.59	73.77	73.63
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	80.75	77.00	83.59	79.09	79.48	77.23
			ปานกลาง	82.24	77.81	82.63	75.02	77.09	73.34
			สูง	83.39	77.85	78.91	75.84	76.66	74.25
		21-0-0	ต่ำ	83.04	77.11	81.38	83.38	78.84	76.75
			ปานกลาง	82.55	75.68	82.84	78.84	75.25	70.91
			สูง	81.92	78.73	82.91	76.84	79.66	75.00
		27-6-6	ต่ำ	84.09	78.20	81.34	82.09	81.00	75.23
			ปานกลาง	85.05	78.42	80.91	76.09	73.25	72.25
			สูง	85.05	79.68	87.93	82.52	81.84	76.91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทราย					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	83.26	78.84	83.22	82.97	80.79	79.95
			ปานกลาง	84.30	81.80	82.63	81.13	78.63	74.95
			สูง	84.90	81.45	84.79	80.04	82.38	77.20
		21-0-0	ต่ำ	85.28	83.23	83.50	78.59	82.27	74.36
			ปานกลาง	80.16	76.63	79.34	74.52	79.20	75.77
			สูง	83.15	77.98	84.43	80.61	80.86	77.45
		27-6-6	ต่ำ	85.17	81.80	80.88	77.47	77.70	70.63
			ปานกลาง	82.15	75.23	81.63	81.58	78.43	76.11
			สูง	84.58	80.49	79.93	80.34	78.02	74.70
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	82.28	79.12	82.20	79.45	78.66	77.48
			ปานกลาง	76.83	75.39	80.18	77.95	75.59	73.34
			สูง	82.47	78.72	81.61	77.20	75.84	73.34
		21-0-0	ต่ำ	80.94	78.23	82.36	76.61	78.98	75.48
			ปานกลาง	80.26	73.72	82.20	75.61	78.09	76.59
			สูง	79.24	80.89	81.95	81.45	77.73	75.98
		27-6-6	ต่ำ	80.00	73.83	82.61	80.45	79.34	77.34
			ปานกลาง	84.05	79.88	78.86	73.95	75.41	70.98
			สูง	79.32	76.54	81.86	77.20	76.16	74.66
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	82.93	78.43	84.06	80.97	80.94	78.94
			ปานกลาง	86.93	85.47	87.31	83.56	83.55	82.23
			สูง	84.34	82.55	85.74	80.56	78.12	78.39
		21-0-0	ต่ำ	85.44	82.65	88.90	87.06	82.55	81.89
			ปานกลาง	82.23	81.78	88.06	85.31	82.73	79.62
			สูง	82.30	76.35	86.40	80.56	81.87	78.62
		27-6-6	ต่ำ	85.91	81.85	88.86	84.58	82.85	81.87
			ปานกลาง	82.71	79.04	80.65	82.81	79.12	77.62
			สูง	85.05	81.93	88.81	86.24	83.14	81.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 76.09-90.95 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 73.95-87.06 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 1)

ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 73.25-84.48 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 70.49-82.23 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละอนุภาคทรายตามระดับความลึก พบว่า ร้อยละอนุภาคทรายมีค่าลดลงตามระดับความลึกตลอดการศึกษา เป็นผลจากการพัดพาของน้ำที่นำเอาอนุภาคขนาดเล็กไปจากผิวดินและการถูกชะลงไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้สัดส่วนอนุภาคขนาดใหญ่ในดินชั้นบนมีสูงกว่าดินชั้นล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การเปลี่ยนแปลงร้อยละอนุภาคทรายในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการไถพรวนดินทั้งจากการไถปรับพื้นที่และการไถพรวนเพื่อกำจัดวัชพืชทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย และในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีแนวโน้มลดลงเป็นผลมาจากการชะละลายของฝนและพื้นดินมีการสะสมอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนอนุภาคทรายลดลง (ณัฐวุฒิ, 2548) อย่างไรก็ตามปริมาณอนุภาคทรายที่มีสูงทั้งในระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร เป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดเนื้อหยาบ ตะกอนลำน้ำ หรือสันทรายชายทะเล ซึ่งดินในพื้นที่ศึกษาถูกจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 43 (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาด้านวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาด้านสายต้นยูคาลิปตัส สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลร่วมทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษาทำให้ร้อยละอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2 ร้อยละอนุภาคทรายแป้ง (silt)

ร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 3.95-9.70 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.57-9.88 (ตารางที่ 2) ซึ่งผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า ในพื้นที่ที่มีปัจจัยการศึกษาด้านสูตรปุ๋ยทำให้ร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 2)

ร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 3.75-9.57 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.93-10.50 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 2)

ร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 4.78-11.95 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.39-10.28 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง (ตารางที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละอนุภาคทรายแป้งตามระดับความลึก พบว่า ทุกปัจจัยการศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก การเปลี่ยนแปลงของร้อยละอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการศึกษา ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยไม่ทำให้ร้อยละอนุภาคทรายแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ร้อยละอนุภาคทรายแป้งในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทรายแป้ง					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.85	7.55	4.25	6.25	5.92	5.85
			ปานกลาง	6.11	6.35	6.59	7.07	7.42	7.28
			สูง	6.91	6.95	5.09	6.39	6.71	5.42
		21-0-0	ต่ำ	7.46	7.54	7.25	8.25	8.14	9.03
			ปานกลาง	5.53	5.60	4.25	5.82	4.92	5.67
			สูง	7.92	7.46	5.75	6.25	6.60	7.10
		27-6-6	ต่ำ	7.27	6.64	5.41	8.00	6.85	7.60
			ปานกลาง	6.59	5.86	4.75	7.50	6.53	7.21
			สูง	5.45	7.65	3.75	5.91	4.78	6.03
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	6.16	6.17	3.93	6.82	5.32	6.00
			ปานกลาง	8.67	8.57	7.25	8.66	9.07	7.43
			สูง	5.99	6.86	6.43	7.50	7.32	7.68
		21-0-0	ต่ำ	6.91	6.78	5.25	7.68	8.22	9.54
			ปานกลาง	7.15	7.54	5.50	7.43	7.09	7.75
			สูง	5.91	4.57	7.86	8.84	8.11	8.18
		27-6-6	ต่ำ	5.69	7.87	6.50	9.27	7.52	8.86
			ปานกลาง	4.03	5.03	5.48	6.98	9.09	7.50
			สูง	5.62	5.79	6.00	8.09	8.36	7.09
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	6.12	7.46	8.00	10.50	6.64	9.00
			ปานกลาง	5.67	7.17	8.09	7.59	5.75	6.75
			สูง	5.68	5.32	6.00	6.59	8.96	8.14
		21-0-0	ต่ำ	6.02	7.23	5.21	5.98	7.32	8.57
			ปานกลาง	7.38	8.66	7.73	7.73	7.21	6.57
			สูง	6.95	6.77	5.25	7.82	6.64	6.71
		27-6-6	ต่ำ	5.91	6.88	5.14	8.23	6.14	7.14
			ปานกลาง	7.23	7.89	6.98	9.23	7.14	8.96
			สูง	6.41	7.15	4.59	7.00	6.25	6.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทรายแป้ง					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	8.63	7.31	5.57	8.93	8.57	8.55
			ปานกลาง	6.74	6.95	5.75	8.25	8.75	10.00
			สูง	6.96	8.68	7.52	7.34	8.57	8.82
		21-0-0	ต่ำ	7.09	8.78	7.25	8.82	9.07	9.66
			ปานกลาง	7.24	9.05	6.50	9.32	7.96	8.82
			สูง	8.68	8.27	8.57	9.07	8.75	7.68
		27-6-6	ต่ำ	7.28	7.72	8.82	7.32	10.50	8.66
			ปานกลาง	6.94	8.57	7.43	7.82	7.96	10.07
			สูง	6.78	8.02	5.75	8.75	7.57	8.39
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	9.12	8.25	7.89	8.57	7.75	6.07
			ปานกลาง	6.38	7.02	6.71	8.32	6.07	6.39
			สูง	6.88	7.74	7.16	8.82	6.82	7.75
		21-0-0	ต่ำ	7.82	8.83	8.09	7.68	7.68	7.64
			ปานกลาง	6.50	8.25	5.64	5.55	6.39	7.68
			สูง	7.05	8.88	7.16	8.16	7.89	7.64
		27-6-6	ต่ำ	6.53	8.21	5.39	7.73	6.75	7.32
			ปานกลาง	7.75	7.75	8.16	8.32	7.07	7.64
			สูง	8.45	9.88	7.93	7.11	8.25	4.39
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	6.47	6.31	5.61	6.61	8.72	6.97
			ปานกลาง	6.78	5.80	6.39	9.18	7.61	8.86
			สูง	5.02	6.89	7.29	7.86	8.54	6.95
		21-0-0	ต่ำ	5.42	6.53	7.14	7.14	8.18	7.45
			ปานกลาง	5.20	8.40	5.36	6.36	7.27	8.29
			สูง	6.25	6.27	6.29	8.36	7.18	8.70
		27-6-6	ต่ำ	4.11	6.15	5.86	4.93	6.02	8.61
			ปานกลาง	3.95	6.07	7.29	7.61	11.95	6.77
			สูง	4.34	5.56	3.77	6.18	6.86	8.29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคทรายแป้ง					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	5.05	5.97	7.66	7.41	7.23	6.57
			ปานกลาง	6.04	6.04	7.75	7.75	7.89	9.57
			สูง	5.27	6.12	5.77	7.84	5.64	7.82
		21-0-0	ต่ำ	4.79	5.40	5.84	6.25	5.75	8.16
			ปานกลาง	6.06	6.19	7.00	8.52	8.32	8.57
			สูง	5.60	6.09	6.41	6.23	6.66	7.57
		27-6-6	ต่ำ	5.00	5.22	8.32	9.09	8.32	9.71
			ปานกลาง	6.19	8.45	9.57	7.12	7.59	8.55
			สูง	5.48	6.75	7.91	7.50	7.50	7.64
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	6.01	5.92	6.64	6.89	8.46	7.64
			ปานกลาง	9.70	8.98	8.16	7.39	10.03	9.64
			สูง	6.70	6.43	6.73	7.14	9.78	10.28
		21-0-0	ต่ำ	7.60	7.80	7.48	7.73	8.32	8.00
			ปานกลาง	7.03	7.92	8.14	10.23	8.03	7.85
			สูง	9.27	6.08	6.89	6.89	7.89	7.64
		27-6-6	ต่ำ	6.73	7.65	7.73	7.39	7.78	9.64
			ปานกลาง	7.23	7.02	7.98	7.39	8.71	8.46
			สูง	5.96	7.25	5.98	6.14	8.96	8.46
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	7.13	8.72	8.32	9.59	7.54	8.54
			ปานกลาง	5.22	6.42	6.75	7.82	6.43	6.25
			สูง	6.61	6.66	6.82	10.00	9.36	7.59
		21-0-0	ต่ำ	6.23	6.69	5.16	6.00	5.93	6.09
			ปานกลาง	8.09	7.39	6.00	6.75	5.25	7.36
			สูง	7.52	8.89	6.48	9.50	6.61	6.36
		27-6-6	ต่ำ	6.20	7.48	4.84	6.48	6.13	6.61
			ปานกลาง	7.41	9.24	7.73	9.25	7.36	8.36
			สูง	5.63	7.99	4.75	6.14	5.84	5.68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.3 ร้อยละอนุภาคดินเหนียว (clay)

ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 7.27-14.72 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 9.15-18.52 (ตารางที่ 3) ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 3)

ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 5.30-15.98 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 6.94-18.66 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 3)

ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 10.52-17.98 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 11.52-22.08 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 3)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละอนุภาคดินเหนียวตามระดับความลึก พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกตลอดการศึกษา เมื่อชั้นอายุมากขึ้นอนุภาคดินเหนียวจะเคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่างด้วยน้ำที่ซึมลงสู่ใต้ดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การเปลี่ยนแปลงร้อยละอนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มลดลงในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาด้านวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาด้านสายต้นยูคาลิปตัส วิธีการปรับปรุงดิน และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลร่วมทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา ทำให้ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ร้อยละอนุภาคดินเหนียวในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคดินเหนียว					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	8.35	10.60	6.94	8.44	12.74	13.06
			ปานกลาง	9.18	13.61	7.30	9.30	12.74	15.38
			สูง	9.09	11.68	6.80	8.80	11.20	14.24
		21-0-0	ต่ำ	10.69	13.47	8.30	10.30	14.38	14.88
			ปานกลาง	8.90	11.22	7.30	8.30	11.24	12.74
			สูง	11.06	12.83	8.80	10.30	12.56	16.56
		27-6-6	ต่ำ	9.40	11.83	7.44	9.30	14.06	15.56
			ปานกลาง	10.90	12.72	8.80	9.30	13.24	15.24
			สูง	8.90	12.33	5.30	8.30	10.74	14.24
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	12.28	17.77	6.94	11.30	12.58	16.58
			ปานกลาง	13.32	18.09	10.12	14.62	16.08	22.08
			สูง	10.04	17.04	8.94	11.12	14.26	16.40
		21-0-0	ต่ำ	14.18	17.86	8.44	10.76	12.54	17.04
			ปานกลาง	12.02	16.02	8.62	12.12	12.90	15.08
			สูง	10.11	15.20	8.12	11.12	13.58	13.58
		27-6-6	ต่ำ	14.02	17.34	9.94	12.26	14.08	17.58
			ปานกลาง	8.93	13.50	9.30	11.80	15.58	16.90
			สูง	11.68	13.84	8.62	12.62	14.08	16.08
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	9.99	12.15	7.30	9.80	11.20	14.20
			ปานกลาง	9.65	13.31	9.12	11.80	10.52	12.52
			สูง	10.79	14.00	6.80	11.30	13.56	15.88
		21-0-0	ต่ำ	9.36	12.34	11.48	12.48	13.20	15.38
			ปานกลาง	9.98	11.75	8.80	10.80	13.06	14.38
			สูง	10.00	12.61	8.12	10.12	13.06	13.56
		27-6-6	ต่ำ	9.23	12.14	7.80	9.30	12.38	12.38
			ปานกลาง	10.27	12.61	9.30	10.30	12.38	13.38
			สูง	9.16	10.50	8.62	13.62	10.52	12.56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคดินเหนียว					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	10.54	15.61	8.62	13.76	11.84	17.34
			ปานกลาง	8.86	13.36	8.30	9.80	11.52	12.16
			สูง	12.15	15.81	8.44	13.44	11.52	13.84
		21-0-0	ต่ำ	9.13	13.45	7.94	10.12	10.84	14.84
			ปานกลาง	9.34	14.00	6.94	9.62	10.84	14.16
			สูง	11.70	14.11	9.62	12.12	13.02	15.34
		27-6-6	ต่ำ	10.74	12.47	8.30	8.62	12.16	13.34
			ปานกลาง	12.11	13.18	7.76	10.62	12.20	12.84
			สูง	9.36	13.04	6.94	9.94	10.84	12.45
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	8.18	13.09	7.66	10.66	12.16	14.98
			ปานกลาง	7.11	10.54	8.16	10.98	11.80	13.48
			สูง	8.50	10.09	11.34	12.66	15.16	15.48
		21-0-0	ต่ำ	8.18	11.18	10.98	16.98	14.98	16.16
			ปานกลาง	8.83	11.58	8.84	12.84	11.98	15.48
			สูง	7.27	9.15	9.16	9.66	12.48	12.98
		27-6-6	ต่ำ	7.69	10.19	8.84	11.34	11.98	12.48
			ปานกลาง	9.00	11.25	9.84	13.16	13.48	15.66
			สูง	9.26	11.51	15.98	16.30	17.98	21.98
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	12.79	16.70	10.80	14.30	11.80	15.80
			ปานกลาง	10.99	16.40	10.98	15.80	15.30	17.80
			สูง	11.60	15.26	13.80	16.30	14.80	18.80
		21-0-0	ต่ำ	11.54	16.36	11.48	9.48	12.98	15.80
			ปานกลาง	12.26	15.92	11.80	14.80	17.48	20.80
			สูง	11.83	15.01	10.80	14.80	13.16	16.30
		27-6-6	ต่ำ	11.81	15.65	12.80	12.98	12.98	16.16
			ปานกลาง	11.01	15.51	11.80	16.30	14.80	20.98
			สูง	10.61	14.77	8.30	11.30	11.30	14.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอนุภาคดินเหนียว					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	11.69	15.19	9.12	9.62	11.98	13.48
			ปานกลาง	9.67	12.17	9.62	11.12	13.48	15.48
			สูง	9.83	12.44	9.44	12.12	11.98	14.98
		21-0-0	ต่ำ	9.94	11.37	10.66	15.16	11.98	17.48
			ปานกลาง	13.78	17.19	13.66	16.96	12.48	15.66
			สูง	11.26	15.94	9.16	13.16	12.48	14.98
		27-6-6	ต่ำ	9.83	12.99	10.80	13.44	13.98	19.66
			ปานกลาง	11.67	16.33	8.80	11.30	13.98	15.34
			สูง	9.94	12.76	12.16	12.16	14.48	17.66
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	11.72	14.97	11.16	13.66	12.88	14.88
			ปานกลาง	13.47	15.63	11.66	14.66	14.38	17.02
			สูง	10.84	14.86	11.66	15.66	14.38	16.38
		21-0-0	ต่ำ	11.47	13.97	10.16	15.66	12.70	16.52
			ปานกลาง	12.72	18.36	9.66	14.16	13.88	15.56
			สูง	11.50	13.04	11.16	11.66	14.38	16.38
		27-6-6	ต่ำ	13.27	18.52	9.66	12.16	12.88	13.02
			ปานกลาง	8.73	13.11	13.16	18.66	15.88	20.56
			สูง	14.72	16.22	12.16	16.66	14.88	16.88
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	9.95	12.86	7.62	9.44	11.52	12.52
			ปานกลาง	7.86	8.11	5.94	8.62	10.02	11.52
			สูง	9.05	10.80	7.44	9.44	12.52	14.02
		21-0-0	ต่ำ	8.33	10.67	5.94	6.94	11.52	12.02
			ปานกลาง	9.69	10.83	5.94	7.94	12.02	13.02
			สูง	10.19	14.76	7.12	9.94	11.52	15.02
		27-6-6	ต่ำ	7.90	10.67	6.30	8.94	11.02	11.52
			ปานกลาง	9.88	11.72	11.62	7.94	13.52	14.02
			สูง	9.33	10.08	6.44	7.62	11.02	13.02

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.4 เนื้อดิน (soil texture)

เนื้อดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีลักษณะเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) และดินร่วนปนทราย (sandy loam) (ตารางที่ 4)

เนื้อดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีลักษณะเป็นดินทราย (sand) ดินทรายร่วน และดินร่วนปนทราย ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นดินทรายร่วนและดินร่วนปนทราย (ตารางที่ 4)

เนื้อดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีลักษณะเป็นดินทรายร่วนและดินร่วนปนทราย ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นดินทรายร่วน ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) (ตารางที่ 4)

โดยภาพรวมเนื้อดินในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีลักษณะเป็นดินทรายเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาร้อยละอนุภาคทรายที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี ดินมีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียดมากขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยภาพรวมดินมีสัดส่วนอนุภาคทรายเป็นหลักซึ่งการที่เนื้อดินในพื้นที่ศึกษามีสัดส่วนปริมาณอนุภาคขนาดใหญ่อยู่สูงนั้น เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินจากตะกอนลำน้ำหรือสันทรายชายทะเล ซึ่งทำให้ดินมีส่วนประกอบหลักเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

1.1.5 ความหนาแน่นรวม (bulk density)

ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 1.41-1.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.66-1.84 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 5) มีค่าในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (ตารางผนวกที่ 17) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรปุ๋ยและอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และอิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัส วิธีการปรับปรุงดิน และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 เนื้อดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				เนื้อดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	LS	LS	S	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	LS	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	LS	LS	LS	LS	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	LS	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	S	LS	LS	SL
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	S	LS	SL	SL
			ปานกลาง	SL	SL	LS	SL	SL	SCL
			สูง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	SL	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
	ไม่ราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	LS	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	SL	LS	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	LS	LS	SL	LS	SL

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				เนื้อดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	LS	SL
			สูง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	SL	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	LS	SL
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	LS	LS	LS	LS	SL
			สูง	LS	LS	LS	SL	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	SL	LS	SL
			สูง	LS	LS	LS	LS	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	LS	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	LS	LS	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	SL	SL	SL	SCL
	ไม่เผาไร่หน้าม	15-15-15	ต่ำ	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	SL	SL	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	SL	SL	SCL
			สูง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	SL	SL	SL	SCL
			สูง	LS	SL	LS	LS	LS	SL

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				เนื้อดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	LS	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	SL	LS	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	LS	LS	SL	LS	SL
			ปานกลาง	SL	SL	SL	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	SL	LS	SL	SL	SCL
			ปานกลาง	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			สูง	LS	SL	SL	SL	SL	SL
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	SL	SL	SL	SL	SL	SL
			สูง	LS	SL	LS	SL	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			สูง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
		27-6-6	ต่ำ	SL	SL	LS	SL	SL	SL
			ปานกลาง	LS	SL	SL	SL	SL	SCL
			สูง	SL	SL	LS	SL	SL	SL
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	LS	SL	LS	LS	SL	SL
			ปานกลาง	LS	LS	LS	LS	LS	LS
			สูง	LS	LS	LS	LS	SL	SL
		21-0-0	ต่ำ	LS	LS	S	LS	LS	LS
			ปานกลาง	LS	LS	S	LS	LS	SL
			สูง	LS	SL	LS	LS	LS	SL
		27-6-6	ต่ำ	LS	LS	S	LS	LS	LS
			ปานกลาง	LS	SL	SL	LS	SL	SL
			สูง	LS	LS	S	LS	LS	SL

หมายเหตุ LS (loamy sand) คือ ดินทรายร่วน SL (sandy loam) คือ ดินร่วนปนทราย
SCL (sandy clay loam) คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นรวมก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.63	1.80	1.52	1.82	1.54	1.68
			ปานกลาง	1.52	1.75	1.50	1.78	1.59	1.77
			สูง	1.64	1.81	1.46	1.85	1.49	1.78
		21-0-0	ต่ำ	1.58	1.77	1.75	1.81	1.78	1.53
			ปานกลาง	1.61	1.77	1.67	1.83	1.69	1.66
			สูง	1.67	1.81	1.61	1.85	1.57	1.81
		27-6-6	ต่ำ	1.55	1.80	1.78	1.72	1.51	1.76
			ปานกลาง	1.60	1.75	1.73	1.81	1.54	1.82
			สูง	1.64	1.78	1.61	1.77	1.64	1.61
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.67	1.84	1.75	1.82	1.54	1.83
			ปานกลาง	1.61	1.83	1.60	1.81	1.61	1.85
			สูง	1.43	1.77	1.56	1.73	1.48	1.80
		21-0-0	ต่ำ	1.53	1.82	1.61	1.74	1.64	1.77
			ปานกลาง	1.55	1.81	1.64	1.80	1.41	1.73
			สูง	1.66	1.77	1.49	1.75	1.43	1.70
		27-6-6	ต่ำ	1.61	1.72	1.61	1.79	1.62	1.83
			ปานกลาง	1.68	1.81	1.55	1.90	1.50	1.70
			สูง	1.68	1.71	1.65	1.74	1.45	1.82
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.59	1.76	1.67	1.82	1.51	1.82
			ปานกลาง	1.59	1.75	1.68	1.83	1.49	1.70
			สูง	1.55	1.76	1.46	1.79	1.46	1.76
		21-0-0	ต่ำ	1.62	1.78	1.63	1.74	1.48	1.71
			ปานกลาง	1.51	1.82	1.56	1.81	1.50	1.79
			สูง	1.51	1.71	1.53	1.85	1.28	1.72
		27-6-6	ต่ำ	1.47	1.77	1.48	1.81	1.39	1.69
			ปานกลาง	1.63	1.82	1.61	1.83	1.40	1.76
			สูง	1.50	1.82	1.60	1.84	1.54	1.72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.53	1.81	1.69	1.80	1.68	1.91
			ปานกลาง	1.55	1.77	1.64	1.79	1.49	1.83
			สูง	1.62	1.80	1.51	1.86	1.58	1.82
		21-0-0	ต่ำ	1.56	1.82	1.50	1.87	1.72	1.90
			ปานกลาง	1.60	1.81	1.53	1.80	1.46	1.76
			สูง	1.49	1.75	1.70	1.82	1.47	1.80
		27-6-6	ต่ำ	1.49	1.70	1.64	1.69	1.51	1.82
			ปานกลาง	1.53	1.80	1.62	1.87	1.51	1.86
			สูง	1.51	1.77	1.73	1.83	1.53	1.91
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.74	1.75	1.64	2.03	1.58	1.76
			ปานกลาง	1.58	1.75	1.66	1.90	1.53	1.66
			สูง	1.54	1.73	1.54	1.80	1.45	1.67
		21-0-0	ต่ำ	1.55	1.77	1.49	1.89	1.47	1.77
			ปานกลาง	1.61	1.75	1.61	1.78	1.69	1.77
			สูง	1.69	1.74	1.60	1.88	1.53	1.67
		27-6-6	ต่ำ	1.44	1.81	1.60	1.88	1.61	1.75
			ปานกลาง	1.62	1.82	1.54	1.80	1.61	1.71
			สูง	1.55	1.78	1.65	1.71	1.40	1.70
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.62	1.77	1.59	1.69	1.44	1.71
			ปานกลาง	1.49	1.76	1.67	1.84	1.46	1.73
			สูง	1.48	1.80	1.62	1.78	1.40	1.69
		21-0-0	ต่ำ	1.63	1.75	1.63	1.86	1.45	1.93
			ปานกลาง	1.56	1.81	1.64	1.79	1.43	1.71
			สูง	1.60	1.79	1.58	1.75	1.44	1.81
		27-6-6	ต่ำ	1.60	1.79	1.62	1.84	1.66	1.71
			ปานกลาง	1.50	1.74	1.58	1.87	1.58	1.83
			สูง	1.41	1.77	1.45	1.82	1.41	1.73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.65	1.72	1.63	1.84	1.61	1.74
			ปานกลาง	1.67	1.79	1.72	1.84	1.39	1.69
			สูง	1.42	1.84	1.62	1.82	1.58	1.71
		21-0-0	ต่ำ	1.58	1.83	1.78	1.74	1.76	1.87
			ปานกลาง	1.53	1.66	1.59	1.73	1.67	1.79
			สูง	1.51	1.78	1.66	1.81	1.51	1.82
		27-6-6	ต่ำ	1.50	1.81	1.54	1.82	1.56	1.83
			ปานกลาง	1.62	1.77	1.60	1.74	1.57	1.77
			สูง	1.61	1.80	1.65	1.58	1.52	1.74
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.61	1.79	1.71	1.76	1.67	1.82
			ปานกลาง	1.41	1.82	1.59	1.83	1.60	1.79
			สูง	1.61	1.79	1.65	1.88	1.50	1.84
		21-0-0	ต่ำ	1.64	1.84	1.63	1.80	1.59	1.83
			ปานกลาง	1.49	1.77	1.64	1.80	1.51	1.80
			สูง	1.66	1.81	1.59	1.78	1.59	1.78
		27-6-6	ต่ำ	1.59	1.77	1.77	1.55	1.58	1.77
			ปานกลาง	1.54	1.81	1.71	1.86	1.61	1.89
			สูง	1.58	1.79	1.58	1.90	1.56	1.84
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.61	1.78	1.54	1.88	1.56	1.87
			ปานกลาง	1.59	1.80	1.65	1.75	1.51	1.85
			สูง	1.59	1.77	1.49	1.83	1.79	1.56
		21-0-0	ต่ำ	1.61	1.79	1.44	1.89	1.55	1.74
			ปานกลาง	1.55	1.84	1.62	1.94	1.97	1.51
			สูง	1.63	1.73	1.54	1.90	1.96	1.45
		27-6-6	ต่ำ	1.58	1.81	1.50	1.90	1.15	1.26
			ปานกลาง	1.57	1.82	1.47	1.78	1.61	1.71
			สูง	1.60	1.82	1.69	1.80	1.98	1.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 1.44-1.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 และ D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.55-2.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าในระดับปานกลางถึงสูงมาก (ตารางผนวกที่ 17) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 5)

ความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลัง 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 1.15-1.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าในระดับต่ำถึงสูง ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.26-1.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง (ตารางผนวกที่ 17) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 5)

ความหนาแน่นรวมโดยภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นรวมโดยภาพรวมยังไม่ชัดเจนตลอดการศึกษา ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าต่ำที่สุดเมื่อปรับปรุงดินด้วยการปลูกไมยราบไร้หนาม เนื่องจากดินมีการสะสมอินทรียวัตถุและระบบรากของไมยราบไร้หนามเองที่ช่วยเพิ่มช่องว่างในดินซึ่งโดยภาพรวมมีค่าสูงกว่า และสอดคล้องกับผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) ที่พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.26-1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปามีค่าต่ำกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา เป็นผลจากสภาพพื้นป่าในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปามีซากพืชทับถมและปริมาณรากขนาดเล็กที่มากกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยไม่ทำให้ความหนาแน่นรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.6 ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 2.60-2.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.53-2.73 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 6) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและสูตรปุ๋ย ทำให้ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยทำให้ทำให้ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 5)

ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 2.59-2.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.56-2.84 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 6)

ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 2.56-2.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.52-2.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดทั้งหมด 4 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง 2) แปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง 3) แปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และ 4) แปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 6)

ความหนาแน่นอนุภาคโดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นอนุภาคโดยภาพรวมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ค่าความหนาแน่นอนุภาคของทั้งระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาการเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดิน ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของ ณัฐวุฒิ (2548) พบว่า มีค่าความหนาแน่นอนุภาคอยู่ในช่วง 2.07-2.89 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และภายใต้กระบวนการเจริญทดแทนที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ความหนาแน่นอนุภาคก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นอนุภาค (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	2.70	2.66	2.63	2.72	2.67	2.61
			ปานกลาง	2.66	2.69	2.66	2.68	2.59	2.65
			สูง	2.70	2.69	2.67	2.66	2.63	2.64
		21-0-0	ต่ำ	2.68	2.71	2.65	2.69	2.57	2.62
			ปานกลาง	2.73	2.68	2.70	2.67	2.66	2.69
			สูง	2.73	2.65	2.66	2.67	2.67	2.52
		27-6-6	ต่ำ	2.68	2.67	2.69	2.69	2.63	2.56
			ปานกลาง	2.63	2.69	2.67	2.66	2.63	2.60
			สูง	2.74	2.68	2.71	2.69	2.62	2.65
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	2.70	2.67	2.62	2.65	2.64	2.60
			ปานกลาง	2.68	2.62	2.61	2.56	2.58	2.52
			สูง	2.71	2.61	2.66	2.64	2.61	2.61
		21-0-0	ต่ำ	2.67	2.62	2.63	2.62	2.61	2.63
			ปานกลาง	2.67	2.64	2.62	2.61	2.64	2.53
			สูง	2.68	2.62	2.62	2.59	2.59	2.66
		27-6-6	ต่ำ	2.68	2.68	2.65	2.61	2.62	2.60
			ปานกลาง	2.67	2.69	2.63	2.64	2.60	2.59
			สูง	2.66	2.70	2.63	2.63	2.60	2.66
	ไม่ราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	2.71	2.71	2.69	2.65	2.64	2.57
			ปานกลาง	2.66	2.65	2.70	2.65	2.66	2.65
			สูง	2.71	2.72	2.70	2.67	2.64	2.60
		21-0-0	ต่ำ	2.72	2.66	2.70	2.68	2.63	2.58
			ปานกลาง	2.69	2.69	2.63	2.64	2.60	2.66
			สูง	2.67	2.69	2.66	2.70	2.62	2.62
		27-6-6	ต่ำ	2.67	2.69	2.69	2.65	2.60	2.64
			ปานกลาง	2.68	2.66	2.67	2.66	2.67	2.62
			สูง	2.69	2.62	2.68	2.64	2.69	2.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นอนุภาค (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	2.66	2.67	2.64	2.61	2.64	2.59
			ปานกลาง	2.75	2.67	2.68	2.65	2.68	2.64
			สูง	2.66	2.63	2.64	2.61	2.65	2.60
		21-0-0	ต่ำ	2.65	2.66	2.66	2.63	2.63	2.58
			ปานกลาง	2.75	2.68	2.62	2.66	2.61	2.68
			สูง	2.67	2.72	2.61	2.63	2.62	2.63
		27-6-6	ต่ำ	2.64	2.64	2.61	2.64	2.66	2.61
			ปานกลาง	2.69	2.66	2.65	2.67	2.68	2.62
			สูง	2.70	2.63	2.67	2.62	2.61	2.59
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	2.65	2.69	2.68	2.63	2.67	2.63
			ปานกลาง	2.72	2.66	2.66	2.66	2.62	2.69
			สูง	2.73	2.67	2.69	2.68	2.59	2.53
		21-0-0	ต่ำ	2.78	2.64	2.65	2.64	2.59	2.67
			ปานกลาง	2.67	2.71	2.70	2.70	2.60	2.63
			สูง	2.71	2.60	2.72	2.68	2.65	2.65
		27-6-6	ต่ำ	2.71	2.66	2.72	2.63	2.71	2.65
			ปานกลาง	2.67	2.72	2.69	2.67	2.67	2.60
			สูง	2.72	2.67	2.62	2.64	2.56	2.56
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	2.66	2.64	2.66	2.60	2.63	2.67
			ปานกลาง	2.69	2.61	2.64	2.84	2.58	2.67
			สูง	2.68	2.67	2.62	2.63	2.59	2.58
		21-0-0	ต่ำ	2.69	2.67	2.64	2.64	2.62	2.58
			ปานกลาง	2.66	2.65	2.65	2.63	2.62	2.55
			สูง	2.71	2.66	2.68	2.61	2.58	2.62
		27-6-6	ต่ำ	2.66	2.62	2.63	2.59	2.65	2.52
			ปานกลาง	2.70	2.67	2.66	2.64	2.60	2.59
			สูง	2.66	2.63	2.72	2.62	2.67	2.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ความหนาแน่นอนุภาค (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	2.66	2.64	2.64	2.66	2.62	2.64
			ปานกลาง	2.73	2.72	2.64	2.65	2.60	2.60
			สูง	2.71	2.66	2.62	2.60	2.65	2.60
		21-0-0	ต่ำ	2.67	2.72	2.65	2.62	2.66	2.60
			ปานกลาง	2.65	2.64	2.63	2.60	2.66	2.62
			สูง	2.71	2.69	2.62	2.63	2.62	2.57
		27-6-6	ต่ำ	2.74	2.65	2.60	2.63	2.58	2.56
			ปานกลาง	2.68	2.67	2.65	2.64	2.66	2.58
			สูง	2.70	2.71	2.63	2.58	2.60	2.55
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	2.63	2.69	2.64	2.64	2.65	2.64
			ปานกลาง	2.63	2.64	2.62	2.61	2.60	2.56
			สูง	2.71	2.66	2.59	2.59	2.65	2.58
		21-0-0	ต่ำ	2.65	2.63	2.66	2.57	2.58	2.56
			ปานกลาง	2.65	2.68	2.65	2.59	2.63	2.60
			สูง	2.67	2.66	2.61	2.68	2.61	2.62
		27-6-6	ต่ำ	2.71	2.60	2.65	2.62	2.60	2.60
			ปานกลาง	2.70	2.70	2.60	2.58	2.66	2.52
			สูง	2.71	2.62	2.61	2.61	2.57	2.62
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	2.60	2.53	2.68	2.63	2.64	2.64
			ปานกลาง	2.69	2.73	2.67	2.69	2.67	2.60
			สูง	2.70	2.70	2.70	2.67	2.80	2.60
		21-0-0	ต่ำ	2.74	2.70	2.71	2.68	2.65	2.70
			ปานกลาง	2.70	2.68	2.65	2.66	2.69	2.66
			สูง	2.68	2.60	2.69	2.69	2.66	2.65
		27-6-6	ต่ำ	2.70	2.69	2.65	2.69	2.60	2.60
			ปานกลาง	2.68	2.65	2.67	2.68	2.64	2.64
			สูง	2.73	2.73	2.75	2.69	2.58	2.69

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) ที่พบว่า ในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีค่าความหนาแน่นอนุภาคสูงกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาเล็กน้อยแม้ว่าในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาจะมีซากพืชในพื้นป่ามากกว่าก็ตาม ดังนั้นค่าความหนาแน่นอนุภาคในผลการศึกษาครั้งนี้จึงขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดิน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการศึกษาด้านสายต้นยูคาลิปตัสและอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ความหนาแน่นอนุภาคที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูกเป็นเวลา 1 ปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 5)

1.1.7 ความพรุนรวมของดิน (soil porosity)

ร้อยละความพรุนรวมของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 34.20-47.64 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 29.35-36.94 (ตารางที่ 7) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรปุ๋ยกับอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละความพรุนรวมของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 6)

ร้อยละความพรุนรวมของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 32.70-47.13 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 22.71-40.95 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 7)

ร้อยละความพรุนรวมของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 23.38-56.18 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 24.99-51.08 ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 7)

ร้อยละความพรุนรวมของดินโดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงร้อยละความพรุนรวมของดินโดยภาพรวมไม่ชัดเจน ความพรุนรวมของดินเป็นค่าที่แปรผันตรงกันข้ามกับความหนาแน่นรวมของดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการสะสมอินทรียวัตถุและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ร้อยละความพรุนรวมของดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละความพรุนรวมของดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	39.65	32.18	42.31	32.82	42.25	35.71
			ปานกลาง	42.60	35.10	43.52	33.54	38.63	32.86
			สูง	39.28	32.60	45.29	30.42	43.19	32.53
		21-0-0	ต่ำ	41.17	34.61	33.78	32.70	30.12	41.81
			ปานกลาง	41.11	33.97	38.08	31.38	36.48	38.35
			สูง	38.64	31.59	39.22	30.60	41.04	27.87
		27-6-6	ต่ำ	42.40	32.70	33.88	36.34	42.67	31.52
			ปานกลาง	38.97	34.85	35.22	32.17	41.44	30.10
			สูง	40.01	33.61	40.76	34.06	37.51	39.45
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	38.03	31.18	33.27	31.49	41.42	29.45
			ปานกลาง	39.89	30.29	38.76	29.13	37.47	26.70
			สูง	47.09	31.95	41.22	34.54	43.49	30.99
		21-0-0	ต่ำ	42.46	30.60	38.75	33.31	37.02	32.83
			ปานกลาง	41.92	31.46	37.47	30.87	46.68	31.65
			สูง	37.89	32.28	43.11	32.42	45.07	35.90
		27-6-6	ต่ำ	40.05	35.61	39.38	31.23	38.30	29.75
			ปานกลาง	37.02	32.55	41.17	28.23	42.24	34.20
			สูง	36.79	36.46	37.34	33.86	44.27	31.78
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	41.24	35.31	38.07	31.13	42.76	28.77
			ปานกลาง	40.32	33.88	37.61	31.03	43.90	35.91
			สูง	42.62	35.20	46.00	32.86	44.68	32.42
		21-0-0	ต่ำ	40.27	33.24	39.79	35.00	43.91	33.80
			ปานกลาง	43.71	32.35	40.71	31.23	42.32	32.81
			สูง	43.28	36.17	42.51	31.24	51.20	34.48
		27-6-6	ต่ำ	44.76	34.23	44.81	31.55	46.51	36.04
			ปานกลาง	39.29	31.52	39.63	31.01	47.54	32.61
			สูง	44.35	30.39	40.37	30.04	42.76	34.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละความพรุนรวมของดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	42.62	32.08	35.96	30.94	36.22	26.39
			ปานกลาง	43.52	33.68	38.76	32.40	44.60	30.69
			สูง	39.03	31.33	42.83	28.70	40.29	29.81
		21-0-0	ต่ำ	41.35	31.86	43.75	28.64	34.54	26.43
			ปานกลาง	41.61	32.47	41.58	32.44	43.81	34.33
			สูง	44.24	35.69	34.61	30.85	43.88	31.47
		27-6-6	ต่ำ	43.48	35.64	37.26	36.07	43.16	30.14
			ปานกลาง	43.06	32.37	38.70	30.00	43.71	29.03
			สูง	44.02	32.77	35.28	29.88	41.35	26.44
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	34.20	34.88	38.88	22.71	40.85	33.18
			ปานกลาง	41.96	34.22	37.62	28.67	41.49	38.18
			สูง	43.57	35.27	42.75	32.75	44.21	34.30
		21-0-0	ต่ำ	44.31	33.13	43.71	28.29	43.10	33.58
			ปานกลาง	39.72	35.33	40.20	34.03	34.78	32.55
			สูง	37.68	32.94	41.00	30.04	42.51	36.92
		27-6-6	ต่ำ	46.50	31.92	41.01	28.68	40.72	33.79
			ปานกลาง	39.52	32.97	42.77	32.54	39.93	34.16
			สูง	43.01	33.23	36.97	35.13	45.21	33.46
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	39.09	32.96	40.21	34.88	45.07	35.96
			ปานกลาง	44.66	32.65	36.70	33.83	43.35	35.22
			สูง	44.74	32.48	37.99	32.46	45.78	34.39
		21-0-0	ต่ำ	39.35	34.59	38.42	29.60	44.64	24.99
			ปานกลาง	41.32	31.81	38.21	31.92	45.41	33.00
			สูง	40.82	32.68	40.73	32.71	44.30	30.52
		27-6-6	ต่ำ	39.78	31.91	38.34	29.08	37.38	32.12
			ปานกลาง	44.07	34.87	40.45	29.21	39.34	29.14
			สูง	47.24	32.48	46.95	30.33	47.16	32.69

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละความพรุนรวมของดิน					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	37.88	35.02	38.31	30.90	38.66	33.80
			ปานกลาง	38.66	34.11	34.87	30.52	46.65	34.84
			สูง	47.64	30.73	38.10	30.00	40.14	34.06
		21-0-0	ต่ำ	40.81	32.85	32.80	33.62	33.87	27.78
			ปานกลาง	42.26	36.94	39.53	33.41	37.19	31.63
			สูง	44.48	33.86	36.64	31.02	42.28	29.21
		27-6-6	ต่ำ	45.07	31.87	41.01	30.85	39.56	28.53
			ปานกลาง	39.70	33.62	39.38	34.27	40.86	31.51
			สูง	40.34	33.65	37.53	38.67	41.59	31.78
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	38.94	33.61	35.44	33.18	36.88	30.59
			ปานกลาง	46.19	31.18	39.18	29.82	38.45	30.02
			สูง	40.34	32.47	36.22	27.29	43.35	28.52
		21-0-0	ต่ำ	38.35	29.79	38.58	29.68	38.56	28.60
			ปานกลาง	43.61	33.74	38.30	30.52	42.56	30.79
			สูง	38.01	32.24	39.20	33.67	39.05	32.14
		27-6-6	ต่ำ	41.59	31.80	32.70	40.95	39.06	31.75
			ปานกลาง	42.96	32.78	34.27	27.47	39.59	25.21
			สูง	41.51	31.84	39.47	27.23	39.24	29.44
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	38.15	29.35	42.51	28.50	40.96	29.00
			ปานกลาง	40.92	34.04	38.08	34.89	43.51	28.79
			สูง	41.07	34.27	44.62	31.46	35.30	39.83
		21-0-0	ต่ำ	41.11	33.82	47.13	29.49	41.71	35.64
			ปานกลาง	42.69	31.42	38.67	27.09	26.84	42.84
			สูง	38.93	33.50	42.78	29.33	26.39	45.36
		27-6-6	ต่ำ	41.50	32.77	43.38	29.42	56.18	51.08
			ปานกลาง	41.59	31.23	44.84	33.55	39.02	35.24
			สูง	41.51	33.16	38.32	33.19	23.38	31.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณรากพืชซึ่งส่วนมากกระจายอยู่ในดินชั้นบน และดินชั้นล่างที่ต้องรับน้ำหนักส่วนบนและปริมาณอินทรียวัตถุที่ต่ำกว่าทำให้ความพรุนรวมของดินชั้นล่างมีค่าต่ำกว่า (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งความพรุนรวมของดินของการศึกษานี้ในแปลงปลูกไมยราบไร้หนามมีค่าสูงสุดเป็นผลจากปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณรากขนาดเล็กของไมยราบไร้หนามเอง สอดคล้องกับผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) ที่พบว่า ในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีปริมาณรากขนาดเล็กสูงกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาทุกระดับความลึก ทำให้ความพรุนรวมของดินในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปามีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ ทุกปัจจัยการศึกษาไม่ทำให้ร้อยละความพรุนรวมของดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 6)

1.2 สมบัติทางเคมีของดิน

1.2.1 พีเอชของดิน (soil pH)

พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 3.30-6.03 เป็นกรดจัดมาก (extreme acidity) ถึงเป็นกรดปานกลาง (medium acidity) ส่วนในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 3.57-5.82 (ตารางที่ 8) เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (ตารางผนวกที่ 18) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและสูตรปุ๋ย ทำให้พีเอชของดินชั้นบนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 7)

พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 4.25-5.74 เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (ตารางผนวกที่ 18) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ ส่วนดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.16-5.98 เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (ตารางผนวกที่ 18) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 8)

พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 3.77-5.52 เป็นกรดจัดมากถึงกรดแก่ (strong acidity) (ตารางผนวกที่ 18) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง ส่วนดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 พีเอชของดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				พีเอช					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.14	5.01	4.82	4.98	4.18	4.27
			ปานกลาง	4.23	4.18	4.71	4.39	4.08	4.18
			สูง	4.11	4.27	4.60	4.49	3.97	4.05
		21-0-0	ต่ำ	4.38	4.10	4.39	4.28	4.01	3.92
			ปานกลาง	4.21	4.15	4.51	4.42	4.06	3.96
			สูง	4.04	4.21	4.87	5.00	4.12	4.23
		27-6-6	ต่ำ	4.41	4.90	4.69	4.66	4.33	4.04
			ปานกลาง	4.20	4.13	4.91	5.01	4.13	4.15
			สูง	4.23	4.17	4.63	4.38	3.98	4.07
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	4.37	4.80	4.47	4.42	4.54	4.50
			ปานกลาง	5.08	4.80	5.25	4.98	4.75	4.87
			สูง	5.16	4.93	5.26	4.77	4.22	4.70
		21-0-0	ต่ำ	5.63	5.40	5.11	4.68	4.64	4.72
			ปานกลาง	5.35	4.87	5.28	4.34	4.54	4.11
			สูง	4.90	4.75	5.01	4.75	4.70	4.90
		27-6-6	ต่ำ	4.20	4.25	5.02	4.59	4.77	4.42
			ปานกลาง	5.29	4.89	5.32	5.26	5.07	4.78
			สูง	5.15	4.68	5.41	5.33	4.83	4.57
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	4.12	4.19	4.64	4.40	4.87	4.31
			ปานกลาง	4.23	4.11	4.76	4.44	4.44	4.86
			สูง	4.23	3.86	4.70	4.36	4.31	4.85
		21-0-0	ต่ำ	4.35	4.21	4.43	4.36	4.36	4.03
			ปานกลาง	4.58	4.24	5.16	5.03	4.93	4.55
			สูง	5.28	4.63	4.71	4.40	4.59	4.04
		27-6-6	ต่ำ	4.09	3.97	4.61	4.42	4.26	4.51
			ปานกลาง	4.25	4.14	5.14	4.78	4.50	4.22
			สูง	4.41	3.90	4.63	4.37	4.56	4.09

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				พีเอช					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.38	4.16	4.47	4.42	4.25	4.22
			ปานกลาง	4.48	4.22	4.45	4.32	4.44	4.26
			สูง	5.06	4.95	4.72	4.50	4.35	4.32
		21-0-0	ต่ำ	4.54	3.57	4.59	4.35	4.31	4.15
			ปานกลาง	4.48	4.16	4.96	4.84	4.32	4.23
			สูง	4.54	4.03	4.44	4.22	4.31	4.23
		27-6-6	ต่ำ	4.70	4.29	4.64	4.71	4.46	4.25
			ปานกลาง	4.47	4.14	4.31	4.16	4.22	4.28
			สูง	4.87	4.37	4.42	4.46	4.33	4.37
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	4.27	4.22	5.15	4.66	4.64	4.65
			ปานกลาง	4.48	4.27	5.15	4.43	4.74	4.65
			สูง	3.96	3.84	5.64	5.32	5.52	4.72
		21-0-0	ต่ำ	4.17	4.05	5.43	5.43	4.83	4.83
			ปานกลาง	3.30	4.16	5.03	4.42	4.86	5.12
			สูง	4.44	4.48	4.74	4.38	5.02	4.52
		27-6-6	ต่ำ	4.34	4.23	5.15	4.47	4.67	4.42
			ปานกลาง	3.90	3.98	5.11	5.09	4.69	5.24
			สูง	4.07	4.11	5.66	5.27	5.04	5.53
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	4.33	4.07	4.49	4.59	4.88	4.24
			ปานกลาง	6.03	5.82	4.67	5.26	4.81	4.96
			สูง	5.29	4.72	4.30	4.38	4.51	4.43
		21-0-0	ต่ำ	4.02	3.99	4.25	4.24	4.13	4.52
			ปานกลาง	4.43	4.98	5.03	4.66	5.19	5.20
			สูง	4.14	4.08	4.61	4.43	4.72	4.78
		27-6-6	ต่ำ	5.34	5.12	4.86	4.54	4.77	4.50
			ปานกลาง	4.33	4.17	4.43	4.59	4.62	4.56
			สูง	5.04	5.49	4.50	4.38	4.68	4.54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				พีเอช					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.69	4.95	4.99	5.06	4.49	4.46
			ปานกลาง	4.81	4.68	5.16	5.16	4.17	4.54
			สูง	4.63	4.64	5.24	5.12	4.57	4.54
		21-0-0	ต่ำ	4.57	4.77	5.22	5.46	4.44	4.60
			ปานกลาง	5.18	5.42	5.66	5.34	4.48	4.54
			สูง	4.38	4.34	5.50	5.37	4.77	4.85
		27-6-6	ต่ำ	5.05	4.68	5.74	5.39	4.70	4.67
			ปานกลาง	5.06	4.86	5.33	5.98	4.81	4.84
			สูง	4.03	4.30	5.49	5.58	4.84	4.86
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	4.41	4.15	4.97	4.80	4.51	4.24
			ปานกลาง	4.65	4.36	5.17	4.84	4.37	4.41
			สูง	4.57	4.59	5.10	4.46	4.72	4.46
		21-0-0	ต่ำ	4.64	4.69	4.61	4.77	4.72	4.54
			ปานกลาง	4.48	4.29	5.12	4.56	4.61	4.56
			สูง	4.41	4.36	4.91	4.75	4.56	4.33
		27-6-6	ต่ำ	4.90	5.16	5.03	4.43	4.31	4.34
			ปานกลาง	4.37	4.14	5.48	5.60	5.03	4.92
			สูง	4.92	5.01	4.94	4.74	4.41	4.14
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	4.74	4.74	5.49	4.90	4.14	4.01
			ปานกลาง	4.46	4.43	4.63	4.49	3.77	3.88
			สูง	4.60	4.31	4.41	4.36	3.86	4.08
		21-0-0	ต่ำ	4.84	4.83	4.58	4.56	4.24	4.69
			ปานกลาง	5.19	4.64	4.67	4.49	3.92	4.33
			สูง	4.57	4.43	4.64	4.53	4.01	3.96
		27-6-6	ต่ำ	4.54	4.46	4.86	4.45	4.47	4.19
			ปานกลาง	4.72	4.50	5.06	4.74	4.72	4.30
			สูง	4.79	4.45	5.32	4.88	4.44	4.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 3.88-5.53 เป็นกรดจัดมากถึงกรดแก่ (ตารางผนวกที่ 18) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 8)

พีเอชของดินโดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินช่วงภายหลังปลูก 1 ปี โดยภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและช่วงภายหลังปลูก 2 ปี โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายหลังการปลูกสร้างสวนป่าของรัฐบาล ในท้องที่ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ของ สมานใจ (2547) พบว่า พีเอชของดินชั้นบนมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่างและดินเป็นกรดมากขึ้น (พีเอชลดลง) ตามอายุสวนป่าที่เพิ่มขึ้น พีเอชของดินในการศึกษาในครั้งนี้มีระดับความเป็นกรดในระดับเดียวกับผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) ที่พบว่า ในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีซากพืชสะสมในดินชั้นบนอยู่มากทำให้มีกรดอินทรีย์สะสมอยู่ในดินชั้นบน ส่วนในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา มีค่าพีเอชใกล้เคียงกันทุกระดับความลึกเนื่องจากมีการสะสมอินทรียวัตถุอยู่น้อยมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาพีเอชของดินช่วงภายหลังปลูก 2 ปี ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีค่าพีเอชของดินสูงที่สุด ผลการศึกษาผลของปูนขาวและปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในดินชุดน้ำพองของ สุชีลา (2531) พบว่า การใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) เพิ่มขึ้น ทำให้พีเอชของดินลดลงเป็นผลมาจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของอนุมูลฟอสเฟตซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี ที่พีเอชของดินมีค่าต่ำที่สุด (เป็นกรดสูง) ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และใส่ในอัตราปานกลางถึงสูง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของสูตรปุ๋ยทำให้พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรช่วงภายหลังปลูก 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและสูตรปุ๋ย ทำให้พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรช่วงภายหลังปลูก 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 7)

1.2.2 ร้อยละอินทรียวัตถุ (organic matter)

ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.34-1.83 มีค่าในระดับต่ำมาก (very low) ถึงปานกลาง (medium) ส่วนที่ระดับความลึก 5-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.37-1.17 มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (moderately low) และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.20-1.28 (ตารางที่ 9) มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลของวิธีการปรับปรุงดินทำให้ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 5-15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ร้อยละอินทรียวัตถุในดินก่อนปลูกและภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอินทรียวัตถุ								
				ก่อนปลูก			หลังปลูก 1 ปี			หลังปลูก 2 ปี		
				0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.64	0.79	0.46	0.77	0.82	0.37	0.54	0.59	0.27
			ปานกลาง	0.92	0.80	0.32	0.95	0.72	0.53	0.83	0.78	0.41
			สูง	0.90	0.74	0.90	0.62	0.54	0.38	0.47	0.41	0.31
		21-0-0	ต่ำ	0.76	0.70	0.62	0.83	0.80	0.62	0.55	0.46	0.45
			ปานกลาง	0.81	0.65	0.43	0.60	0.56	0.40	0.66	0.67	0.51
			สูง	0.74	0.78	0.37	0.88	0.88	0.47	0.69	0.65	0.45
		27-6-6	ต่ำ	1.12	1.09	0.81	0.90	0.80	0.65	0.69	0.63	0.44
			ปานกลาง	0.86	0.71	0.45	0.90	0.88	0.50	0.60	0.54	0.32
			สูง	0.61	0.66	1.08	0.58	0.53	0.36	0.44	0.63	0.42
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	0.79	0.69	0.68	0.34	0.36	0.23	0.37	0.31	0.30
			ปานกลาง	0.82	0.61	1.19	1.31	1.26	0.43	1.25	0.96	0.41
			สูง	0.73	0.54	0.47	0.69	0.44	0.38	0.51	0.87	0.71
		21-0-0	ต่ำ	1.23	0.91	0.57	0.71	0.57	0.33	0.66	0.64	0.39
			ปานกลาง	0.89	1.06	0.50	0.56	0.35	0.19	0.70	0.55	0.37
			สูง	0.63	0.60	0.93	1.22	1.06	0.74	1.29	1.04	0.85
		27-6-6	ต่ำ	0.71	0.55	0.42	0.60	0.49	0.30	0.78	0.78	0.58
			ปานกลาง	0.78	0.61	0.55	1.11	0.97	0.57	1.01	1.15	0.51
			สูง	0.87	0.80	0.40	1.62	0.86	0.63	1.19	1.05	0.83
	ไม่ยราปไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.43	0.40	0.70	0.34	0.28	0.30	0.73	0.58	0.41
			ปานกลาง	0.55	0.49	0.31	0.46	0.28	0.51	0.46	0.49	0.47
			สูง	0.42	0.60	0.58	1.14	0.66	0.61	0.84	0.69	0.42
		21-0-0	ต่ำ	0.60	0.68	0.57	0.49	0.39	0.20	0.46	0.49	0.33
			ปานกลาง	0.55	0.50	0.76	0.67	0.49	0.24	1.04	0.96	0.59
			สูง	0.52	0.50	0.50	0.37	0.27	0.25	0.75	0.65	0.51
		27-6-6	ต่ำ	0.47	0.42	0.23	0.35	0.33	0.12	0.57	0.54	0.46
			ปานกลาง	0.43	0.40	0.38	1.00	0.82	1.46	0.79	0.61	0.46
			สูง	0.56	0.38	0.31	0.78	1.09	0.23	0.42	0.42	0.43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา			ร้อยละอินทรียวัตถุ								
			ก่อนปลูก			หลังปลูก 1 ปี			หลังปลูก 2 ปี		
			0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.63	0.84	0.38	0.49	0.52	0.42	0.67	0.58	0.39
			ปานกลาง	0.54	1.13	1.04	0.52	0.49	0.33	0.61	0.39	0.25
			สูง	0.84	1.11	0.60	0.72	0.61	0.50	0.73	0.61	0.42
		21-0-0	ต่ำ	0.69	1.17	0.69	0.60	0.56	0.32	0.60	0.50	0.42
			ปานกลาง	0.55	0.73	0.35	0.68	0.79	0.55	0.54	0.55	0.28
			สูง	0.97	1.08	0.73	0.61	0.54	0.41	0.68	0.69	0.49
		27-6-6	ต่ำ	0.92	1.08	0.48	0.66	0.57	0.33	0.70	0.45	0.25
			ปานกลาง	0.73	0.55	0.36	0.61	0.54	0.24	0.56	0.59	0.34
			สูง	0.82	0.66	1.28	0.50	0.47	0.31	0.55	0.51	0.44
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	0.47	0.39	0.28	0.80	0.58	0.30	1.16	0.50	0.32
			ปานกลาง	0.44	0.37	0.32	0.60	0.38	0.25	0.58	0.49	0.40
			สูง	0.51	0.42	0.30	1.45	1.07	0.65	1.13	0.97	0.96
		21-0-0	ต่ำ	0.45	0.46	0.45	1.24	1.18	0.55	1.27	1.03	0.56
			ปานกลาง	0.50	0.62	0.30	0.57	0.47	0.34	0.52	0.52	0.43
			สูง	0.34	0.37	0.20	0.68	0.63	0.46	0.46	0.69	0.49
		27-6-6	ต่ำ	0.56	0.51	0.35	0.49	0.57	0.41	0.50	0.50	0.38
			ปานกลาง	0.46	0.40	0.30	1.03	0.89	0.76	0.76	0.63	0.36
			สูง	0.45	0.45	0.35	1.71	1.07	1.18	1.46	1.15	0.76
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.91	0.69	0.49	0.75	0.67	0.59	0.86	0.73	0.67
			ปานกลาง	0.60	0.68	0.45	0.70	0.64	0.57	1.05	0.53	0.63
			สูง	0.80	0.66	0.48	0.63	0.68	0.44	0.91	0.82	0.62
		21-0-0	ต่ำ	0.52	0.42	0.25	0.69	0.56	0.27	0.85	0.77	0.48
			ปานกลาง	0.93	0.91	0.87	0.89	0.77	0.68	1.08	1.06	0.68
			สูง	0.92	0.82	0.42	0.80	0.98	0.52	1.08	0.91	0.64
		27-6-6	ต่ำ	0.67	0.61	0.50	0.62	0.59	0.44	0.60	0.79	0.60
			ปานกลาง	0.75	0.72	0.54	0.73	0.55	0.41	0.77	0.76	0.59
			สูง	0.57	0.59	0.29	0.59	0.63	0.43	1.04	1.00	0.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ร้อยละอินทรียวัตถุ								
				ก่อนปลูก			หลังปลูก 1 ปี			หลังปลูก 2 ปี		
				0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.82	0.69	0.38	0.69	0.62	0.42	0.69	0.72	0.54
			ปานกลาง	0.67	0.55	0.47	0.83	0.74	0.59	0.88	0.91	0.66
			สูง	0.69	0.78	0.42	0.55	0.55	0.28	0.74	0.67	0.39
		21-0-0	ต่ำ	0.73	0.56	0.34	0.55	0.51	0.35	0.80	0.69	0.43
			ปานกลาง	0.81	0.74	0.54	0.61	0.87	0.50	0.77	0.65	0.48
			สูง	0.76	0.65	0.42	0.67	0.98	0.40	0.80	1.14	0.68
		27-6-6	ต่ำ	1.03	0.86	0.38	0.89	0.90	0.40	1.03	0.86	0.65
			ปานกลาง	0.77	0.74	0.53	1.15	0.96	0.27	0.97	1.04	0.67
			สูง	0.47	0.38	0.28	0.95	1.08	0.59	1.17	0.98	0.58
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.83	0.77	0.37	0.72	0.70	0.48	0.84	0.85	0.73
			ปานกลาง	1.34	0.81	0.48	1.30	1.08	0.76	0.94	0.84	0.71
			สูง	0.75	0.69	0.55	0.88	0.69	0.46	1.01	0.77	0.72
		21-0-0	ต่ำ	0.90	0.78	0.48	0.61	0.66	0.43	0.67	0.68	0.62
			ปานกลาง	0.95	0.75	1.19	0.91	0.68	0.56	0.67	0.58	0.48
			สูง	1.04	0.79	1.23	0.99	0.89	0.43	0.66	0.74	0.49
		27-6-6	ต่ำ	0.74	0.73	0.68	0.72	0.70	0.53	0.64	0.67	0.49
			ปานกลาง	0.67	0.61	0.39	0.92	0.75	0.51	1.11	0.93	0.72
			สูง	0.78	0.66	0.51	1.22	0.55	0.34	0.72	0.71	0.40
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.70	0.76	0.60	0.91	0.74	0.49	1.02	0.86	0.54
			ปานกลาง	0.72	0.65	0.51	1.28	1.05	0.81	0.78	0.58	0.36
			สูง	0.75	0.56	0.41	0.67	1.31	1.07	0.95	0.66	0.56
		21-0-0	ต่ำ	0.65	0.70	0.57	0.95	1.01	0.53	0.72	0.69	0.48
			ปานกลาง	0.81	0.59	0.56	1.01	0.71	0.53	0.63	0.51	0.43
			สูง	0.79	0.81	0.58	0.96	0.83	0.59	0.81	0.70	0.46
		27-6-6	ต่ำ	0.71	0.67	0.63	0.75	0.64	0.45	0.84	0.78	0.55
			ปานกลาง	0.79	0.70	0.61	1.00	1.17	0.92	0.84	0.64	0.53
			สูง	0.80	0.75	0.49	0.78	1.01	0.81	0.77	0.81	0.37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและวิธีการปรับปรุงดินทำให้ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 0-5 และ 5-15 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 8)

ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.34-1.71 มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 19) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ 2) แปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ ส่วนร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 5-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.27-1.31 มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง ส่วนร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.12-1.46 ซึ่งมีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) โดยมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 9)

ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.37-1.46 ซึ่งมีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) โดยมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ ส่วนร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 5-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.31-1.15 ซึ่งมีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และ 2) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ ส่วนร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.96 ซึ่งมีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) โดยมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D10 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และ 2) แปลงสายต้น D10 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 9)

ร้อยละอินทรียวัตถุโดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงร้อยละอินทรียวัตถุทุกระดับความลึกของทุกปัจจัยการศึกษาโดยภาพรวมมีแนวโน้มไม่ชัดเจนตลอดการศึกษา สอดคล้องกับผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของราก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) พบว่า ซากพืชบนพื้นป่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา มีอยู่ในปริมาณน้อยจึงส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมอยู่น้อย และแม้ว่าในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา จะมีปริมาณซากพืชทับถมอยู่มากแต่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำเนื่องจากลักษณะซากพืชที่ย่อยสลายยาก การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ช่วงภายหลังปลูก 2 ปีนั้น ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดก็ตามแต่ยังคงมีค่าในระดับต่ำเป็นผลมาจากอินทรียวัตถุนั้นสูญเสียไปจากดินโดยการสลายตัว การพัดพาของน้ำและความร้อนจากแสงอาทิตย์

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยทำให้ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดินและอัตรการใส่ปุ๋ย ทำให้ร้อยละอินทรียวัตถุในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 8)

1.2.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ไนโตรเจนรวมในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.20-0.80 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมาก (very low) ถึงปานกลาง (medium) ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.15-0.85 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 10) มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 20) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและวิธีการปรับปรุงดิน ทำให้ไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 9)

ไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-1.25 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 20) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และ 2) แปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.13-1.43 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงสูง (high) (ตารางผนวกที่ 20) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ และ 2) แปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ไนโตรเจนรวมก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ไนโตรเจนรวม (ก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.20	0.15	0.58	0.43	0.25	0.20
			ปานกลาง	0.28	0.33	0.68	0.55	0.35	0.20
			สูง	0.28	0.18	0.55	0.48	0.40	0.20
		21-0-0	ต่ำ	0.28	0.25	0.60	0.65	0.30	0.30
			ปานกลาง	0.30	0.15	0.48	0.50	0.25	0.20
			สูง	0.28	0.15	0.60	0.55	0.25	0.25
		27-6-6	ต่ำ	0.38	0.25	0.63	0.60	0.35	0.25
			ปานกลาง	0.33	0.20	0.73	0.50	0.35	0.25
			สูง	0.23	0.18	0.40	0.60	0.25	0.20
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	0.53	0.55	0.85	0.73	0.35	0.40
			ปานกลาง	0.43	0.38	0.98	0.68	0.75	0.55
			สูง	0.48	0.48	0.73	0.90	0.55	0.50
		21-0-0	ต่ำ	0.55	0.40	0.63	0.55	0.50	0.40
			ปานกลาง	0.55	0.43	0.78	0.65	0.35	0.35
			สูง	0.43	0.38	1.18	0.75	0.60	0.50
		27-6-6	ต่ำ	0.40	0.45	0.65	0.58	0.40	0.40
			ปานกลาง	0.45	0.43	1.18	0.90	0.80	0.55
			สูง	0.48	0.28	1.15	0.88	0.70	0.60
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.35	0.40	0.33	0.40	0.25	0.25
			ปานกลาง	0.48	0.33	0.48	0.23	0.30	0.25
			สูง	0.60	0.65	0.48	0.28	0.40	0.30
		21-0-0	ต่ำ	0.65	0.63	0.48	0.38	0.30	0.25
			ปานกลาง	0.53	0.40	0.53	0.38	0.45	0.25
			สูง	0.75	0.50	0.45	0.28	0.25	0.30
		27-6-6	ต่ำ	0.60	0.53	0.45	0.30	0.25	0.20
			ปานกลาง	0.38	0.45	0.58	0.28	0.35	0.30
			สูง	0.68	0.40	0.43	0.20	0.25	0.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ไนโตรเจนรวม (ก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.35	0.33	0.40	0.48	0.35	0.40
			ปานกลาง	0.28	0.23	0.30	0.28	0.40	0.35
			สูง	0.40	0.33	0.40	0.28	0.35	0.30
		21-0-0	ต่ำ	0.28	0.23	0.45	0.38	0.35	0.30
			ปานกลาง	0.30	0.30	0.55	0.43	0.50	0.35
			สูง	0.63	0.40	0.53	0.50	0.40	0.35
		27-6-6	ต่ำ	0.40	0.43	0.35	0.33	0.45	0.30
			ปานกลาง	0.30	0.23	0.38	0.28	0.35	0.35
			สูง	0.28	0.28	0.53	0.45	0.35	0.30
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	0.35	0.63	0.78	0.65	0.20	0.15
			ปานกลาง	0.28	0.28	0.58	0.53	0.15	0.20
			สูง	0.43	0.40	0.88	0.60	0.45	0.50
		21-0-0	ต่ำ	0.60	0.53	0.90	0.73	0.45	0.30
			ปานกลาง	0.30	0.23	0.63	0.48	0.15	0.10
			สูง	0.35	0.28	0.70	0.55	0.25	0.20
		27-6-6	ต่ำ	0.40	0.33	0.63	0.63	0.15	0.10
			ปานกลาง	0.50	0.45	0.83	0.73	0.25	0.15
			สูง	0.33	0.25	1.00	0.75	0.45	0.35
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.70	0.40	1.25	1.28	0.40	0.30
			ปานกลาง	0.35	0.45	0.95	0.93	0.55	0.40
			สูง	0.35	0.30	1.13	0.95	0.50	0.45
		21-0-0	ต่ำ	0.35	0.30	0.88	0.90	0.50	0.30
			ปานกลาง	0.53	0.48	0.98	1.08	0.65	0.50
			สูง	0.40	0.28	1.10	1.25	0.50	0.45
		27-6-6	ต่ำ	0.35	0.35	1.03	1.43	0.40	0.40
			ปานกลาง	0.43	0.50	1.03	1.33	0.50	0.40
			สูง	0.50	0.35	0.88	1.05	0.45	0.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ไนโตรเจนรวม (ก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	0.68	0.75	0.58	0.33	0.35	0.35
			ปานกลาง	0.63	0.65	0.65	0.53	0.60	0.45
			สูง	0.80	0.55	0.25	0.15	0.45	0.40
		21-0-0	ต่ำ	0.55	0.50	1.13	1.00	0.35	0.40
			ปานกลาง	0.78	0.85	0.53	0.48	0.40	0.40
			สูง	0.63	0.58	0.25	0.13	0.50	0.40
		27-6-6	ต่ำ	0.75	0.68	0.30	0.13	0.55	0.55
			ปานกลาง	0.70	0.75	0.85	0.53	0.60	0.45
			สูง	0.53	0.53	0.68	0.63	0.55	0.45
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	0.48	0.43	0.48	0.38	0.30	0.25
			ปานกลาง	0.68	0.65	0.60	0.25	0.45	0.35
			สูง	0.43	0.43	0.48	0.38	0.40	0.30
		21-0-0	ต่ำ	0.75	0.48	0.50	0.63	0.35	0.30
			ปานกลาง	0.48	0.48	0.45	0.63	0.30	0.30
			สูง	0.50	0.40	0.43	0.28	0.35	0.25
		27-6-6	ต่ำ	0.48	0.55	0.35	0.35	0.35	0.30
			ปานกลาง	0.40	0.45	0.50	0.73	0.40	0.35
			สูง	0.55	0.48	0.53	0.38	0.40	0.25
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	0.33	0.33	0.53	0.35	0.40	0.30
			ปานกลาง	0.35	0.25	0.55	0.35	0.35	0.25
			สูง	0.33	0.23	0.55	0.48	0.40	0.30
		21-0-0	ต่ำ	0.30	0.28	0.40	0.30	0.35	0.25
			ปานกลาง	0.38	0.33	0.55	0.58	0.45	0.20
			สูง	0.38	0.33	0.40	0.40	0.40	0.35
		27-6-6	ต่ำ	0.33	0.25	0.60	0.45	0.25	0.30
			ปานกลาง	0.38	0.33	0.45	0.43	0.35	0.30
			สูง	0.35	0.28	0.45	0.40	0.50	0.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 0.15-0.80 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 20) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุด 3 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง 2) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง 3) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.60 มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (low) (ตารางผนวกที่ 20) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง และ 2) แปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 10)

ไนโตรเจนรวมโดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนรวมในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี โดยภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลง ปริมาณไนโตรเจนรวมในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี และ 2 ปี มีค่าสูงสุดในแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยไมยราบไร้หนามและปุ๋ยอินทรีย์ ตามลำดับ ซึ่งไนโตรเจนในธรรมชาติเป็นธาตุที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุและการตรึงไนโตรเจนในอากาศของแบคทีเรียซึ่งอาศัยอยู่กับพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ไมยราบไร้หนามซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งที่สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ การปรับปรุงดินทั้งการเติมปุ๋ยอินทรีย์และการปลูกไมยราบไร้หนามเป็นการเพิ่มไนโตรเจนในดินให้มีค่าสูงสุดในผลการศึกษานี้ ผลการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาและแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) พบว่า แม้ว่าปริมาณซากพืชในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาจะมีสูงกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา แต่มีลักษณะยากต่อการย่อยสลายทำให้พื้นป่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมอยู่น้อยส่งผลให้มีไนโตรเจนรวมในดินอยู่น้อย ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และใส่ในอัตราปานกลางและสูง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เป็นผลมาจากปุ๋ยสูตรดังกล่าวนั้นมีสัดส่วนไนโตรเจนสูงที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยในปริมาณมากนั้นก็เป็นการเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินด้วย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอิทธิพลร่วมของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยทำให้ไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และทำให้ไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 2.45-12.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (very low) ถึงปานกลาง (medium) ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.62-15.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 11) มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (moderately high) (ตารางผนวกที่ 19) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า สายต้นยูคาลิปตัสทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 10)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 1.56-20.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (ตารางผนวกที่ 19) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.58-15.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (ตารางผนวกที่ 19) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 11)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 1.72-28.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงสูง (high) (ตารางผนวกที่ 19) มีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.58-18.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (ตารางผนวกที่ 19) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 11)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยภาพรวมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนตลอดการศึกษา ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของการศึกษาครั้งนี้มีความแปรผันอย่างมาก ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่ได้จากวัตถุต้นกำเนิดดินทั้งที่เป็นอินทรียสารและอนินทรียสาร ซึ่งการที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำนั้น เป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบอย่างดินทรายซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อย ความมากน้อยของการชะละลาย การใช้ประโยชน์ที่ดิน และค่าพีเอชของดินสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งจะทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงให้อยู่ในรูปสารประกอบของเหล็กและอลูมิเนียมที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช อย่างไรก็ตามการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดทั้ง 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.20	3.69	4.01	4.91	4.25	2.54
			ปานกลาง	6.28	4.42	6.32	4.36	7.66	4.34
			สูง	4.84	3.34	4.68	3.49	2.39	1.83
		21-0-0	ต่ำ	6.07	2.83	8.86	9.27	6.97	6.25
			ปานกลาง	5.04	4.98	2.93	2.68	3.96	3.44
			สูง	5.23	3.82	4.24	4.99	4.37	4.39
		27-6-6	ต่ำ	8.40	8.67	4.54	4.00	4.03	2.76
			ปานกลาง	5.40	3.02	3.34	2.49	4.69	4.12
			สูง	3.74	4.00	3.35	3.51	3.97	3.32
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	2.88	1.68	3.05	2.05	2.79	2.49
			ปานกลาง	3.67	1.73	4.07	2.28	3.84	2.11
			สูง	6.72	2.30	4.75	2.59	2.56	2.06
		21-0-0	ต่ำ	7.01	2.62	9.51	2.73	3.85	2.68
			ปานกลาง	4.77	2.07	6.66	2.62	3.67	3.13
			สูง	3.65	1.64	6.88	2.32	5.94	2.66
		27-6-6	ต่ำ	3.10	1.89	5.01	2.52	2.75	2.53
			ปานกลาง	8.93	3.40	3.64	2.56	5.13	2.50
			สูง	5.14	1.93	20.45	5.57	14.04	6.72
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	5.72	5.42	2.28	4.04	3.22	3.23
			ปานกลาง	4.75	3.79	4.49	3.36	3.30	2.18
			สูง	5.07	4.55	2.07	1.68	5.10	4.05
		21-0-0	ต่ำ	4.11	3.36	2.42	1.89	2.80	2.48
			ปานกลาง	5.06	2.98	17.71	5.38	28.22	14.60
			สูง	11.93	6.66	3.88	3.20	3.69	2.85
		27-6-6	ต่ำ	4.26	4.52	2.03	1.96	2.29	1.89
			ปานกลาง	4.24	2.59	5.89	2.53	2.69	2.57
			สูง	4.12	2.24	2.10	2.10	3.99	2.79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.17	2.44	3.97	2.38	3.72	2.46
			ปานกลาง	4.31	2.43	3.85	2.35	3.44	2.43
			สูง	5.28	2.82	2.81	1.75	3.20	2.24
		21-0-0	ต่ำ	5.46	2.50	4.00	2.80	3.31	2.61
			ปานกลาง	4.59	1.85	4.81	3.86	3.90	2.64
			สูง	4.49	2.18	4.71	3.65	3.81	2.85
		27-6-6	ต่ำ	4.73	2.50	6.34	3.59	3.90	2.25
			ปานกลาง	4.54	2.56	3.48	2.48	2.56	1.99
			สูง	2.45	2.07	3.87	2.90	2.50	1.99
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	3.29	2.56	5.59	3.91	3.51	2.96
			ปานกลาง	4.21	2.68	8.98	2.72	2.72	2.97
			สูง	5.53	3.59	12.93	12.54	15.30	12.75
		21-0-0	ต่ำ	3.35	2.51	15.88	15.09	17.03	4.56
			ปานกลาง	3.79	3.26	5.25	2.39	3.18	2.76
			สูง	4.21	2.84	4.85	3.43	1.72	3.07
		27-6-6	ต่ำ	4.23	2.95	3.29	2.33	2.86	2.74
			ปานกลาง	4.63	3.15	14.32	13.72	6.27	6.90
			สูง	6.31	3.29	8.98	6.29	10.33	5.58
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	3.43	1.62	2.82	2.10	3.30	1.90
			ปานกลาง	3.06	1.63	2.14	2.15	3.29	1.86
			สูง	2.72	1.63	2.73	1.94	2.90	2.47
		21-0-0	ต่ำ	4.50	2.01	2.18	1.98	2.67	2.44
			ปานกลาง	2.83	7.67	2.48	1.96	2.70	2.87
			สูง	3.29	2.43	2.62	1.89	2.50	2.60
		27-6-6	ต่ำ	4.13	2.10	3.13	2.42	3.01	2.30
			ปานกลาง	3.01	1.93	1.56	1.58	2.42	1.58
			สูง	3.31	2.22	1.91	1.68	2.90	2.28

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.91	2.77	2.53	2.44	4.42	2.73
			ปานกลาง	4.45	2.56	7.97	13.80	8.64	8.01
			สูง	6.42	2.95	7.25	8.45	9.94	18.25
		21-0-0	ต่ำ	12.11	12.56	2.95	3.77	3.36	3.17
			ปานกลาง	7.94	6.76	4.83	6.23	5.56	5.44
			สูง	4.77	2.91	6.60	3.28	6.49	5.42
		27-6-6	ต่ำ	4.43	2.50	2.85	2.21	5.16	14.05
			ปานกลาง	4.44	15.28	5.93	2.66	7.42	5.29
			สูง	4.14	2.25	4.96	7.36	5.81	4.46
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	6.54	5.27	4.02	3.40	4.16	2.68
			ปานกลาง	4.31	2.64	3.58	2.58	4.61	3.39
			สูง	4.09	3.38	8.58	3.20	4.32	3.51
		21-0-0	ต่ำ	3.19	4.94	3.27	2.74	3.40	3.33
			ปานกลาง	4.26	3.31	5.44	2.74	4.31	3.03
			สูง	5.23	3.24	6.72	2.28	4.90	3.99
		27-6-6	ต่ำ	3.60	5.03	6.26	4.09	6.59	5.15
			ปานกลาง	4.82	5.83	3.89	2.47	3.78	2.52
			สูง	6.18	3.27	4.53	4.87	4.35	3.43
	ไม่ราดไร่หนาม	15-15-15	ต่ำ	4.43	9.46	7.10	5.28	4.36	5.19
			ปานกลาง	5.81	4.84	3.46	3.98	3.40	4.44
			สูง	5.29	2.76	3.24	3.06	4.16	4.40
		21-0-0	ต่ำ	4.21	3.34	2.85	2.79	4.00	2.81
			ปานกลาง	6.61	4.97	3.55	3.70	3.02	3.51
			สูง	4.25	2.37	2.37	5.27	2.91	3.00
		27-6-6	ต่ำ	5.62	3.31	2.93	3.23	2.88	2.70
			ปานกลาง	6.43	7.44	4.27	4.91	5.83	3.31
			สูง	6.95	7.87	3.65	2.79	3.46	4.06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับความลึก ส่วนสูตรปุ๋ยทั้ง 3 สูตรและอัตราการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 อัตรานั้นไม่มีแนวโน้มในการเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อย่างชัดเจน การศึกษาผลของปูนขาวและปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในดินชุดน้ำพองของ สุชีลา (2531) พบว่า ฟอสฟอรัสในสารละลายดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) เพิ่มขึ้น โดยที่การใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมนั้น ทำให้ดินมีอนุมูลฟอสเฟตในดินเพิ่มขึ้นมากกว่า 1,400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเกิดจากส่วนเกินของปฏิกิริยาตกตะกอนกับแคตไอออนอิสระในดิน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของปัจจัยการศึกษาไม่ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 10)

1.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 5.95-40.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมาก (very low) ถึงต่ำ (low) ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 5.36-37.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 12) มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและวิธีการปรับปรุงดิน ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวยังทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 11)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรในช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 6.19-56.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.13-54.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง (ตารางที่ 12)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูกยูคาลิปตัส 2 ปี มีค่าในช่วง 7.14-57.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 5.38-81.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	11.86	9.59	13.75	10.56	14.28	23.36
			ปานกลาง	20.53	9.23	8.71	5.60	13.35	5.38
			สูง	9.66	8.35	14.55	6.61	12.28	8.04
		21-0-0	ต่ำ	16.09	10.46	11.04	6.64	8.47	7.33
			ปานกลาง	9.76	8.61	8.06	6.47	7.14	9.30
			สูง	8.45	8.46	14.78	11.31	9.86	8.09
		27-6-6	ต่ำ	15.62	8.95	8.68	8.52	26.11	7.52
			ปานกลาง	13.18	7.58	13.68	9.09	12.52	7.09
			สูง	9.03	9.46	7.10	4.13	12.20	13.08
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	21.27	15.75	10.88	15.66	13.57	9.17
			ปานกลาง	33.14	19.60	27.64	34.10	32.32	30.22
			สูง	23.83	25.77	17.35	14.39	18.52	15.24
		21-0-0	ต่ำ	30.72	21.30	14.80	13.70	15.45	10.98
			ปานกลาง	21.94	16.18	13.09	11.25	14.11	8.15
			สูง	18.84	20.52	11.10	9.05	23.08	14.18
		27-6-6	ต่ำ	30.55	21.60	15.99	9.94	11.98	8.65
			ปานกลาง	18.50	32.00	26.40	26.26	25.27	13.20
			สูง	30.34	18.97	15.54	14.02	20.64	13.89
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	11.35	10.29	8.12	7.73	16.26	10.43
			ปานกลาง	11.44	12.45	17.84	16.63	16.61	12.40
			สูง	12.32	20.90	22.38	10.26	20.97	14.91
		21-0-0	ต่ำ	8.59	10.13	12.05	11.74	15.74	8.59
			ปานกลาง	8.78	8.36	16.76	10.48	24.24	13.23
			สูง	40.35	37.90	13.42	10.14	16.23	11.09
		27-6-6	ต่ำ	7.03	7.48	7.00	7.80	11.31	7.30
			ปานกลาง	10.97	13.22	22.14	17.34	15.67	12.77
			สูง	8.05	10.85	10.43	9.98	11.50	11.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	11.74	9.37	10.74	9.49	10.04	8.01
			ปานกลาง	12.12	9.90	13.30	9.16	15.40	7.09
			สูง	13.28	9.74	14.86	9.95	11.24	7.13
		21-0-0	ต่ำ	12.61	11.06	11.25	8.85	19.34	69.19
			ปานกลาง	13.00	8.40	22.99	15.02	12.30	8.83
			สูง	18.30	8.83	11.82	9.20	14.01	8.42
		27-6-6	ต่ำ	18.09	11.68	23.31	10.35	11.29	7.00
			ปานกลาง	10.99	7.48	8.50	7.14	9.39	7.92
			สูง	12.67	11.37	9.68	10.15	12.12	7.04
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	15.01	17.70	15.51	13.31	15.30	11.11
			ปานกลาง	5.95	7.80	14.28	12.77	27.82	9.01
			สูง	9.05	10.37	20.21	29.30	24.74	17.76
		21-0-0	ต่ำ	9.91	10.76	37.19	46.91	32.20	38.13
			ปานกลาง	7.49	9.83	12.68	9.69	18.62	12.14
			สูง	7.94	8.33	8.32	6.23	13.12	9.60
		27-6-6	ต่ำ	8.80	8.14	8.93	8.57	12.97	9.20
			ปานกลาง	9.38	9.29	14.48	14.15	16.32	9.07
			สูง	10.13	11.62	56.82	54.97	57.25	81.50
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	16.74	13.11	12.69	15.02	19.31	13.84
			ปานกลาง	11.86	11.36	13.21	12.14	17.33	11.01
			สูง	12.88	9.06	14.28	11.10	13.93	13.51
		21-0-0	ต่ำ	20.25	13.29	10.56	9.80	13.80	8.30
			ปานกลาง	20.12	12.64	26.33	19.36	35.98	33.78
			สูง	18.01	15.00	15.89	16.18	15.90	13.18
		27-6-6	ต่ำ	12.27	9.74	19.27	14.65	15.49	10.55
			ปานกลาง	13.62	11.54	10.57	10.01	16.66	9.45
			สูง	21.76	13.03	12.38	12.63	23.10	11.63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	19.17	11.54	10.35	10.73	12.48	9.04
			ปานกลาง	14.44	16.64	13.06	15.51	18.68	11.24
			สูง	22.99	22.29	22.47	17.79	18.48	12.11
		21-0-0	ต่ำ	17.34	15.83	13.91	17.45	11.32	12.59
			ปานกลาง	23.71	18.16	49.71	43.02	15.82	11.04
			สูง	17.75	18.49	25.40	37.21	17.72	16.16
		27-6-6	ต่ำ	26.12	20.63	14.85	18.91	22.76	30.78
			ปานกลาง	23.82	25.30	21.31	20.41	23.02	16.84
			สูง	9.59	8.52	39.00	30.24	24.51	26.43
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	8.83	7.05	8.98	9.40	8.76	6.42
			ปานกลาง	20.91	10.80	14.64	14.28	16.98	9.54
			สูง	12.49	7.45	18.43	13.31	11.55	9.88
		21-0-0	ต่ำ	11.17	8.03	15.96	9.90	9.78	8.44
			ปานกลาง	12.79	8.31	28.51	13.24	12.31	8.10
			สูง	10.57	5.81	12.13	9.60	18.47	7.58
		27-6-6	ต่ำ	25.99	20.86	11.64	10.39	10.62	6.81
			ปานกลาง	12.66	12.04	23.28	19.84	27.31	15.06
			สูง	21.04	9.87	15.19	13.18	14.68	8.35
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	11.81	8.94	8.01	7.25	9.80	6.45
			ปานกลาง	10.13	6.40	7.35	6.47	8.53	7.72
			สูง	10.53	7.36	7.06	8.18	11.32	7.72
		21-0-0	ต่ำ	7.01	5.36	6.19	4.99	7.44	6.04
			ปานกลาง	24.32	13.13	15.49	18.56	9.11	8.21
			สูง	11.78	9.66	8.45	7.51	12.83	7.68
		27-6-6	ต่ำ	8.25	5.78	12.14	7.30	20.48	9.84
			ปานกลาง	10.54	9.72	31.67	13.79	27.05	12.61
			สูง	10.43	8.81	12.77	10.61	9.83	6.63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 12)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มไม่ชัดเจน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าสูงสุดในแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ แปลงที่ใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และใส่ปุ๋ยในอัตราสูง เปรียบเทียบกับผลการศึกษาการเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดินของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 2 ปี ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ของ ณัฐวุฒิ (2548) พบว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าไม่แตกต่างกันภายใต้กระบวนการเจริญทดแทนที่ต่างกัน และมีค่าอยู่ในช่วง 2.59-49.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าในช่วงใกล้เคียงกันกับผลการศึกษานี้ที่มีโพแทสเซียมในระดับต่ำโดยภาพรวม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากพีเอชของดินมีค่าความเป็นกรดสูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมมีค่าต่ำ การสูญเสียโพแทสเซียมไปกับการชะละลายของน้ำ ซึ่งในดินเนื้อหยาบนั้นมีความสามารถในการดูดยึดสารอาหารต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด ซึ่งส่งผลทำให้ดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณต่ำ การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้สูง และการสลายตัวของอินทรียวัตถุก็จะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาบางส่วน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลร่วมระหว่างสายต้นยูคาลิปตัสและวิธีการปรับปรุงดิน ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 11)

1.2.6 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 15.91-467.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 10.51-1,088.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 13) มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 19) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า ทุกปัจจัยการศึกษาไม่ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 12)

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 20.49-330.98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	88.23	129.97	106.12	98.10	102.75	140.26
			ปานกลาง	34.94	30.24	65.83	36.01	69.75	60.91
			สูง	49.16	58.98	59.38	42.66	74.03	51.34
		21-0-0	ต่ำ	68.61	57.83	32.88	20.72	26.62	36.95
			ปานกลาง	69.30	40.15	34.36	31.95	49.17	42.79
			สูง	41.94	57.53	150.90	115.52	130.10	131.30
		27-6-6	ต่ำ	133.07	302.46	102.90	98.26	122.51	95.62
			ปานกลาง	64.15	64.82	122.97	89.67	116.82	96.74
			สูง	46.15	102.73	26.77	18.51	44.10	25.70
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	86.51	189.11	28.88	31.87	45.43	41.54
			ปานกลาง	126.24	107.26	237.48	124.13	288.45	242.97
			สูง	147.18	124.69	158.82	77.77	118.97	127.08
		21-0-0	ต่ำ	213.09	203.46	121.84	56.72	122.25	72.57
			ปานกลาง	173.80	99.45	56.43	17.65	71.15	23.70
			สูง	70.52	61.15	210.36	127.05	276.66	222.32
		27-6-6	ต่ำ	54.73	56.53	101.92	77.17	82.00	84.12
			ปานกลาง	123.57	67.24	230.02	145.65	469.93	147.86
			สูง	142.16	61.24	330.98	153.60	297.45	178.22
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	27.01	14.68	27.19	23.17	52.36	26.72
			ปานกลาง	39.11	41.49	23.72	16.77	51.10	22.80
			สูง	22.36	41.12	25.41	18.46	79.78	50.37
		21-0-0	ต่ำ	32.52	23.14	21.22	16.34	29.38	25.01
			ปานกลาง	42.24	14.46	154.52	94.51	313.24	198.94
			สูง	127.23	31.51	40.06	17.98	71.41	22.31
		27-6-6	ต่ำ	22.82	13.51	24.01	17.41	30.30	23.86
			ปานกลาง	32.71	16.81	94.53	53.89	54.26	44.45
			สูง	38.16	22.95	25.84	17.73	24.65	18.68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	49.78	26.59	48.03	59.15	68.06	62.14
			ปานกลาง	37.47	27.80	44.25	36.02	48.63	26.21
			สูง	175.14	243.22	97.91	93.78	86.33	90.85
		21-0-0	ต่ำ	68.86	38.55	59.94	48.52	60.44	53.33
			ปานกลาง	47.84	33.00	116.02	110.10	96.88	58.88
			สูง	100.45	35.91	39.86	25.94	64.85	30.11
		27-6-6	ต่ำ	84.18	36.22	70.03	58.87	66.58	54.91
			ปานกลาง	46.67	11.51	40.94	18.90	51.25	25.73
			สูง	73.93	44.26	48.33	63.37	56.67	31.92
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	68.52	71.07	73.18	43.11	60.86	39.47
			ปานกลาง	25.64	17.92	81.81	18.66	62.69	31.60
			สูง	42.03	23.09	202.46	110.06	301.94	225.29
		21-0-0	ต่ำ	38.36	41.70	196.86	145.70	264.26	133.85
			ปานกลาง	42.47	41.91	64.46	35.14	73.49	44.89
			สูง	43.15	29.58	66.53	22.72	56.29	42.76
		27-6-6	ต่ำ	37.93	15.81	62.32	31.70	52.41	41.85
			ปานกลาง	39.67	25.73	156.92	146.96	140.38	106.34
			สูง	42.77	37.88	290.36	155.34	730.69	622.89
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	93.56	61.77	48.15	31.54	83.00	33.72
			ปานกลาง	64.86	81.17	133.00	185.51	158.50	155.44
			สูง	52.53	55.54	34.87	45.38	66.80	53.02
		21-0-0	ต่ำ	24.81	35.42	29.43	22.60	78.21	23.24
			ปานกลาง	219.55	1088.30	162.56	136.22	672.33	1006.60
			สูง	69.06	56.67	68.91	78.61	123.96	64.91
		27-6-6	ต่ำ	83.83	106.84	101.32	65.29	89.13	63.56
			ปานกลาง	66.10	99.14	51.65	65.07	92.68	101.60
			สูง	48.69	24.93	31.52	27.04	77.12	44.91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	80.32	93.59	75.29	59.87	66.82	63.75
			ปานกลาง	92.77	55.53	90.91	98.40	157.95	112.42
			สูง	50.12	50.69	49.44	48.80	103.64	70.39
		21-0-0	ต่ำ	66.00	45.26	79.25	419.47	55.44	152.78
			ปานกลาง	467.02	769.22	327.24	555.98	95.03	120.04
			สูง	36.01	43.46	109.96	70.92	169.15	133.80
		27-6-6	ต่ำ	131.19	76.20	147.85	109.76	208.95	186.31
			ปานกลาง	126.71	105.26	155.58	84.68	177.76	179.03
			สูง	15.91	13.34	165.56	137.86	184.50	176.42
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	40.64	31.01	110.72	95.60	85.19	74.87
			ปานกลาง	66.03	35.46	126.60	107.49	162.25	149.45
			สูง	48.50	49.51	154.06	49.63	105.53	50.50
		21-0-0	ต่ำ	146.16	144.40	73.74	79.21	63.95	45.94
			ปานกลาง	47.69	61.39	72.93	62.50	76.23	65.09
			สูง	52.84	47.53	134.85	35.58	73.26	38.57
		27-6-6	ต่ำ	181.78	181.45	71.84	38.58	103.30	81.87
			ปานกลาง	29.05	28.96	195.31	326.16	227.73	286.23
			สูง	159.11	154.24	121.76	79.58	123.17	84.72
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	107.40	163.05	173.73	100.09	122.96	80.24
			ปานกลาง	30.42	10.51	20.49	17.19	25.03	27.29
			สูง	38.72	10.65	38.95	34.66	54.03	31.42
		21-0-0	ต่ำ	83.80	141.50	31.27	20.37	56.43	34.10
			ปานกลาง	186.37	87.02	58.92	43.05	67.05	42.66
			สูง	74.60	70.43	43.52	35.35	80.12	36.69
		27-6-6	ต่ำ	48.11	39.76	51.68	68.70	90.01	67.97
			ปานกลาง	58.75	65.18	248.48	101.36	242.42	103.96
			สูง	40.36	16.53	88.26	63.87	79.93	43.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 16.34-555.98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 13)

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 24.65-730.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 18.68-1,006.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไมยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง (ตารางที่ 13)

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ยกเว้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรโดยภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงภายหลังปลูก 2 ปี แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีอยู่ในระดับต่ำนั้นเป็นผลมาจากดินมีค่าพีเอชต่ำ (ความเป็นกรดสูง) ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำและเนื้อดินในพื้นที่ศึกษามีอนุภาคทรายเป็นส่วนประกอบในสัดส่วนที่สูง ทำให้สารอาหารต่างๆ ถูกชะละลายได้ง่าย การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีแนวโน้มทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่าสูงที่สุดตลอดการศึกษา เป็นผลมาจากคุณสมบัติของอินทรียวัตถุที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงช่วยลดการสูญเสียสารอาหารต่างๆ จากดินได้ จากการศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา และแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) พบว่า แม้ว่าทั้ง 2 แปลงจะมีปริมาณอินทรียวัตถุที่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ใกล้เคียงกันซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของดิน การใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และใส่ปุ๋ยในอัตราสูง ส่งผลให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่าสูงที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 และใส่ปุ๋ยในอัตราปานกลาง ส่งผลให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงที่สุด การศึกษาผลของปูนขาวและปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในดินชุดน้ำพองของ สุชีลา (2531) พบว่า การใส่ปูนขาวทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนขาวที่ใส่ ส่วนการใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) ทำให้ดินมีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตามปริมาณปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้น ขณะที่การใส่ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟตนั้น ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟตจนถึงระดับหนึ่ง (ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าลดลงเป็นผลจากอนุมูลฟอสเฟตเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ Ca^{2+} จากปูนขาวอยู่ในดิน ซึ่งทำให้ Ca^{2+} ในสารละลายดินลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ ทุกปัจจัยการศึกษาไม่ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 12)

1.2.7 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงก่อนปลูกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 2.84-36.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.76-35.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 14) มีค่าในระดับต่ำมาก (ตารางผนวกที่ 19) ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า ทุกปัจจัยการศึกษาไม่ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 13)

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 2.73-59.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.66-67.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 14)

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีค่าอยู่ในช่วง 4.24-54.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.31-67.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ตารางผนวกที่ 19) และมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D10 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราปานกลาง (ตารางที่ 14)

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยภาพรวมมีแนวโน้มไม่ชัดเจน แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำนั้นเป็นผลมาจากดินมีค่าพีเอชต่ำ (ความเป็นกรดสูง) และเนื้อดินในพื้นที่ศึกษามีอนุภาคทรายเป็นส่วนประกอบในสัดส่วนที่สูง ทำให้สารอาหารต่างๆ ถูกชะละลายได้ง่าย โดยภาพรวมการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ การใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 และใส่ในอัตราสูง ส่งผลให้ดินมีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด การศึกษาผลของปูนขาวและปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ปัจจัยการศึกษา				แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	13.57	9.71	11.59	10.15	12.78	15.43
			ปานกลาง	9.48	5.82	7.97	7.11	12.47	6.82
			สูง	9.29	7.01	9.00	9.67	11.71	8.33
		21-0-0	ต่ำ	19.45	11.11	8.47	4.47	4.87	5.15
			ปานกลาง	7.44	5.49	6.17	5.77	8.46	5.73
			สูง	8.76	8.11	18.28	13.28	13.67	10.50
		27-6-6	ต่ำ	16.10	9.70	12.75	11.79	18.58	8.76
			ปานกลาง	11.77	7.54	16.29	11.56	17.46	10.18
			สูง	9.17	10.93	4.55	3.49	6.71	4.70
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	17.11	18.29	6.20	6.74	7.89	5.73
			ปานกลาง	24.45	13.96	38.93	30.04	36.92	34.65
			สูง	23.33	15.82	20.04	16.34	15.34	15.19
		21-0-0	ต่ำ	36.26	31.91	14.73	10.75	17.15	10.53
			ปานกลาง	20.56	12.24	8.56	4.60	9.72	4.41
			สูง	12.46	13.21	26.83	18.93	24.28	14.62
		27-6-6	ต่ำ	12.30	11.12	17.59	10.92	13.48	11.32
			ปานกลาง	12.53	11.51	28.35	21.31	31.00	16.72
			สูง	18.90	15.57	46.49	36.16	33.04	23.11
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	4.01	3.93	2.73	3.17	8.33	4.00
			ปานกลาง	6.72	6.32	3.74	2.84	8.69	2.31
			สูง	6.15	9.58	5.07	3.54	9.96	5.39
		21-0-0	ต่ำ	4.45	4.59	3.77	2.86	5.42	3.00
			ปานกลาง	8.56	2.27	12.07	11.37	23.03	9.80
			สูง	14.57	5.53	7.79	2.84	12.14	2.92
		27-6-6	ต่ำ	3.58	3.09	3.06	2.82	5.67	2.92
			ปานกลาง	7.75	3.96	11.31	10.30	9.02	4.79
			สูง	8.12	3.11	3.82	3.39	4.24	2.62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	8.65	4.36	8.61	9.13	9.65	8.22
			ปานกลาง	8.86	4.28	8.91	6.35	10.55	3.87
			สูง	15.94	20.19	13.96	16.18	12.29	8.06
		21-0-0	ต่ำ	13.40	5.74	10.36	8.11	9.85	7.86
			ปานกลาง	10.19	4.68	16.38	19.45	12.50	7.53
			สูง	21.60	5.16	7.67	4.85	12.20	6.02
		27-6-6	ต่ำ	14.80	4.01	13.59	10.51	9.87	4.75
			ปานกลาง	9.13	3.60	6.15	3.50	9.74	3.79
			สูง	11.75	5.71	7.29	9.51	9.72	4.78
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	11.09	13.84	6.80	5.16	6.00	3.25
			ปานกลาง	5.40	4.00	7.58	3.60	7.66	3.08
			สูง	9.03	5.07	25.92	18.40	24.44	18.29
		21-0-0	ต่ำ	6.53	7.14	26.77	20.81	28.12	14.68
			ปานกลาง	6.02	7.47	8.31	7.29	7.59	8.54
			สูง	6.62	4.66	4.93	3.33	5.87	3.46
		27-6-6	ต่ำ	7.21	3.21	7.14	6.25	7.14	6.56
			ปานกลาง	8.35	4.39	17.18	13.02	12.91	7.88
			สูง	6.50	6.09	59.11	47.85	54.77	67.34
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	22.20	12.05	11.85	8.60	15.35	5.89
			ปานกลาง	16.59	15.23	17.46	18.44	16.99	11.74
			สูง	11.54	12.47	7.76	10.39	11.07	7.56
		21-0-0	ต่ำ	7.98	9.25	7.47	5.71	17.16	3.54
			ปานกลาง	26.08	35.61	20.59	21.13	31.90	44.68
			สูง	13.20	12.05	13.88	16.75	20.48	9.34
		27-6-6	ต่ำ	16.66	13.91	15.71	12.63	14.27	8.28
			ปานกลาง	14.10	15.09	12.82	12.61	17.15	15.11
			สูง	11.54	5.99	6.87	5.71	13.35	6.04

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)					
				ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
				0-5	15-30	0-5	15-30	0-5	15-30
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	12.36	15.04	7.19	8.04	8.31	6.36
			ปานกลาง	9.74	7.10	13.37	13.17	22.05	11.50
			สูง	13.36	7.18	7.73	7.84	14.24	9.44
		21-0-0	ต่ำ	9.65	7.83	10.18	22.42	7.43	11.52
			ปานกลาง	27.63	35.48	33.92	67.33	13.43	12.94
			สูง	8.33	7.56	19.79	17.87	15.75	14.14
		27-6-6	ต่ำ	14.34	11.21	19.77	16.03	22.04	23.07
			ปานกลาง	17.77	16.15	21.69	12.14	22.43	17.23
			สูง	2.84	2.45	22.26	18.34	23.52	19.84
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	6.90	7.53	13.79	13.41	12.35	9.41
			ปานกลาง	17.37	7.04	20.31	18.78	28.12	19.51
			สูง	8.65	9.46	18.05	6.88	17.26	7.30
		21-0-0	ต่ำ	19.23	14.08	10.70	13.96	9.76	6.85
			ปานกลาง	13.26	10.69	15.57	13.04	15.72	10.00
			สูง	11.75	8.41	16.47	7.92	10.56	4.62
		27-6-6	ต่ำ	17.06	21.87	12.44	7.62	14.45	8.90
			ปานกลาง	7.41	6.95	27.45	25.04	29.93	22.12
			สูง	17.26	13.14	16.93	11.45	18.08	9.96
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	10.17	8.27	12.37	9.75	10.31	5.91
			ปานกลาง	5.57	1.76	3.24	2.96	4.94	2.85
			สูง	6.61	1.91	6.15	6.36	10.20	4.61
		21-0-0	ต่ำ	6.85	8.07	3.84	2.66	6.23	3.72
			ปานกลาง	17.14	9.51	7.54	7.65	8.27	4.65
			สูง	17.37	11.65	7.07	6.21	12.17	5.20
		27-6-6	ต่ำ	8.30	5.48	8.64	11.88	12.66	8.47
			ปานกลาง	12.20	6.00	27.96	11.39	18.75	9.42
			สูง	8.45	1.79	9.87	8.87	9.15	4.79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในดินชุดน้ำพอง ของ สุชีลา (2531) พบว่า การใส่ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนขาวที่ใส่และเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน การศึกษาสมบัติของดินบางประการและการกระจายของรากในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาและแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อายุ 16 ปี ของ ทิพย์ลดา (2551) พบว่า แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแปลงอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปามีค่าสูงกว่าในแปลงยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาอย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาช่วงภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี เป็นดังนี้ อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยและอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรช่วงภายหลังปลูก 2 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 13)

2. การเติบโต

การเติบโตของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในแปลงทดลองนั้น ได้ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (Ht) เมื่อเริ่มปลูกและเมื่อยูคาลิปตัสมีอายุ 3, 6, 9, 12, 18 และ 24 เดือน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของยูคาลิปตัส นำค่าการเติบโตทั้ง 3 มิติดังกล่าวมาคำนวณอัตราการเติบโต (growth rate; GR) และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) และนำเสนอผลการเติบโตของยูคาลิปตัสที่อายุ 24 เดือนเท่านั้น ได้ผลดังนี้

2.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 6.18-9.94 และ 4.36-7.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ ความสูงทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 6.44-12.85 เมตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 15)

เปรียบเทียบผลการศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 2 ปี ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ของ ณัฐวุฒิ (2548) พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าระหว่าง 5.64-6.97 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนความสูงมีค่าระหว่าง 5.86-8.82 เมตร มีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของยูคาลิปตัสของ วีระศักดิ์ (2547) พบว่า การใส่ปุ๋ยด้วยวิธีขุดกลบหรือโรยรอบโคนต้น ใส่ 4 ครั้งต่อปี (สิงหาคมถึงพฤศจิกายน) และใส่ครั้งละ 50 กรัมต่อต้น ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 การเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา				D_0 (ซม.)	DBH (ซม.)	Ht (ม.)
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	7.36	5.35	8.98
			ปานกลาง	7.24	5.27	10.00
			สูง	7.48	5.42	10.52
		21-0-0	ต่ำ	8.09	5.93	10.56
			ปานกลาง	6.91	4.72	9.50
			สูง	7.58	5.53	10.16
		27-6-6	ต่ำ	8.14	6.04	10.06
			ปานกลาง	7.35	5.25	9.15
			สูง	7.62	5.47	10.16
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	8.11	6.05	11.17
			ปานกลาง	9.71	7.27	12.23
			สูง	9.10	6.82	11.39
		21-0-0	ต่ำ	9.44	7.32	12.54
			ปานกลาง	8.61	6.49	11.41
			สูง	9.94	7.67	12.32
		27-6-6	ต่ำ	8.48	6.34	10.48
			ปานกลาง	9.82	7.60	12.08
			สูง	9.78	7.34	12.52
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	7.70	5.67	7.63
			ปานกลาง	7.43	5.44	7.44
			สูง	7.20	5.24	7.73
		21-0-0	ต่ำ	6.96	4.97	7.07
			ปานกลาง	8.22	6.09	8.79
			สูง	7.41	5.37	7.64
		27-6-6	ต่ำ	6.18	4.36	6.44
			ปานกลาง	8.16	6.10	8.26
			สูง	7.09	5.08	7.43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				D_0 (ซม.)	DBH (ซม.)	Ht (ม.)
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	6.88	4.72	8.19
			ปานกลาง	7.74	5.57	10.80
			สูง	6.81	4.76	9.00
		21-0-0	ต่ำ	7.25	5.05	9.62
			ปานกลาง	7.61	5.31	9.44
			สูง	7.98	5.68	10.79
		27-6-6	ต่ำ	7.33	5.14	9.56
			ปานกลาง	6.92	4.76	9.04
			สูง	6.96	4.87	8.74
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	7.06	4.82	8.12
			ปานกลาง	7.51	5.30	7.61
			สูง	8.70	6.39	10.33
		21-0-0	ต่ำ	8.34	6.04	8.75
			ปานกลาง	6.95	4.84	7.80
			สูง	7.27	5.07	7.87
		27-6-6	ต่ำ	7.96	5.66	8.78
			ปานกลาง	7.64	5.36	9.02
			สูง	8.98	6.41	8.46
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	7.21	5.22	8.89
			ปานกลาง	6.65	4.84	8.54
			สูง	7.19	5.16	9.62
		21-0-0	ต่ำ	6.44	4.53	8.79
			ปานกลาง	7.17	5.14	8.98
			สูง	7.25	5.37	9.60
		27-6-6	ต่ำ	6.44	4.69	8.99
			ปานกลาง	6.90	5.06	9.20
			สูง	6.79	4.94	9.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				D_0 (ซม.)	DBH (ซม.)	Ht (ม.)
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	8.43	6.50	12.49
			ปานกลาง	8.86	6.73	12.83
			สูง	7.16	5.26	11.90
		21-0-0	ต่ำ	8.07	6.06	12.43
			ปานกลาง	7.74	5.80	11.80
			สูง	8.12	6.11	12.36
		27-6-6	ต่ำ	8.20	6.14	12.60
			ปานกลาง	9.58	7.38	12.40
			สูง	8.86	6.73	12.85
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	7.79	5.73	10.54
			ปานกลาง	9.18	7.13	12.74
			สูง	8.28	6.35	12.03
		21-0-0	ต่ำ	8.66	6.74	12.39
			ปานกลาง	8.64	6.58	12.22
			สูง	8.79	6.74	12.54
		27-6-6	ต่ำ	8.20	6.28	12.19
			ปานกลาง	8.33	6.23	11.13
			สูง	8.86	6.71	12.53
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	7.10	5.12	8.46
			ปานกลาง	6.40	4.46	7.07
			สูง	7.42	5.23	9.40
		21-0-0	ต่ำ	6.34	4.52	6.86
			ปานกลาง	7.43	5.32	9.22
			สูง	7.68	5.69	10.27
		27-6-6	ต่ำ	7.34	5.24	8.28
			ปานกลาง	7.93	5.71	9.06
			สูง	6.59	4.66	8.19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.23 และ 6.24 เซนติเมตร และความสูงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.83 และ 5.75 เมตร แตกต่างกับวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างชัดเจน ซึ่งทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตรและความสูงเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของ มยุรี (2530) พบว่า ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เหมาะสมที่สุดในการส่งเสริมการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเมื่อใส่ในอัตรา 75 และ 50 กรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลของวิธีการปรับปรุงดินทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยทำให้ความสูงทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 14)

2.2 อัตราการเติบโต

อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 2.99-4.88 และ 2.18-3.84 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งอัตราการเติบโตทั้ง 2 มิติ มีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนามโดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ อัตราการเติบโตทางความสูงทั้งหมดของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 3.13-6.35 เมตรต่อปี ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D11 ที่ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 16)

การศึกษาผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส ของ วีระศักดิ์ (2547) พบว่า การใส่ปุ๋ยด้วยวิธีขุดกลบหรือโรยรอบโคนต้น ใส่ 4 ครั้งต่อปี (สิงหาคมถึงพฤศจิกายน) และใส่ครั้งละ 50 กรัมต่อต้น ส่งผลให้ความเพิ่มพูนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตร ในรอบ 1 ปี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.00 และ 5.09 เซนติเมตรต่อปี และความเพิ่มพูนของความสูงในรอบ 1 ปี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.49 และ 4.34 เมตรต่อปี แตกต่างกับวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างชัดเจน การศึกษาการใช้ปุ๋ยต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของ มยุรี (2530) พบว่า ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และใส่ในอัตรา 100 กรัมต่อต้นต่อปี ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตรดังกล่าวและใส่ในอัตรา 75 กรัมต่อต้นต่อปี มีค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยทางความสูงมีค่าสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 อัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (GR D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (GR DBH) และความสูงทั้งหมด (GR Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา				GR D_0 (ซม./ปี)	GR DBH (ซม./ปี)	GR Ht (ม./ปี)
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	3.58	2.67	4.40
			ปานกลาง	3.52	2.64	4.90
			สูง	3.64	2.71	5.16
		21-0-0	ต่ำ	3.94	2.97	5.18
			ปานกลาง	3.36	2.36	4.66
			สูง	3.69	2.77	4.98
		27-6-6	ต่ำ	3.97	3.02	4.93
			ปานกลาง	3.58	2.63	4.48
			สูง	3.72	2.80	4.99
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	3.96	3.03	5.49
			ปานกลาง	4.77	3.63	6.02
			สูง	4.46	3.41	5.60
		21-0-0	ต่ำ	4.63	3.66	6.17
			ปานกลาง	4.21	3.25	5.60
			สูง	4.88	3.84	6.07
		27-6-6	ต่ำ	4.14	3.17	5.14
			ปานกลาง	4.83	3.80	5.96
			สูง	4.80	3.67	6.17
	ไมยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	3.76	2.84	3.72
			ปานกลาง	3.62	2.72	3.63
			สูง	3.49	2.62	3.77
		21-0-0	ต่ำ	3.37	2.48	3.44
			ปานกลาง	4.02	3.05	4.31
			สูง	3.61	2.69	3.73
		27-6-6	ต่ำ	2.99	2.18	3.13
			ปานกลาง	3.99	3.05	4.04
			สูง	3.45	2.54	3.63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				GR D_0 (ซม./ปี)	GR DBH (ซม./ปี)	GR Ht (ม./ปี)
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	3.36	2.36	4.00
			ปานกลาง	3.78	2.79	5.30
			สูง	3.33	2.38	4.41
		21-0-0	ต่ำ	3.54	2.52	4.72
			ปานกลาง	3.72	2.66	4.63
			สูง	3.90	2.84	5.31
		27-6-6	ต่ำ	3.58	2.57	4.68
			ปานกลาง	3.38	2.38	4.43
			สูง	3.40	2.43	4.28
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	3.44	2.41	3.97
			ปานกลาง	3.66	2.65	3.71
			สูง	4.27	3.20	5.08
		21-0-0	ต่ำ	4.08	3.02	4.28
			ปานกลาง	3.39	2.42	3.81
			สูง	3.54	2.54	3.84
		27-6-6	ต่ำ	3.88	2.83	4.29
			ปานกลาง	3.73	2.68	4.42
			สูง	4.40	3.21	4.14
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	3.53	2.61	4.36
			ปานกลาง	3.24	2.42	4.18
			สูง	3.50	2.58	4.71
		21-0-0	ต่ำ	3.13	2.27	4.29
			ปานกลาง	3.50	2.57	4.40
			สูง	3.53	2.69	4.70
		27-6-6	ต่ำ	3.13	2.34	4.40
			ปานกลาง	3.36	2.53	4.50
			สูง	3.31	2.47	4.70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				GR D_0 (ซม./ปี)	GR DBH (ซม./ปี)	GR Ht (ม./ปี)
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	4.12	3.25	6.16
			ปานกลาง	4.33	3.37	6.33
			สูง	3.49	2.63	5.86
		21-0-0	ต่ำ	3.95	3.03	6.13
			ปานกลาง	3.77	2.90	5.81
			สูง	3.96	3.06	6.09
		27-6-6	ต่ำ	4.01	3.07	6.21
			ปานกลาง	4.74	3.72	6.12
			สูง	4.34	3.37	6.35
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	3.81	2.87	5.19
			ปานกลาง	4.49	3.56	6.29
			สูง	4.05	3.17	5.94
		21-0-0	ต่ำ	4.23	3.38	6.10
			ปานกลาง	4.23	3.29	6.02
			สูง	4.30	3.37	6.19
		27-6-6	ต่ำ	4.02	3.15	6.02
			ปานกลาง	4.08	3.12	5.49
			สูง	4.33	3.35	6.18
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	3.44	2.56	4.14
			ปานกลาง	3.11	2.23	3.46
			สูง	3.62	2.62	4.61
		21-0-0	ต่ำ	3.08	2.26	3.35
			ปานกลาง	3.62	2.66	4.53
			สูง	3.74	2.84	5.05
		27-6-6	ต่ำ	3.58	2.63	4.06
			ปานกลาง	3.86	2.86	4.44
			สูง	3.20	2.33	4.02

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลของวิธีการปรับปรุงดินทำให้อัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลของอัตรการใส่ปุ๋ยทำให้อัตราการเติบโตของความสูงทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้อัตราการเติบโตของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน ทั้ง 3 มิติ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 15)

2.3 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 1.68-2.01 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราปานกลาง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 0.70-1.01 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี ซึ่งมีค่าสูงสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 1.76-2.20 เมตรต่อเมตรต่อปี ซึ่งมีค่าสูงสุด 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ 2) แปลงสายต้น D11 ที่ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราสูง และมีค่าต่ำสุดในแปลงสายต้น D1 ที่ปลูกไม่ยราบไร้หนาม โดยมีการใส่ปุ๋ยสูตร 27-6-6 ในอัตราต่ำ (ตารางที่ 17)

ผลการศึกษาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทั้ง 3 มิติ พบว่า สายต้น D1 มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าสูงที่สุด ส่วนสายต้น D11 มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดมีค่าสูงที่สุด ส่วนการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทั้ง 3 มิติมีค่าสูงที่สุด ปุ๋ยสูตร 21-0-0 และ/หรือ 27-6-6 ทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์มีค่าสูงที่สุด แตกต่างกับผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยต่อการเติบโตของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของ มยุรี (2530) พบว่า ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ส่งเสริมการเติบโตของยูคาลิปตัสได้ดีที่สุด ส่วนอัตราการใส่ปุ๋ยปานกลางและสูงนั้นทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าสูงที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาผลของวีระศักดิ์ (2547) ที่ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี พบว่า การให้ปุ๋ยโดยการแบ่งใส่ 4 ครั้งๆ ละ 50 กรัมต่อต้น (รวม 200 กรัม) ส่งเสริมให้ยูคาลิปตัสมีความเพิ่มพูนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 10 เซนติเมตรและความเพิ่มพูนของความสูงมีค่าสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (RGR D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (RGR DBH) และความสูงทั้งหมด (RGR Ht) ของยูคาลิปตัส อายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา				RGR D_0 (ซม./ซม./ปี)	RGR DBH (ซม./ซม./ปี)	RGR Ht (ม./ม./ปี)
D1	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.80	0.82	1.91
			ปานกลาง	1.79	0.82	1.95
			สูง	1.79	0.83	1.98
		21-0-0	ต่ำ	1.85	0.88	1.99
			ปานกลาง	1.79	0.76	1.97
			สูง	1.83	0.84	1.96
		27-6-6	ต่ำ	1.85	0.88	1.96
			ปานกลาง	1.80	0.81	1.90
			สูง	1.86	0.84	1.98
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.87	0.88	2.05
			ปานกลาง	1.99	0.98	2.09
			สูง	1.94	0.95	2.05
		21-0-0	ต่ำ	1.95	0.99	2.12
			ปานกลาง	1.91	0.91	2.02
			สูง	1.98	1.01	2.09
		27-6-6	ต่ำ	1.87	0.91	1.98
			ปานกลาง	2.01	1.00	2.13
			สูง	1.99	0.99	2.09
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.85	0.86	1.89
			ปานกลาง	1.82	0.84	1.85
			สูง	1.76	0.83	1.84
		21-0-0	ต่ำ	1.73	0.79	1.79
			ปานกลาง	1.87	0.86	1.98
			สูง	1.82	0.80	1.86
		27-6-6	ต่ำ	1.68	0.70	1.76
			ปานกลาง	1.89	0.89	1.91
			สูง	1.79	0.80	1.86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				RGR D_0 (ซม./ซม./ปี)	RGR DBH (ซม./ซม./ปี)	RGR Ht (ม./ม./ปี)
D10	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.87	0.76	1.86
			ปานกลาง	1.89	0.85	2.00
			สูง	1.89	0.76	1.93
		21-0-0	ต่ำ	1.89	0.79	1.94
			ปานกลาง	1.92	0.82	1.92
			สูง	1.95	0.85	2.04
		27-6-6	ต่ำ	1.88	0.79	1.92
			ปานกลาง	1.87	0.77	1.93
			สูง	1.85	0.77	1.91
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.84	0.77	1.90
			ปานกลาง	1.80	0.81	1.81
			สูง	1.98	0.91	2.05
		21-0-0	ต่ำ	1.87	0.88	1.87
			ปานกลาง	1.80	0.76	1.88
			สูง	1.81	0.80	1.85
		27-6-6	ต่ำ	1.85	0.85	1.89
			ปานกลาง	1.85	0.82	1.94
			สูง	1.93	0.90	1.88
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.88	0.80	1.93
			ปานกลาง	1.82	0.77	1.90
			สูง	1.82	0.79	1.91
		21-0-0	ต่ำ	1.77	0.73	1.86
			ปานกลาง	1.91	0.80	1.95
			สูง	1.81	0.81	1.93
		27-6-6	ต่ำ	1.79	0.76	1.93
			ปานกลาง	1.80	0.80	1.91
			สูง	1.86	0.78	1.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ปัจจัยการศึกษา				RGR D_0 (ซม./ซม./ปี)	RGR DBH (ซม./ซม./ปี)	RGR Ht (ม./ม./ปี)
D11	ควบคุม	15-15-15	ต่ำ	1.90	0.93	2.17
			ปานกลาง	1.93	0.93	2.16
			สูง	1.85	0.82	2.12
		21-0-0	ต่ำ	1.91	0.89	2.15
			ปานกลาง	1.80	0.86	2.09
			สูง	1.82	0.87	2.14
		27-6-6	ต่ำ	1.88	0.90	2.12
			ปานกลาง	2.00	0.99	2.18
			สูง	1.93	0.92	2.18
	ปุ๋ยอินทรีย์	15-15-15	ต่ำ	1.88	0.86	2.05
			ปานกลาง	1.92	0.97	2.16
			สูง	1.91	0.91	2.15
		21-0-0	ต่ำ	1.87	0.94	2.10
			ปานกลาง	1.93	0.93	2.12
			สูง	1.95	0.94	2.20
		27-6-6	ต่ำ	1.96	0.90	2.20
			ปานกลาง	1.99	0.89	2.17
			สูง	1.90	0.93	2.15
	ไม่ยราบไร้หนาม	15-15-15	ต่ำ	1.74	0.78	1.92
			ปานกลาง	1.79	0.72	1.90
			สูง	1.83	0.81	1.99
		21-0-0	ต่ำ	1.76	0.72	1.86
			ปานกลาง	1.82	0.80	1.96
			สูง	1.82	0.86	2.01
		27-6-6	ต่ำ	1.83	0.81	1.95
			ปานกลาง	1.78	0.83	1.94
			สูง	1.76	0.74	1.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษา พบว่า อิทธิพลของสายต้นยูคาลิปตัสทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลของวิธีการปรับปรุงดินทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลของอัตราการใส่ปุ๋ยทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการปรับปรุงดิน สูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย ทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และอิทธิพลร่วมทั้ง 4 ปัจจัยการศึกษาทำให้อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางผนวกที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาผลการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยต่อสมบัติดินและการเติบโตของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ ในดินทราย จังหวัดระยอง ประกอบด้วยปัจจัยหลักที่ 1 ได้แก่ 1) ยูคาลิปตัสสายต้น D1 2) D10 และ 3) D11 ปัจจัยหลักที่ 2 ได้แก่ 1) ไม่ปรับปรุงดิน 2) ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยอินทรีย์หมักตราพระอาทิตย์ยิ้ม (SUNBARK) ชนิดผง มีค่าอินทรียวัตถุร้อยละ 40 ใส่ในอัตรา 395 กิโลกรัมต่อไร่) และ 3) ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยพืชสดจากไมยราบไร้หนาม (หว่านด้วยเมล็ด 3 กิโลกรัมต่อไร่) ปัจจัยรองที่ 1 ได้แก่ 1) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 2) 21-0-0 และ 3) 27-6-6 และปัจจัยรองที่ 2 ได้แก่ 1) อัตราการใส่ปุ๋ยต่ำ (รวม 60 กรัมต่อต้น) 2) อัตราการใส่ปุ๋ยปานกลาง (รวม 115 กรัมต่อต้น) และ 3) อัตราการใส่ปุ๋ยสูง (รวม 170 กรัมต่อต้น) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ยูคาลิปตัสสายต้นที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่ดินทราย จังหวัดระยอง 2 อันดับ ได้แก่ ยูคาลิปตัสสายต้น D11 รองลงมาคือ สายต้น D1 ซึ่งแม้ว่าสายต้น D11 จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำกว่าสายต้น D1 เล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงทั้งหมดของสายต้น D11 นั้นมีค่าสูงสุดซึ่งแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. วิธีการปรับปรุงดินทราย จังหวัดระยอง ที่เหมาะสมเรียงจากมากไปหาน้อย คือ การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ รองลงมาคือ ไม่ปรับปรุงดิน (ควบคุม) และปรับปรุงดินด้วยการปลูกไมยราบไร้หนาม ตามลำดับ การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้ยูคาลิปตัสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และอัตราการเติบโตทั้ง 2 มิตินี้มีค่าสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และยังทำให้สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น พีเอชของดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ร้อยละอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

3. สูตรปุ๋ยทั้ง 3 สูตร ไม่ทำให้การเติบโตของยูคาลิปตัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปุ๋ยสูตร 27-6-6 ส่งผลต่อสมบัติดิน ได้แก่ พีเอชของดิน ไนโตรเจนรวม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้น พีเอชของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรแตกต่างกันกับปุ๋ยสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นการเลือกใช้ปุ๋ยสูตรใดให้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ใช้เป็นสำคัญ

4. การใส่ปุ๋ยในอัตราสูงนั้น ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด อัตราการเติบโตทั้ง 3 มิติ และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทั้ง 3 มิติมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และยังทำให้ดินมีค่าพีเอช ไนโตรเจนรวม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดด้วย แต่ไม่แตกต่างกันอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการใส่ปุ๋ยในอัตราปานกลาง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในอัตราปานกลางก็เพียงพอต่อการเติบโตของยูคาลิปตัสและเพิ่มสารอาหารแก่ดินทราย จังหวัดระยอง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัสจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตและศึกษามวลชีวภาพเพื่อให้ทราบมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่แท้จริง

2. ควรทำการศึกษาสมบัติของดินอย่างต่อเนื่องควบคู่กับปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆ ของดิน ซึ่งนำไปสู่การพิจารณาถึงวิธีการปรับปรุงดินให้เหมาะสมกับการเติบโตของยูคาลิปตัสที่ปลูกในเชิงพาณิชย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมล วิศุภกาญจน์. 2527. การเก็บเมล็ดไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 46-55. *ใน* **รายงานสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กรมป่าไม้. 2544. **ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส**. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2555. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคใต้และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/south/Ry.htm, 16 มกราคม 2555.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. **สถิติปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2546-2555**. แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html, 27 เมษายน 2557.

เกษม จันทรุจิรากร. 2530. การใช้ปุ๋ยคอกปรับปรุงบำรุงดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารพัฒนาที่ดิน** 24 (262) : 45-50.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า. 2532. **การวางแผนและเทคนิคในการปลูกสร้างและบำรุงรักษาสวนป่า**. โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น, กรุงเทพฯ.

จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2538. **การเจริญเติบโตและเศรษฐกิจของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 13 ปี ในท้องที่ต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2546. ศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่เพื่อรองรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส, น. 35-82. *ใน* **รายงานฉบับสมบูรณ์ : ศักยภาพของพื้นที่เพื่อรองรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส จังหวัดนครราชสีมา**. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลธิดา เชิญขุนทด. 2550. **การเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชวลิต อรุณพีพัฒนาพงศ์ และ สวลี ลาชโรจน์. 2528. การศึกษาแนวโน้มการใช้ไม้และการตลาดในอนาคต, น. 258-282. *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ชัยรัตน์ อร่ามศรี. 2542. **การวิเคราะห์การเติบโตของสายต้นยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐวุฒิ ม่วงทอง. 2548. **การเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำและคุณสมบัติดินของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถวิล ครุฑกุล. 2531. **ดิน-ปุ๋ย เพื่อการเพาะปลูก**. บัณฑิตการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ รัติวานิช, อรรณพ อภิชาตบุตร์, วิชิต สนธิวณิช, เพ็ญศรี อติวรรณาพัฒน์ และ รัตนา หม้อมณี. 2530. อายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส เพื่อทำเยื่อกระดาษ. **วารสารวนศาสตร์** 6 (3) : 414-436.

ทิพย์ลดา ทองตะเภา. 2551. **สมบัติบางประการของดิน และการกระจายของรากในสวนป่าอเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา (*Acacia aulacocarpa*) และยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla*) อายุ 16 ปี ณ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนิต ยิ่งวรรณศิริ และ ประสิทธิ์ สอาดวุธ. 2525. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 1-17. *ใน* **เอกสารประชุมการป่าไม้ประจำปี 2525**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เธียรชัย พร้อมมูล. 2527. การเก็บเมล็ดไม้และอัตราการงอกของเมล็ดไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 70-89. *ใน* **รายงานสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอัลฟิโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤทธิ์ ตันสุวรรณ และ สุชาติ นิ่มพิลา. 2543. **การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา จำนวน 9 แม่ไม้**. รายงานการวิจัย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นันทกา แสงจันทร์. 2546. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของหมอดินอาสาประจำหมู่บ้าน ผู้นำเกษตรกร และเกษตรกรตำบลทุ่งกุลา อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์. 2530. อดีต ปัจจุบัน และอนาคตของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. **สักทอง** 12 (4) : 6-13.

ปฐพีชล วายุอัคคี. 2541. **ดินและปุ๋ย**. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ.

ประกาศิต อินทรสำอางค์. 2549. **การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ โพธิปักษ์. 2522. การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในประเทศไทยและการบำรุงพันธุ์, น. 91-101. *ใน* **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการฝ่ายวนวัฒนวิจัย เล่มที่ 4**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว**. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปรีชา พราหมณีย์, อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, จักรินทร์ ศรัทธาพร และ ม.ล.จักรานพคุณ ทองใหญ่. 2536. การศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีก่อนการปลูกอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย, น. 39. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2533. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารดินและปุ๋ย** 12 : 281-302.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฬุ. 2521. **การเจริญเติบโตของต้นไม้.** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พสุธา สุนทรห้าว. 2542. **อุปทานไม้ท่อนยูคาลิปตัสและการวิเคราะห์ด้านการเงินของสวนป่าภาคเอกชนในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2540**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชรินทร์ พันธรักษ์. 2545. **การขยายพันธุ์ยูคาลิปชนิดคามาลดูเลนซิส ซิตริโอโดร่า โคลอีเซียน่า เทอเรทติคอนิส และยูโรฟิลลา โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทยา หิรัญพันธุ์ และ จักรพล จักรพลวรฤทธิ์. 2528. การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยระบบวนเกษตร, น. 125-141. *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส**. 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พิทยากร ลิ่มทอง, พิรัชฌา วาสนานุกูล, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และ ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2540. **การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงบำรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ**. แคนดิดมีเดีย จำกัด, นนทบุรี.

พิศาล วสุวานิช และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2539. ความผันแปรการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากถิ่นกำเนิดต่างๆ ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์ในประเทศไทย, น. 121-140. *ใน* **รายงานการประชุมการป่าไม้**. 20-24 พฤศจิกายน 2538. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาควิชาวนวัฒนวิทยา. 2538. **วนวัฒนวิทยาภาคสนาม I**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนัสศรีสุขใส และ สัมฤทธิ์ กิตติธรกุล. 2529. **การปลูกยูคาลิปตัสในประเทศไทย**. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

มยุรี ถิรวารินทร์ยุทธ. 2530. **ผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มยุรี วรรณพินิจ. 2546. **แนวทางการใช้ปุ๋ยในการปลูกสร้างสวนป่า**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งเรือง พูลศิริ. 2540. **ผลของความหนาแน่นของหมู่ไม้ต่อรูปทรง อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 12 ปี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา พานิกร. 2546. **การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเชิงแร่และสมบัติของดินตามลำดับภูมิประเทศในอำเภอน้ำพอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา สุบรรณเสณี, สมควร สวิตชาต และ ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2531. **สีธรรมชาติจากพืชและสัตว์ในประเทศไทย**. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, พิทยากร ลิ่มทอง, เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, ปรัชญา ธัญญาดี, อุดม ภู่พิพัฒน์, ประชุม จุฑาวรรณธนะ และ เทิดศักดิ์ ศุภสารัมภ์. 2534. ผลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* และผลผลิตของข้าวโพด, น. 107-113. *ใน* **รายงานผลวิจัยการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ (2526-2532)**. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ อินศวร. 2548. **ศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่สำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ฉาย. 2530. **แผนการใช้ที่ดินจังหวัดกาญจนบุรี**. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิทยา ตรีโลเกศ และ ธรรมเรศ เชื้อสาวถี. 2545. การปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของชุดดินโคราชโดยปุ๋ยหมักจากมูลฝอยเทศบาลและหญ้ากินนีสีม่วง, น. 398-405. *ใน* **การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 (สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระยุทธ กุลพรพันธ์ และ รัตนะ ไทยงาม. 2546. **การทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา.** เอกสารผลงานวิจัย. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีระศักดิ์ เสียงชอบ. 2547. **ผลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 1 ปีในอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แววตา วาสนานุกูล, อภิรดี โกมลศิริ และ ปรัชญา ธัญญาดี. 2534. ปุ๋ยคอก. **วารสารพัฒนาที่ดิน** 29 (319) : 51-60.

_____, สุภาพร จันรุ่งเรือง, ปรัชญา ธัญญาดี และ ปรีดี ดีรักษา. 2535. ปุ๋ยคอก, น. 85-95. *ใน* **รวบรวมงานวิชาการเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศรีสม จันทร์ฉาย. 2540. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริภา โพธิ์พินิจ และ คนึงกิจ ลิ้มตระกูล. 2542. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินป่าไม้ภายหลังการปลูกป่า 10 ปี, น. 80-102. *ใน* **รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี 2542**. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ์ ริมชล. 2545. **การใช้ไมยราบไร้หนาม (*Mimosa invisa* Mart.) เป็นพืชคลุมดินเพื่อลดการแข่งขันของวัชพืชในไร่อ้อย (*Saccharum officinarum* L.)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด สิริพัฒนดิลก และ สุธีร์ ดวงใจ. 2543. **การปรับปรุงผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัส โดยการสร้างลูกผสม.** ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และ _____. 2548. การวิเคราะห์ลูกผสมยูคาลิปตัสโดยใช้ลักษณะภายนอกและการเจริญเติบโต. **วารสารวนศาสตร์** 24 (1-2) : 1-12.

สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม. 2534. **ชนิดและลักษณะของดินที่กลายเป็นดินเสื่อมโทรมได้ง่ายในภาคตะวันตกของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ งามเสมอ. 2544. การผลิตปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส. **สยามทรีสาร** 3 (7) : 8-10.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมอก หน่อเจริญ. 2549. **การเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในพื้นที่แขวงเวียงจันทร์ ประเทศสาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมานใจ มั่นศิลป์. 2547. **การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายหลังการปลูกสร้างสวนป่าของรัฐบาลในท้องที่อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2518. **คู่มือประกอบคำบรรยายวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, ถวิล ครุฑกุล, ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. **มหัศจรรย์พันธุ์ดิน**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์. ม.ป.ป. **การปลูกไมยราบไร้หนามเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน**. แหล่งที่มา: http://www.giswebr02.ldd.go.th/cco01/farming/farming_plant.html, 5 มกราคม 2555.

สุชาติ ไทยเพ็ชร. 2528. คุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และการใช้ประโยชน์, น. 222-224. *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุชีลา ธีราภรณ์. 2531. **ผลของปูนขาวและปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในดินชุดน้ำพอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุธีร์ ดวงใจ และ สมคิด สิริพัฒนดิลก. 2548. การพิสูจน์ลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสและยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ. **วารสารวนศาสตร์** 24 (1-2) : 13-25.

สุนทร ศิลปวรณ์วิวัฒน์. 2525. **ผลของการใช้ใบไมยราบไร้หนามเป็นอาหารเสริมโปรตีนในสุกรรุ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรศักดิ์ แสงอร่าม. 2526. **การวางแผนการใช้ดินเพื่อการเกษตรในจังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสริมพงศ์ นวลงาม. 2545. **บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการเก็บกักคาร์บอนและคุณสมบัติบางประการของดินที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2527. โรคที่เป็นอันตรายต่อกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 151-168. *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อรุณ ชมชาญ และ วินัย ปัญญาธัญญะ. 2528. ไม้ยูคาลิปตัสกับการผลิตถ่าน, น. 249-257. *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส.** 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Baker, F.S. 1950. **Principles of Silviculture.** McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

Balasubramaniam, A. 1972. Effect of organic manuring on the activities of the enzymes hydrolyzing sucrose and urea on soil aggregation. **Plant Soil** 37(2): 319-328.

Baule, H. and C. Fricker. 1970. **The Fertilizer Treatment of Forest Trees**. Jacket Design, Munchen.

Bernhard-Reversat, F. 1999. The leaching of Eucalyptus hybrids and *Acacia auriculiformis* leaf litter: laboratory experiment on early decomposition and ecological implications in Congolese tree plantations. **App. Soil Ecol.** 12: 251-261.

Bouldin, D.R. 1988. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability, pp. 151-164. *In* **Green Manure in Rice Farming**. Int. Rice. Res. Inst. (IRRI), Los Banos.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. **The Nature and Properties of Soils**. 12th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci**. 59: 39-46.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Carmean, W.H. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. **Adv. Agron.** 27: 209-269.

Coile, T.S. and F.X. Schumacher. 1953. Relation of soil properties to site index of loblolly and shortleaf pines in the Piedmont region of the Carolinas, Georgia, and Alabama. **J. For.** 51: 739-744.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis**. Part I. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison.

FAO. 1980. **Forestry for Local Community Development**. Forestry Paper No. 7. Rome.

_____. 1981. **Eucalyptus for Planting**. FAO Forestry Series No. 11. Rome.

Florence, R.G. 1996. **Ecology and Silviculture of Eucalypt Forests**. CSIRO Publishing, Australia.

Garay, I., R. Pellens, A. Kindle, E. Barros and A.A. Franco. 2004. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to study of sustainable land use. **Appl. Soil Ecol.** 27: 177-187.

Graney, D.L. and E.R. Ferguson. 1971. Site- quality relationships for shortleaf pine in the Boston Mountains of Arkansas. **For. Sci.** 17(1): 16-22.

Hall, N., R.D. Johnston and G.M. Chippendale. 1975. **Forest Trees of Australia**. Australian Government Publishing Service, Canberra.

Hortenstine, C.C. and D.F. Rothwell. 1973. Pelletized municipal refuse compost as a soil amendment and nutrient source of sorghum. **J. Environ. Qual.** 2: 243-345.

Husch, B., C.I. Miller and T.W. Beers. 1972. **Forest Mensuration.** The Ronald Press Co., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advance Course**. Dept. of Soils, Univ. of Wisconsin, USA.

Jalota, S.K., R. Khera and B.S. Ghuman. 1998. **Method in Soil Physics**. Narosa Publishing House, New Delhi.

Kilmer, V.J. and L. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soil. **Soil Sci**. 68: 15-24.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok.

London, J.R. 1991. **Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropics and Subtropics**. Longman Scientific & Technical, London.

Mandy, M. 2006. **Provenance Variation and Progeny Testing of Eucalyptus urophylla S.T. Blake Grown at Lad Krating Plantation, Chachoengsao Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Munn, D.A., L.P. Wilding and E.O. McLean. 1976. Potassium release from sand, silt and clay soil separates. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 40(3): 364-366.

National Academy of Sciences. 1980. **Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production**. Washington, D.C.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. Soil Survey Investigation. Report No. 42. Version 3.0. National Resource Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Pera, A., G. Vallni, I. Sireno, M.L. Bianchin and M. de Bertoldi. 1983. Effect of organic matter on rhizosphere microorganisms and root development of sorghum plants in two different soils. **Plant Soil** 74: 3-18.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phetchawee, S., N. Vibulsukh, M. Theppoonpon and W. Masarngsn. 1985. Long term effect of mulching with fertilizer under corn-legumes cropping on crop yield and improvement of soil chemical and physical properties. **Annual Report of Corn and Sorghum** 1: 204-261.

Potichan, A. 1991. **Morphology, Genesis and Characteristics of Skeletal Soils in Sakon Nakhon Province, Northeast Thailand**. Ph.D. Thesis, Univ. of the Philippines.

Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022–1030. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis**. Part II. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison.

Sa-ardvut, P. 1979. **Growth Studies of *Eucalyotus camaldulensis* Dehnh. with Particular Emphasis on Provenance**. M.S. Thesis, Aust. Nat. Univ.

Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Tisdale, S.L. 1985. **Soil Fertility and Fertilizers.** 2nd ed. The Macmillan, New York.

Toumey, J.W. 1947. **Foundations of Silviculture.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

Turnbull, J.W. 1974. An outstanding provenance of river red gum. **Inst. For. Aust. Newsl.** 15(4): 1-23.

USDA. 1972. **Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Sample**. Washington, D.C.

Walkley, A. 1935. An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soil. **J. Agri. Sci.** 25: 598-609.

_____ and C.A. Black. 1934. An examination of degtjureff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci**. 37: 29-35.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Willet, R.T. 1978. **Soil Properties Relating to Height of Loblolly Pine on Soils of Bowie, Fuquay, Casual and Troup Series**. Ph.D. Thesis, Texas A & M Univ.

Yoshisuji, B. and T. Kawasoe. 1961. Studies on *Eucalyptus* spp. relation between pH value of water culture solution and the growth of *Eucalyptus* spp. **For. Abstr**. 22(2): 240.

Young, A. 1989. **Agroforestry for Soil Conservation**. CAB International, Oxon.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคทรายในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	อนุภาคทราย					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.04^{ns}	0.04^{ns}	3.47^{ns}	0.78^{ns}	0.30^{ns}	0.15^{ns}
B	0.32^{ns}	0.23^{ns}	1.37^{ns}	1.19^{ns}	1.32^{ns}	0.39^{ns}
C	3.01^{ns}	0.71^{ns}	0.27^{ns}	0.46^{ns}	0.45^{ns}	0.23^{ns}
D	0.23^{ns}	0.85^{ns}	1.09^{ns}	1.07^{ns}	1.49^{ns}	0.71^{ns}
A x B	0.49^{ns}	0.59^{ns}	2.32^{ns}	1.06^{ns}	0.82^{ns}	1.01^{ns}
C x D	0.73^{ns}	0.53^{ns}	1.71^{ns}	0.30^{ns}	2.09^{ns}	1.49^{ns}
A x C	0.51^{ns}	1.10^{ns}	0.92^{ns}	0.72^{ns}	0.60^{ns}	0.48^{ns}
A x D	0.94^{ns}	0.61^{ns}	1.84^{ns}	0.41^{ns}	0.46^{ns}	0.71^{ns}
B x C	0.55^{ns}	0.34^{ns}	1.45^{ns}	2.04^{ns}	0.98^{ns}	0.87^{ns}
B x D	0.65^{ns}	1.32^{ns}	1.96^{ns}	0.87^{ns}	2.42^{ns}	1.04^{ns}
A x C x D	1.44^{ns}	1.77^{ns}	1.02^{ns}	1.00^{ns}	0.67^{ns}	0.81^{ns}
B x C x D	3.53^{**}	2.15^{*}	1.32^{ns}	1.41^{ns}	2.43^{*}	1.55^{ns}
A x B x C	0.93^{ns}	0.51^{ns}	0.50^{ns}	0.57^{ns}	0.52^{ns}	0.76^{ns}
A x B x D	0.84^{ns}	1.05^{ns}	0.35^{ns}	1.17^{ns}	2.35^{*}	1.18^{ns}
A x B x C x D	1.66^{ns}	1.11^{ns}	1.99^{*}	1.34^{ns}	0.56^{ns}	1.11^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคทรายแป้งในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	อนุภาคดินทรายแป้ง					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.03^{ns}	0.42^{ns}	1.20^{ns}	0.11^{ns}	0.82^{ns}	0.24^{ns}
B	0.71^{ns}	0.15^{ns}	0.26^{ns}	0.00^{ns}	0.37^{ns}	0.24^{ns}
C	3.41^{*}	1.63^{ns}	0.22^{ns}	1.68^{ns}	0.79^{ns}	0.08^{ns}
D	0.27^{ns}	0.36^{ns}	1.88^{ns}	0.88^{ns}	0.11^{ns}	1.65^{ns}
A x B	1.01^{ns}	0.85^{ns}	0.39^{ns}	0.71^{ns}	0.96^{ns}	1.23^{ns}
C x D	0.90^{ns}	0.45^{ns}	1.99^{ns}	1.28^{ns}	1.38^{ns}	2.16^{ns}
A x C	0.86^{ns}	1.40^{ns}	1.05^{ns}	0.67^{ns}	0.77^{ns}	0.92^{ns}
A x D	1.20^{ns}	1.48^{ns}	0.96^{ns}	1.03^{ns}	0.28^{ns}	0.72^{ns}
B x C	0.47^{ns}	0.53^{ns}	2.02^{ns}	1.16^{ns}	0.42^{ns}	0.63^{ns}
B x D	0.10^{ns}	0.92^{ns}	0.79^{ns}	0.55^{ns}	1.08^{ns}	0.66^{ns}
A x C x D	0.71^{ns}	0.83^{ns}	0.88^{ns}	1.44^{ns}	0.70^{ns}	0.57^{ns}
B x C x D	1.22^{ns}	2.31^{*}	0.80^{ns}	1.61^{ns}	1.81^{ns}	1.72^{ns}
A x B x C	1.54^{ns}	0.82^{ns}	0.67^{ns}	1.48^{ns}	0.57^{ns}	0.74^{ns}
A x B x D	0.42^{ns}	1.56^{ns}	0.71^{ns}	1.17^{ns}	0.94^{ns}	0.28^{ns}
A x B x C x D	1.50^{ns}	0.73^{ns}	1.18^{ns}	1.32^{ns}	0.79^{ns}	1.26^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอนุภาคดินเหนียวในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	อนุภาคดินเหนียว					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.10^{ns}	0.01^{ns}	1.86^{ns}	1.02^{ns}	0.00^{ns}	0.06^{ns}
B	0.11^{ns}	0.19^{ns}	1.54^{ns}	1.77^{ns}	1.90^{ns}	0.57^{ns}
C	0.39^{ns}	1.02^{ns}	0.77^{ns}	0.03^{ns}	1.28^{ns}	0.16^{ns}
D	0.14^{ns}	0.43^{ns}	0.49^{ns}	0.86^{ns}	1.86^{ns}	0.68^{ns}
A x B	1.54^{ns}	1.64^{ns}	2.72^{ns}	2.00^{ns}	0.94^{ns}	1.01^{ns}
C x D	0.71^{ns}	0.78^{ns}	0.85^{ns}	0.67^{ns}	1.14^{ns}	0.97^{ns}
A x C	0.20^{ns}	1.28^{ns}	0.48^{ns}	0.40^{ns}	0.46^{ns}	0.87^{ns}
A x D	0.60^{ns}	0.14^{ns}	1.22^{ns}	0.05^{ns}	0.81^{ns}	0.45^{ns}
B x C	0.46^{ns}	0.28^{ns}	1.17^{ns}	1.74^{ns}	1.86^{ns}	1.29^{ns}
B x D	0.86^{ns}	1.04^{ns}	1.42^{ns}	0.53^{ns}	2.21^{ns}	2.05^{ns}
A x C x D	1.61^{ns}	1.99^{ns}	0.63^{ns}	0.67^{ns}	0.64^{ns}	1.29^{ns}
B x C x D	3.51^{**}	1.27^{ns}	0.95^{ns}	1.19^{ns}	1.76^{ns}	2.24^{*}
A x B x C	0.48^{ns}	0.58^{ns}	0.98^{ns}	1.30^{ns}	0.51^{ns}	1.09^{ns}
A x B x D	1.36^{ns}	0.65^{ns}	0.36^{ns}	0.73^{ns}	2.05^{ns}	2.36^{*}
A x B x C x D	1.07^{ns}	0.84^{ns}	1.98^{*}	1.41^{ns}	0.78^{ns}	1.36^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความหนาแน่นรวมของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ความหนาแน่นรวมของดิน					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.27^{ns}	0.27^{ns}	0.05^{ns}	0.18^{ns}	2.93^{ns}	0.33^{ns}
B	0.23^{ns}	0.02^{ns}	0.85^{ns}	0.31^{ns}	0.50^{ns}	1.26^{ns}
C	0.70^{ns}	0.07^{ns}	0.10^{ns}	0.94^{ns}	0.68^{ns}	0.22^{ns}
D	0.62^{ns}	0.19^{ns}	1.07^{ns}	0.21^{ns}	0.22^{ns}	0.24^{ns}
A x B	0.31^{ns}	0.13^{ns}	0.28^{ns}	0.51^{ns}	1.74^{ns}	1.80^{ns}
C x D	3.79^{**}	0.96^{ns}	1.01^{ns}	0.58^{ns}	0.68^{ns}	1.13^{ns}
A x C	1.48^{ns}	0.20^{ns}	0.40^{ns}	0.36^{ns}	0.63^{ns}	0.56^{ns}
A x D	0.66^{ns}	0.17^{ns}	0.67^{ns}	0.43^{ns}	1.71^{ns}	0.27^{ns}
B x C	0.52^{ns}	0.58^{ns}	1.20^{ns}	1.11^{ns}	0.35^{ns}	0.26^{ns}
B x D	1.21^{ns}	1.47^{ns}	0.52^{ns}	0.16^{ns}	2.22^{ns}	0.17^{ns}
A x C x D	0.48^{ns}	0.64^{ns}	0.37^{ns}	0.28^{ns}	0.76^{ns}	0.97^{ns}
B x C x D	1.29^{ns}	0.82^{ns}	0.45^{ns}	0.46^{ns}	0.61^{ns}	1.21^{ns}
A x B x C	0.89^{ns}	1.40^{ns}	1.09^{ns}	0.78^{ns}	0.84^{ns}	0.96^{ns}
A x B x D	2.37^{*}	0.72^{ns}	0.52^{ns}	1.98^{ns}	1.68^{ns}	0.34^{ns}
A x B x C x D	1.42^{ns}	0.59^{ns}	1.03^{ns}	1.06^{ns}	0.47^{ns}	0.85^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความหนาแน่นอนุภาคของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ความหนาแน่นอนุภาคของดิน					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.02^{ns}	0.13^{ns}	0.40^{ns}	0.29^{ns}	0.26^{ns}	0.07^{ns}
B	0.09^{ns}	0.52^{ns}	1.56^{ns}	1.17^{ns}	1.58^{ns}	0.34^{ns}
C	0.36^{ns}	0.07^{ns}	0.27^{ns}	0.24^{ns}	0.59^{ns}	0.98^{ns}
D	2.91^{ns}	1.34^{ns}	0.17^{ns}	0.60^{ns}	0.17^{ns}	0.17^{ns}
A x B	0.58^{ns}	0.36^{ns}	1.44^{ns}	1.34^{ns}	1.50^{ns}	1.28^{ns}
C x D	1.92^{ns}	0.76^{ns}	0.37^{ns}	0.60^{ns}	1.52^{ns}	0.84^{ns}
A x C	2.63^{*}	0.29^{ns}	0.21^{ns}	0.19^{ns}	2.09^{ns}	0.84^{ns}
A x D	1.58^{ns}	0.93^{ns}	0.16^{ns}	2.62^{*}	1.08^{ns}	1.24^{ns}
B x C	0.43^{ns}	1.16^{ns}	0.29^{ns}	0.19^{ns}	0.14^{ns}	0.29^{ns}
B x D	0.90^{ns}	0.63^{ns}	1.18^{ns}	1.12^{ns}	0.73^{ns}	2.00^{ns}
A x C x D	1.67^{ns}	1.48^{ns}	0.48^{ns}	0.87^{ns}	1.22^{ns}	0.99^{ns}
B x C x D	1.52^{ns}	2.39^{*}	1.05^{ns}	1.10^{ns}	0.75^{ns}	0.87^{ns}
A x B x C	0.94^{ns}	1.68^{ns}	0.55^{ns}	0.97^{ns}	0.90^{ns}	1.12^{ns}
A x B x D	1.54^{ns}	0.42^{ns}	0.44^{ns}	0.26^{ns}	0.23^{ns}	1.13^{ns}
A x B x C x D	1.19^{ns}	1.97^{*}	0.53^{ns}	0.54^{ns}	0.94^{ns}	0.90^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของความพรุนรวมของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ความพรุนรวมของดิน					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.40^{ns}	0.17^{ns}	0.15^{ns}	0.35^{ns}	2.99^{ns}	0.29^{ns}
B	0.32^{ns}	0.25^{ns}	1.60^{ns}	0.43^{ns}	0.63^{ns}	1.47^{ns}
C	0.75^{ns}	0.02^{ns}	0.05^{ns}	0.62^{ns}	0.82^{ns}	0.36^{ns}
D	1.14^{ns}	0.11^{ns}	1.13^{ns}	0.09^{ns}	0.17^{ns}	0.19^{ns}
A x B	0.30^{ns}	0.39^{ns}	0.66^{ns}	0.16^{ns}	1.77^{ns}	2.14^{ns}
C x D	4.82^{**}	0.17^{ns}	0.84^{ns}	0.46^{ns}	0.73^{ns}	1.01^{ns}
A x C	1.21^{ns}	0.25^{ns}	0.39^{ns}	0.35^{ns}	0.42^{ns}	0.67^{ns}
A x D	0.69^{ns}	0.29^{ns}	0.70^{ns}	0.85^{ns}	1.32^{ns}	0.33^{ns}
B x C	0.37^{ns}	0.67^{ns}	1.23^{ns}	1.20^{ns}	0.30^{ns}	0.33^{ns}
B x D	0.80^{ns}	0.78^{ns}	0.62^{ns}	0.46^{ns}	1.89^{ns}	0.26^{ns}
A x C x D	0.64^{ns}	0.13^{ns}	0.35^{ns}	0.26^{ns}	0.69^{ns}	1.00^{ns}
B x C x D	1.35^{ns}	0.92^{ns}	0.35^{ns}	0.48^{ns}	0.54^{ns}	1.20^{ns}
A x B x C	0.87^{ns}	1.30^{ns}	0.92^{ns}	0.64^{ns}	0.67^{ns}	1.33^{ns}
A x B x D	2.05^{ns}	0.58^{ns}	0.45^{ns}	1.63^{ns}	1.55^{ns}	0.31^{ns}
A x B x C x D	1.37^{ns}	1.00^{ns}	1.15^{ns}	1.01^{ns}	0.56^{ns}	0.91^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของพีเอชของดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	พีเอชของดิน					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.22^{ns}	0.70^{ns}	1.03^{ns}	1.95^{ns}	0.49^{ns}	0.53^{ns}
B	0.08^{ns}	0.05^{ns}	1.73^{ns}	1.42^{ns}	1.33^{ns}	1.07^{ns}
C	0.03^{ns}	0.12^{ns}	1.43^{ns}	1.77^{ns}	3.19^{*}	0.37^{ns}
D	0.33^{ns}	0.07^{ns}	1.36^{ns}	1.09^{ns}	0.46^{ns}	2.98^{ns}
A x B	1.25^{ns}	1.78^{ns}	1.00^{ns}	1.88^{ns}	0.71^{ns}	1.00^{ns}
C x D	0.98^{ns}	0.74^{ns}	0.62^{ns}	1.01^{ns}	1.19^{ns}	0.38^{ns}
A x C	3.05^{*}	1.08^{ns}	0.50^{ns}	0.47^{ns}	2.73^{*}	2.71^{*}
A x D	1.01^{ns}	1.22^{ns}	0.63^{ns}	0.20^{ns}	1.25^{ns}	0.79^{ns}
B x C	0.09^{ns}	0.54^{ns}	0.38^{ns}	0.54^{ns}	0.12^{ns}	0.53^{ns}
B x D	0.57^{ns}	0.45^{ns}	0.51^{ns}	0.60^{ns}	1.22^{ns}	0.80^{ns}
A x C x D	1.02^{ns}	0.93^{ns}	0.62^{ns}	0.81^{ns}	2.04^{ns}	1.06^{ns}
B x C x D	0.73^{ns}	0.84^{ns}	1.08^{ns}	1.37^{ns}	1.80^{ns}	1.42^{ns}
A x B x C	1.08^{ns}	0.91^{ns}	0.62^{ns}	0.36^{ns}	1.84^{ns}	0.91^{ns}
A x B x D	1.12^{ns}	1.02^{ns}	0.64^{ns}	0.76^{ns}	1.56^{ns}	0.78^{ns}
A x B x C x D	1.09^{ns}	0.99^{ns}	0.74^{ns}	0.81^{ns}	0.78^{ns}	1.04^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณอินทรียวัตถุในดินในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	อินทรียวัตถุในดิน								
	ก่อนปลูก			หลังปลูก 1 ปี			หลังปลูก 2 ปี		
	0-5 ซม.	5-15 ซม.	15-30 ซม.	0-5 ซม.	5-15 ซม.	15-30 ซม.	0-5 ซม.	5-15 ซม.	15-30 ซม.
A	3.48^{ns}	0.30^{ns}	0.56^{ns}	0.19^{ns}	0.51^{ns}	0.18^{ns}	0.68^{ns}	0.66^{ns}	1.39^{ns}
B	1.45^{ns}	6.27^{*}	0.20^{ns}	0.61^{ns}	0.02^{ns}	0.24^{ns}	1.01^{ns}	0.72^{ns}	2.94^{ns}
C	0.31^{ns}	1.85^{ns}	0.68^{ns}	0.85^{ns}	0.62^{ns}	1.43^{ns}	0.26^{ns}	0.91^{ns}	0.02^{ns}
D	0.59^{ns}	0.61^{ns}	0.62^{ns}	2.86^{ns}	2.43^{ns}	3.98^{*}	0.95^{ns}	2.56^{ns}	3.33^{*}
A x B	4.81^{*}	6.47^{*}	2.02^{ns}	0.19^{ns}	0.27^{ns}	0.24^{ns}	0.80^{ns}	1.61^{ns}	2.19^{ns}
C x D	0.30^{ns}	0.89^{ns}	0.38^{ns}	0.76^{ns}	0.85^{ns}	0.54^{ns}	0.20^{ns}	0.21^{ns}	0.27^{ns}
A x C	0.72^{ns}	0.36^{ns}	0.91^{ns}	0.16^{ns}	0.58^{ns}	0.68^{ns}	0.80^{ns}	0.54^{ns}	1.22^{ns}
A x D	0.63^{ns}	0.13^{ns}	0.23^{ns}	0.85^{ns}	0.53^{ns}	0.58^{ns}	1.08^{ns}	1.30^{ns}	2.18^{ns}
B x C	1.04^{ns}	0.69^{ns}	1.48^{ns}	0.41^{ns}	0.20^{ns}	1.40^{ns}	0.60^{ns}	0.40^{ns}	0.65^{ns}
B x D	0.76^{ns}	1.10^{ns}	1.12^{ns}	1.90^{ns}	0.58^{ns}	2.28^{ns}	0.31^{ns}	0.58^{ns}	2.55^{*}
A x C x D	0.94^{ns}	0.51^{ns}	0.61^{ns}	0.55^{ns}	0.50^{ns}	1.50^{ns}	0.84^{ns}	0.81^{ns}	0.83^{ns}
B x C x D	1.05^{ns}	1.89^{ns}	1.32^{ns}	0.80^{ns}	0.96^{ns}	1.17^{ns}	0.96^{ns}	1.33^{ns}	1.03^{ns}
A x B x C	0.95^{ns}	1.03^{ns}	1.09^{ns}	0.45^{ns}	0.83^{ns}	1.05^{ns}	0.51^{ns}	0.59^{ns}	0.62^{ns}
A x B x D	0.36^{ns}	0.66^{ns}	1.13^{ns}	0.41^{ns}	0.76^{ns}	1.57^{ns}	0.88^{ns}	0.74^{ns}	1.59^{ns}
A x B x C x D	0.60^{ns}	1.16^{ns}	1.25^{ns}	0.74^{ns}	1.23^{ns}	1.09^{ns}	1.00^{ns}	0.46^{ns}	0.63^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณไนโตรเจนรวมในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ปริมาณไนโตรเจนรวม					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	1.85^{ns}	1.67^{ns}	1.26^{ns}	2.39^{ns}	0.09^{ns}	0.06^{ns}
B	0.11^{ns}	0.22^{ns}	0.92^{ns}	0.99^{ns}	0.01^{ns}	0.04^{ns}
C	0.90^{ns}	0.32^{ns}	0.11^{ns}	1.64^{ns}	0.32^{ns}	0.66^{ns}
D	0.36^{ns}	2.58^{ns}	0.31^{ns}	0.27^{ns}	4.90^{**}	3.33^{*}
A x B	4.13^{*}	3.42^{ns}	1.93^{ns}	3.30^{ns}	3.08^{ns}	3.06^{ns}
C x D	0.07^{ns}	0.59^{ns}	1.07^{ns}	0.99^{ns}	1.12^{ns}	0.68^{ns}
A x C	0.27^{ns}	0.13^{ns}	0.10^{ns}	0.64^{ns}	0.91^{ns}	1.00^{ns}
A x D	0.47^{ns}	1.25^{ns}	1.45^{ns}	1.13^{ns}	0.48^{ns}	0.74^{ns}
B x C	0.13^{ns}	0.63^{ns}	0.47^{ns}	0.53^{ns}	1.28^{ns}	0.74^{ns}
B x D	0.61^{ns}	0.73^{ns}	1.07^{ns}	0.24^{ns}	1.01^{ns}	1.98^{ns}
A x C x D	0.54^{ns}	0.80^{ns}	0.77^{ns}	1.16^{ns}	0.56^{ns}	0.57^{ns}
B x C x D	1.62^{ns}	0.51^{ns}	0.87^{ns}	1.91^{ns}	1.88^{ns}	1.03^{ns}
A x B x C	0.50^{ns}	0.19^{ns}	0.38^{ns}	0.49^{ns}	0.33^{ns}	0.56^{ns}
A x B x D	0.78^{ns}	1.79^{ns}	0.40^{ns}	0.68^{ns}	1.37^{ns}	1.88^{ns}
A x B x C x D	1.08^{ns}	1.31^{ns}	0.88^{ns}	0.76^{ns}	0.73^{ns}	0.86^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	1.97^{ns}	7.65^{*}	0.16^{ns}	0.15^{ns}	0.12^{ns}	0.52^{ns}
B	0.33^{ns}	1.67^{ns}	2.56^{ns}	0.52^{ns}	0.23^{ns}	0.23^{ns}
C	0.94^{ns}	0.55^{ns}	0.24^{ns}	0.11^{ns}	0.23^{ns}	0.09^{ns}
D	0.05^{ns}	1.04^{ns}	0.40^{ns}	0.06^{ns}	0.47^{ns}	0.71^{ns}
A x B	0.32^{ns}	1.10^{ns}	0.63^{ns}	1.03^{ns}	0.65^{ns}	0.73^{ns}
C x D	0.50^{ns}	0.51^{ns}	0.41^{ns}	0.93^{ns}	0.72^{ns}	1.30^{ns}
A x C	0.25^{ns}	0.38^{ns}	0.71^{ns}	0.69^{ns}	0.76^{ns}	1.30^{ns}
A x D	0.16^{ns}	0.89^{ns}	0.17^{ns}	0.52^{ns}	0.89^{ns}	0.48^{ns}
B x C	1.25^{ns}	0.39^{ns}	0.30^{ns}	0.66^{ns}	0.62^{ns}	0.59^{ns}
B x D	1.74^{ns}	0.32^{ns}	0.98^{ns}	0.32^{ns}	1.18^{ns}	0.54^{ns}
A x C x D	0.85^{ns}	1.38^{ns}	0.66^{ns}	1.15^{ns}	0.94^{ns}	0.97^{ns}
B x C x D	1.25^{ns}	0.59^{ns}	0.90^{ns}	1.75^{ns}	1.03^{ns}	0.86^{ns}
A x B x C	1.49^{ns}	0.83^{ns}	0.42^{ns}	0.40^{ns}	0.66^{ns}	0.62^{ns}
A x B x D	0.87^{ns}	0.45^{ns}	1.08^{ns}	0.82^{ns}	0.65^{ns}	0.50^{ns}
A x B x C x D	1.37^{ns}	0.81^{ns}	0.84^{ns}	1.53^{ns}	1.23^{ns}	1.33^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	1.47^{ns}	3.98^{ns}	0.51^{ns}	1.02^{ns}	0.46^{ns}	1.21^{ns}
B	0.76^{ns}	1.21^{ns}	0.85^{ns}	2.22^{ns}	0.86^{ns}	0.44^{ns}
C	0.28^{ns}	0.15^{ns}	0.93^{ns}	0.35^{ns}	1.38^{ns}	0.53^{ns}
D	0.02^{ns}	0.51^{ns}	2.17^{ns}	1.00^{ns}	1.78^{ns}	0.31^{ns}
A x B	4.46^{*}	8.33^{**}	1.25^{ns}	4.17^{*}	0.83^{ns}	0.67^{ns}
C x D	0.58^{ns}	1.25^{ns}	0.88^{ns}	0.55^{ns}	0.33^{ns}	1.49^{ns}
A x C	0.30^{ns}	0.48^{ns}	0.82^{ns}	0.72^{ns}	1.14^{ns}	1.55^{ns}
A x D	0.57^{ns}	1.91^{ns}	1.10^{ns}	1.34^{ns}	0.25^{ns}	0.53^{ns}
B x C	1.94^{ns}	1.78^{ns}	0.29^{ns}	0.81^{ns}	0.30^{ns}	0.53^{ns}
B x D	1.25^{ns}	1.63^{ns}	0.21^{ns}	0.16^{ns}	1.31^{ns}	1.72^{ns}
A x C x D	1.17^{ns}	1.35^{ns}	0.92^{ns}	0.97^{ns}	1.97^{ns}	1.56^{ns}
B x C x D	1.18^{ns}	0.62^{ns}	1.07^{ns}	1.41^{ns}	1.55^{ns}	0.91^{ns}
A x B x C	0.30^{ns}	0.45^{ns}	0.42^{ns}	0.38^{ns}	0.66^{ns}	1.04^{ns}
A x B x D	0.67^{ns}	0.98^{ns}	0.80^{ns}	0.89^{ns}	0.67^{ns}	1.08^{ns}
A x B x C x D	1.12^{ns}	1.16^{ns}	0.87^{ns}	0.70^{ns}	0.75^{ns}	1.15^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.50^{ns}	0.08^{ns}	0.25^{ns}	0.89^{ns}	0.22^{ns}	0.49^{ns}
B	0.38^{ns}	0.09^{ns}	2.49^{ns}	0.78^{ns}	1.67^{ns}	0.52^{ns}
C	1.71^{ns}	1.32^{ns}	1.15^{ns}	0.78^{ns}	1.23^{ns}	0.47^{ns}
D	0.63^{ns}	0.96^{ns}	1.99^{ns}	1.40^{ns}	2.48^{ns}	1.46^{ns}
A x B	1.13^{ns}	1.14^{ns}	0.62^{ns}	0.70^{ns}	0.91^{ns}	1.35^{ns}
C x D	1.49^{ns}	1.91^{ns}	0.24^{ns}	0.33^{ns}	0.29^{ns}	0.51^{ns}
A x C	0.51^{ns}	0.57^{ns}	0.15^{ns}	0.65^{ns}	0.43^{ns}	0.50^{ns}
A x D	0.81^{ns}	0.74^{ns}	0.39^{ns}	0.80^{ns}	0.33^{ns}	0.40^{ns}
B x C	0.25^{ns}	0.43^{ns}	0.56^{ns}	1.84^{ns}	1.89^{ns}	1.46^{ns}
B x D	0.49^{ns}	0.69^{ns}	1.67^{ns}	0.32^{ns}	1.76^{ns}	1.85^{ns}
A x C x D	0.59^{ns}	0.47^{ns}	0.68^{ns}	0.47^{ns}	1.24^{ns}	1.22^{ns}
B x C x D	0.94^{ns}	0.51^{ns}	1.12^{ns}	0.94^{ns}	1.65^{ns}	1.21^{ns}
A x B x C	0.54^{ns}	1.08^{ns}	0.58^{ns}	1.36^{ns}	0.60^{ns}	0.76^{ns}
A x B x D	1.76^{ns}	1.53^{ns}	0.35^{ns}	0.57^{ns}	1.33^{ns}	1.55^{ns}
A x B x C x D	0.65^{ns}	1.02^{ns}	0.74^{ns}	0.71^{ns}	0.69^{ns}	0.56^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกปัจจัยการศึกษาในช่วงก่อนปลูกและภายหลังปลูก 1 และ 2 ปี

ปัจจัยการศึกษา	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้					
	ก่อนปลูก		หลังปลูก 1 ปี		หลังปลูก 2 ปี	
	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.	0-15 ซม.	15-30 ซม.
A	0.04^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}	0.31^{ns}	0.04^{ns}	0.24^{ns}
B	0.28^{ns}	0.31^{ns}	2.79^{ns}	1.19^{ns}	1.92^{ns}	2.73^{ns}
C	1.65^{ns}	1.27^{ns}	2.11^{ns}	0.69^{ns}	1.93^{ns}	1.19^{ns}
D	0.30^{ns}	0.49^{ns}	2.14^{ns}	1.41^{ns}	3.28^{*}	1.29^{ns}
A x B	1.69^{ns}	1.70^{ns}	0.66^{ns}	0.93^{ns}	0.95^{ns}	1.76^{ns}
C x D	0.17^{ns}	0.85^{ns}	0.14^{ns}	0.57^{ns}	0.25^{ns}	0.53^{ns}
A x C	0.41^{ns}	0.58^{ns}	0.08^{ns}	0.60^{ns}	0.78^{ns}	0.65^{ns}
A x D	0.53^{ns}	0.85^{ns}	0.59^{ns}	0.86^{ns}	0.80^{ns}	0.51^{ns}
B x C	0.14^{ns}	0.12^{ns}	0.95^{ns}	1.49^{ns}	1.81^{ns}	1.33^{ns}
B x D	0.65^{ns}	1.09^{ns}	1.54^{ns}	0.58^{ns}	1.03^{ns}	1.47^{ns}
A x C x D	0.91^{ns}	0.79^{ns}	0.77^{ns}	0.49^{ns}	0.99^{ns}	1.09^{ns}
B x C x D	1.71^{ns}	0.47^{ns}	1.35^{ns}	1.42^{ns}	2.21^{*}	1.43^{ns}
A x B x C	0.48^{ns}	0.61^{ns}	0.58^{ns}	0.88^{ns}	0.46^{ns}	0.80^{ns}
A x B x D	1.28^{ns}	1.25^{ns}	0.54^{ns}	0.77^{ns}	1.34^{ns}	1.73^{ns}
A x B x C x D	0.66^{ns}	0.64^{ns}	0.73^{ns}	0.61^{ns}	0.76^{ns}	0.68^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของการเติบโตในทุกปัจจัยการศึกษา เมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา	การเติบโต		
	เส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ความสูงทั้งหมด
A	2.58^{ns}	2.78^{ns}	2.49^{ns}
B	7.88^{*}	5.43^{*}	4.39^{ns}
C	0.59^{ns}	0.52^{ns}	0.76^{ns}
D	1.76^{ns}	1.45^{ns}	4.31^{*}
A x B	1.01^{ns}	1.05^{ns}	1.72^{ns}
C x D	0.58^{ns}	0.81^{ns}	0.49^{ns}
A x C	0.28^{ns}	0.21^{ns}	0.22^{ns}
A x D	0.56^{ns}	0.51^{ns}	0.20^{ns}
B x C	0.39^{ns}	0.32^{ns}	0.04^{ns}
B x D	1.21^{ns}	1.17^{ns}	0.63^{ns}
A x C x D	0.34^{ns}	0.39^{ns}	0.75^{ns}
B x C x D	2.12^{*}	2.25^{*}	2.63^{*}
A x B x C	0.78^{ns}	0.78^{ns}	0.70^{ns}
A x B x D	0.95^{ns}	1.07^{ns}	0.96^{ns}
A x B x C x D	0.65^{ns}	0.69^{ns}	1.30^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของอัตราการเติบโตในทุกปัจจัยการศึกษา เมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา	อัตราการเติบโต		
	เส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ความสูงทั้งหมด
A	2.53^{ns}	2.83^{ns}	2.56^{ns}
B	8.12*	5.47*	4.41^{ns}
C	0.62^{ns}	0.58^{ns}	0.74^{ns}
D	1.82^{ns}	1.49^{ns}	4.39*
A x B	1.07^{ns}	1.04^{ns}	1.73^{ns}
C x D	0.59^{ns}	0.83^{ns}	0.48^{ns}
A x C	0.32^{ns}	0.23^{ns}	0.22^{ns}
A x D	0.59^{ns}	0.53^{ns}	0.20^{ns}
B x C	0.42^{ns}	0.35^{ns}	0.05^{ns}
B x D	1.24^{ns}	1.14^{ns}	0.63^{ns}
A x C x D	0.35^{ns}	0.40^{ns}	0.75^{ns}
B x C x D	2.11*	2.28*	2.63*
A x B x C	0.80^{ns}	0.82^{ns}	0.70^{ns}
A x B x D	0.99^{ns}	1.12^{ns}	0.96^{ns}
A x B x C x D	0.67^{ns}	0.70^{ns}	1.32^{ns}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (F-value) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในทุกปัจจัยการศึกษาเมื่อยูคาลิปตัสอายุ 24 เดือน

ปัจจัยการศึกษา	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์		
	เส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ความสูงทั้งหมด
A	0.14^{ns}	2.16^{ns}	5.62^{*}
B	7.14^{*}	4.36^{ns}	4.01^{ns}
C	0.68^{ns}	0.11^{ns}	0.14^{ns}
D	3.18^{*}	1.12^{ns}	5.47^{**}
A x B	1.82^{ns}	0.78^{ns}	1.53^{ns}
C x D	0.49^{ns}	0.78^{ns}	0.55^{ns}
A x C	1.08^{ns}	0.15^{ns}	0.81^{ns}
A x D	1.31^{ns}	0.24^{ns}	0.49^{ns}
B x C	0.98^{ns}	0.27^{ns}	0.42^{ns}
B x D	2.00^{ns}	1.28^{ns}	0.51^{ns}
A x C x D	1.43^{ns}	0.46^{ns}	1.13^{ns}
B x C x D	1.54^{ns}	2.04^{ns}	2.75^{**}
A x B x C	1.15^{ns}	0.86^{ns}	0.77^{ns}
A x B x D	1.55^{ns}	1.13^{ns}	1.12^{ns}
A x B x C x D	1.76^{ns}	0.66^{ns}	2.15^{*}

หมายเหตุ A คือ สายต้นยูคาลิปตัส B คือ วิธีการปรับปรุงดิน C คือ สูตรปุ๋ย
D คือ อัตราการใส่ปุ๋ย
** คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)
* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดิน (ก./ลบ.ซม.)	ระดับ
<1.2	ต่ำ
1.2-1.4	ค่อนข้างต่ำ
1.4-1.6	ปานกลาง
1.6-1.8	ค่อนข้างสูง
1.8-2.0	สูง
>2.0	สูงมาก

ที่มา : นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 18 เกณฑ์มาตรฐานพีเอชของดิน

ระดับ (level)	พีเอช (pH)
เป็นกรดจัดมาก (extreme acidity)	< 4.5
เป็นกรดจัด (very strong acidity)	4.5-5.0
เป็นกรดแก่ (strong acidity)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (medium acidity)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slight acidity)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างอ่อน (slight alkalinity)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (medium alkalinity)	7.9-8.4
เป็นด่างแก่ (strong alkalinity)	8.5-9.0
เป็นด่างจัด (extreme alkalinity)	> 9.0

ที่มา : USDA (1972)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน

ระดับ (level)	อินทรียวัตถุ (OM) (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (P)	โพแทสเซียม (K)	แคลเซียม (Ca)	แมกนีเซียม (Mg)
		(มก./กก.)			
ต่ำมาก (very low)	< 0.5	< 3	< 30	< 40	< 36
ต่ำ (low)	0.5-1.0	3-6	30-60	40-1,000	36-120
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0-1.5	6-10			
ปานกลาง (medium)	1.5-2.5	10-15	60-90	1,000-2,000	120-360
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5-3.5	15-25			
สูง (high)	3.5-4.5	25-45	90-120	2,000-4,000	360-960
สูงมาก (very high)	> 4.5	> 45	> 120	> 4,000	> 960

ที่มา : USDA (1972)

ตารางผนวกที่ 20 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) ในดิน

ระดับ (level)	ไนโตรเจน (ก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	< 0.25
ต่ำ (low)	0.50-0.75
ปานกลาง (medium)	0.75-1.25
สูง (high)	1.25-1.75
สูงมาก (very high)	> 2.25

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายธนวิช สุวรรณเรืองฉาย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 3 พฤษภาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะวนศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพป่าไม้ (วนวัฒนวิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	พนักงานราชการ (นักวิชาการป่าไม้)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์