BRT 539030

ผลตัดของผลผลิตมวลชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย

นางสาวป่านแก้ว รัตนศิลป์กัลยาญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-361-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
c/o ศูนย์วิจัยพันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

พลวัตของผลผลิตมวลชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย

นางสาวปานแก้ว รัตนศิลป์กัลชาญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 636 - 361 - 1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RECEIVED
BY 27 DATE W.A. 2540

DYNAMIC OF BIOMASS PRODUCTIVITY AND SOIL FERTILITY IN THE DIVERSIFIED AGROFORESTRY SYSTEMS

MISS PANKAEW RATTANASINGANLACHAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Biology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974 - 636 - 361 - 1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	พลวัตของผลผลิตมวลชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย
โดย	นางสาวปานแก้ว รัตนศิลป์กัลชาญ
ภาควิชา	ชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. จิรากรณ์ คชเสนี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. อุษณีย์ ยศยิ่งยวด

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยศยิ่งยวด)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษณีย์ ยศยิ่งยวด)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

BRT 539030

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ปานแก้ว รัตนศิลป์กัลชาญ : พลวัตของผลผลิตมวลชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย (DYNAMIC OF BIOMASS PRODUCTIVITY AND SOIL FERTILITY IN THE DIVERSIFIED AGROFORESTRY SYSTEMS.) อ. ปรึกษา : รศ. ดร. จิรากรณ์ คชเสนี, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. อุษณีย์ ยศยิ่งยวด, 105 หน้า
ISBN 974 - 636 - 361 - 1

การทดลองของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายโดยพัฒนามาจากระบบหมู่บ้านป่าไม้ ในพื้นที่สวนป่าแม่เมาะขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2531 โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงพลวัตของผลผลิตมวลชีวภาพ, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และขบวนการอื่นๆ ในระบบนิเวศอย่างต่อเนื่อง การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาพลวัตการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสัก อัตราการรอดตายของต้นสัก และความอุดมสมบูรณ์ของดิน การศึกษาในดินประกอบไปด้วย ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนรวม ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก อลูมินั่มที่สกัดได้ ค่าพีเอช และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ผลการศึกษาพบว่าในแปลงระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายสูงกว่าจะมีผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสัก และอัตราการรอดตายของต้นสักสูงกว่าในแปลงที่มีความหลากหลายต่ำกว่า ทั้งนี้ไม่พบว่าในแปลงที่มีความหลากหลายสูงมีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากกว่าแปลงที่มีความหลากหลายต่ำกว่า แต่จะพบว่าแปลงที่ความหลากหลายสูงมีค่าพีเอชสูงและปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ต่ำ ในขณะเดียวกันพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในแปลงสัก+ซ้อค่าสูงมาก แต่ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ก็มีค่าสูงมากด้วย

ค่าความสัมพันธ์เหล่านี้แสดงว่าผลผลิตมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มสูงขึ้นในแปลงที่มีความหลากหลายสูงกว่าไม่ได้เป็นผลมาจากความสัมพันธ์โดยตรงกับสารอาหาร แต่เป็นเพราะว่าความเป็นพิษของอลูมินั่มน้อย และการหมุนเวียนของสารที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง

ภาควิชา ชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา สัตววิทยา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C 627293 : MAJOR ZOOLOGY
KEY WORD: DYNAMIC / PRODUCTIVITY / SOIL FERTILITY / DIVERSITY / AGROFORESTRY SYSTEM

PANKAEW RATTANASINGANLACHAN : DYNAMIC OF BIOMASS PRODUCTIVITY AND SOIL FERTILITY IN THE DIVERSIFIED AGROFORESTRY SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. JIRAGORN GAJASENI, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. USANEE YODYINGYUAD, Ph.D. 105 PP. ISBN.....974 - 636 - 361 - 1

The experimental trial on diversified agroforestry systems have been developed at Mae Moh Forest Village System, Mae Moh district, Lampang province since 1989. The dynamic of system productivity, soil fertility, and other ecosystem processes have been closely monitoring. The purposes of this study are monitoring total system productivity, teak productivity, teak survivorship, and soil fertility dynamic. The soil study includes available and total phosphorus, total nitrogen, organic matter, total carbon, cation exchange capacity, extractable aluminum, pH and C:N ratio.

The results show that the more diversified of agroforestry plots have higher total system productivity, teak productivity, and teak survivorship than the less diversified plots. There are no significant difference between the more diversified plots and the less diversified plots in an incresse of nutrient availability. However, the more diversified plot are less acidic and low in extractable aluminum when compared with the less diversified plots. Although there are high correlations of organic matter, total nitrogen and total phosphorus in the of teak + gmelina plots, the extractable aluminum in the soil is also high.

These correlations can be inferred that higher productuvity in the higher diversified plots do not resulted from nutrient correlation per so, that because of less aluminum toxicity, more rapid and higher efficiency of nutrient cyclings.

ภาควิชา ชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สัตววิทยา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. จิรากรณ์ คชเสนี ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทนา คชเสนี รองศาสตราจารย์ ดร. อุษณีย์ ยศยิ่งยวด รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และอาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยศยิ่งยวด ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร กรรมการที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมกับให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดจนช่วยตรวจสอบลายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทยที่ให้เงินอุดหนุนงานวิจัยบางส่วน

ขอบคุณฝ่ายผลิตไม้ภาคเหนือองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยคุณบุญเลิศ ศรีสุขใส อดีตหัวหน้าสวนป่าแม่เมาะ คุณกิตติ พรศิริ หัวหน้าสวนป่าแม่เมาะ และเจ้าหน้าที่สวนป่าแม่เมาะจังหวัดลำปางทุกท่าน ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ในการทำวิจัยภาคสนามที่พัก และความสะดวกต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างดิน

ขอบคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาทุกท่าน รวมถึงทุกท่านที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์นี้ด้วยที่กรุณาอำนวยความสะดวกและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้ตลอดมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และน้อง ๆ ในการสนับสนุนและเป็นกำลังใจอันสำคัญอย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญแผนภูมิ..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ
บทที่
1. บทนำ..... 1
2. ตรวจเอกสาร..... 8
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 17
4. ผลการศึกษา..... 21
5. วิจารณ์ผลการศึกษา..... 64
6. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 76
รายการอ้างอิง..... 77
ภาคผนวก ก..... 87
ภาคผนวก ข..... 98
ประวัติผู้เขียน..... 105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินในสวนป่าแม่เมาะ	27
4.2	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	29
4.3	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	32
4.4	อัตราการรอดตายของต้นสัก	35
4.5	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	38
4.6	ค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	41
4.7	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน	44
4.8	ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในดิน	47
4.9	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน	50
4.10	ปริมาณคาร์บอนรวมในดิน	53
4.11	ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน	56
4.12	อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	59
4.13	ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้	62
1	อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์	99
2	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ของแปลงสัก	100
3	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ของแปลงสัก + ซ้อ	101
4	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ของแปลงสัก + มะขาม	102
5	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ของแปลงสัก + มะขาม + ขนุน	103
6	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ของแปลงสัก + มะขาม + ขนุน + มะม่วงหิมพานต์	104

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	อุณหภูมิเฉลี่ย	24
2	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย	25
3	ปริมาณน้ำฝน	26
4	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	30
5	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	33
6	อัตราการรอดตายของต้นสัก	36
7	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	39
8	ค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	42
9	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน	45
10	ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในดิน	48
11	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม	51
12	ปริมาณคาร์บอนรวม	54
13	ปริมาณไนโตรเจนรวม	57
14	อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	60
15	ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้	63

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่ หน้า

1 แผนที่แปลงทดลองปลูกพืชในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย.....5

2 ระดับความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และประโยชน์ต่อความหลากหลาย-ทางชีวภาพของระบบนิเวศต่างๆ ในเขตร้อน.....11

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรป่าไม้ทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเขตร้อนหรือป่าฝนเขตร้อน (Tropical rain forest) ซึ่งมีพื้นที่ร้อยละ 2 ของพื้นที่โลก และเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตราว 5 ล้านชนิด คิดเป็นร้อยละ 40 ถึง 50 ของสิ่งมีชีวิตทั้งมวลทั่วโลก จึงเป็นพื้นที่ป่าไม้เต็มไปด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Biological diversity หรือBiodiversity) ที่สำคัญที่สุดของโลก (Wilson, 1988) จากการสำรวจของ FAO พบว่าอัตราการทำลายป่าไม้เขตร้อนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่ป่าไม้เขตร้อนทั้งหมด 11,610,150 ตารางกิโลเมตร นั้นถูกทำลายไปเกือบ 5 ล้านตารางกิโลเมตร จนเหลือเพียง 6,684,150 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2535 (FAO, 1982) ประเทศไทยก็ประสบกับปัญหานี้เช่นกัน จากสถิติป่าไม้ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2504 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีประมาณร้อยละ 53 ของเนื้อที่ประเทศ ขณะที่ปี พ.ศ. 2536 เหลือเพียงร้อยละ 26.02 ของเนื้อที่ประเทศ (กรมป่าไม้, 2537)

สาเหตุของการสูญพื้นที่ป่าไม้ไปอย่างรวดเร็วนี้มีผู้ให้เหตุผลว่า เนื่องจากประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัญหาการเมืองการปกครอง และปัญหาการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อความหลากหลายต่อทางชีวภาพ การพัฒนาเศรษฐกิจโดยเฉพาะการทำเกษตรกรรมที่ไม่ยั่งยืน และการจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ผิดพลาดส่งผลให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมอย่างมาก (World resource institure / IIED, 1988) ถึงแม้ว่าปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในอัตราที่สูงกว่าในอดีตมากมาจากการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ ทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญประเภทหนึ่งคือป่าไม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้สัก ในอดีตประเทศไทยเคยส่งไม้สักออกไปขายต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นอันดับ 2 รองจากข้าว แต่ในปัจจุบันประเทศไทยต้องสั่งไม้เข้ามาใช้ในประเทศ(มณฑี โพธิ์ทัย, 2536) ไม้สัก(*Tectona grandis*. Linn.) เคยเป็นสินค้าออกที่มีความสำคัญมากของประเทศไทยในอดีตเนื่องจากเป็นไม้คุณภาพดี เนื้อละเอียด ลวดลายสวยงาม ปัจจุบันผลผลิตไม้สักลดลงอย่างมากจาก 300×10^3 ลูกบาศก์-เมตร ในปีพ.ศ. 2514 เหลือเพียง 39×10^3 ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2528 (กรมป่าไม้, 2528)

ซึ่งเกิดจากการทำลายเป็นขั้นเป็นตอนต่อเนื่องกันคือ เริ่มต้นจากการทำไม้เพื่อการค้าโดยการเลือกตัดฟันไม้ที่ได้ขนาดและมีค่าทางเศรษฐกิจออกไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นสัก ซึ่งเป็นต้นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก โดยในระบบการให้สัมปทานป่าไม้นั้นใช้วิธีการเลือกฟัน(Selective logging) เฉพาะต้นสักที่ได้ขนาดตามที่กฎหมายกำหนด การคัดเลือกตัดฟันนี้ทำให้โครงสร้างของป่าสักธรรมชาติเสื่อมโทรมเพราะเหลือแต่ต้นไม้ขนาดเล็ก หลังจากนั้นขบวนการทำไม้นอกกฎหมายก็จะทำการตัดต้นไม้ที่ยังไม่ได้ขนาดตามที่กฎหมายกำหนด ขั้นตอนทั้งสองนี้ส่งผลทำให้โครงการสร้างของป่าสักเสื่อมโทรมมีแต่ต้นไม้ขนาดเล็กไม่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจอีกต่อไป (Gajaseni and Jordan, 1990) หลังจากนั้นป่าที่เสื่อมโทรมจะถูกบุกรุกโดยชาวบ้านผู้ไม่มีที่ทำกินครอบครองแล้วทำลายเพื่อการเกษตร (จิรากรณ์ คชเสนี, 2537) โดยในอดีตเป็นการทำไร่เลื่อนลอย (Shifting cultivation) หรือเป็นการทำการเกษตรแบบถางแล้วเผา (Sash and burn agriculture) นั้นไม่ได้เป็นการทำลายดินให้เสื่อมคุณภาพไปอย่างสิ้นเชิง แต่การทำเกษตรกรรมแบบถาวรโดยการใช้ปุ๋ยซึ่งเป็นการปรับให้เหมาะสมทางสังคมนั้น พบว่ามีการลงทุนสูงเพื่อรักษาศักยภาพในการผลิต และส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะดิน (Na Nagara, 1991)

แผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2504 - 2509) กำหนดให้มีเนื้อที่ป่า 250,000 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 50 ของพื้นที่ประเทศไทย แต่ปรากฏว่าเมื่อผ่านแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 2 (พ.ศ.2510 - 2514) ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2514 - 2519) และฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520 - 2524) จนกระทั่งแผนพัฒนาฉบับที่ 6 ในพ.ศ.2534 เนื้อที่ป่าไม้ได้ถูกบุกรุกจนเหลือเนื้อที่ป่าเพียง 26 % ของเนื้อที่ประเทศ และมีแนวโน้มที่เชื่อได้ว่าเนื้อที่ป่าจะลดลงเรื่อย ๆ (นิวัต เรืองพานิช, 2537) เนื่องจากมีการประมาณการว่าความต้องการไม้ทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จากประมาณ 1,200 ล้านลูกบาศก์เมตรใน พ.ศ. 2515 เป็น 2,500 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี พ.ศ. 2543 (Johnson, 1976) ความพยายามที่จะแก้ปัญหาผลผลิตไม้สักของประเทศไทย องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ได้พัฒนาระบบหมู่บ้านป่าไม้ซึ่งเป็นระบบ "วนเกษตร" ขึ้นในภาคเหนือ ระบบดังกล่าวเป็นระบบที่ปลูกพืชเกษตรกรรมร่วมกับไม้สัก ผลดีของระบบนี้ก็คือ นำชาวบ้านที่ยากจนขาดที่ดินทำกิน เคยทำการเกษตรแบบดั้งเดิม (ทำไร่เลื่อนลอย) และตัดไม้ทำลายป่า ให้เข้ามารับจ้างปลูกสักพร้อมกับปลูกพืชเกษตรกรรมเพื่อใช้ยังชีพในช่วงที่ต้นสักยังไม่แผ่เรือนยอด ซึ่งเป็นระยะ 2 - 3 ปีแรก (สอาด บุญเกิด, 2524)

จากการวิเคราะห์ระบบหมู่บ้านป่าไม้ Gajaseni (1988) พบปัญหาที่สำคัญ 3 ประการ

1. ปัญหาเศรษฐกิจและสังคมต่อชาวชนบทที่เข้ามาร่วมในระบบดังกล่าว เนื่องจากชาวบ้านสามารถทำการเพาะปลูกพืชเกษตรเพื่อยังชีพได้ในช่วง 2 - 3 ปีแรกเท่านั้น ไม่สามารถใช้พื้นที่นั้นในระยะยาว ต้องย้ายไปทำการเพาะปลูกในพื้นที่แห่งใหม่

2. ในแง่การใช้ดิน เป็นการใช้ดินที่ยังไม่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากพื้นที่นั้นจะมีผลประโยชน์ในระยะสั้นช่วง 2 - 3 ปีแรกจากพืชเกษตรกรรม หลังจากนั้นต้องรอไปถึง 60 ปีเพื่อให้ได้ผลผลิตจากไม้สักที่ปลูก

3. พืชเกษตรกรรมและต้นสักมีปัญหาการแก่งแย่งเกิดขึ้น มีผลทำให้พืชเกษตรกรรมมีผลผลิตลดลงกว่าการปลูกพืชเกษตรกรรมเพียงอย่างเดียว

ความแตกต่างระหว่างต้นสักในป่าธรรมชาติกับต้นสักในแปลงปลูกจากระบบหมู่บ้านป่าไม้ คือต้นสักในแปลงปลูกมีอายุเดียวกัน ในขณะที่ต้นสักในป่าธรรมชาติจะมีอายุต่างกัน ความแตกต่างนี้มีความหมายในทางนิเวศวิทยาดังนี้ (Jordan and Gajaseni, 1989) ต้นไม้ที่มีอายุเดียวกันย่อมมีโครงสร้างเหมือนกัน ในขณะที่ความต้องการปัจจัยในการดำรงชีพเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นเมื่อความสูงของเรือนยอดอยู่ในระดับเดียวกันและระบบรากอยู่ที่ระบบความลึกเดียวกัน ย่อมก่อให้เกิดการแก่งแย่งแสงหรือสารอาหารในดินเกิดขึ้น ขณะที่ต้นไม้ที่มีช่วงอายุต่างกัน มีความสูงของเรือนยอดและความลึกของระบบรากต่างกัน ทำให้มีการแก่งแย่งแสงและสารอาหารในดินน้อย นอกจากนี้ยังทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้แสงและสารอาหารได้อย่างสูง

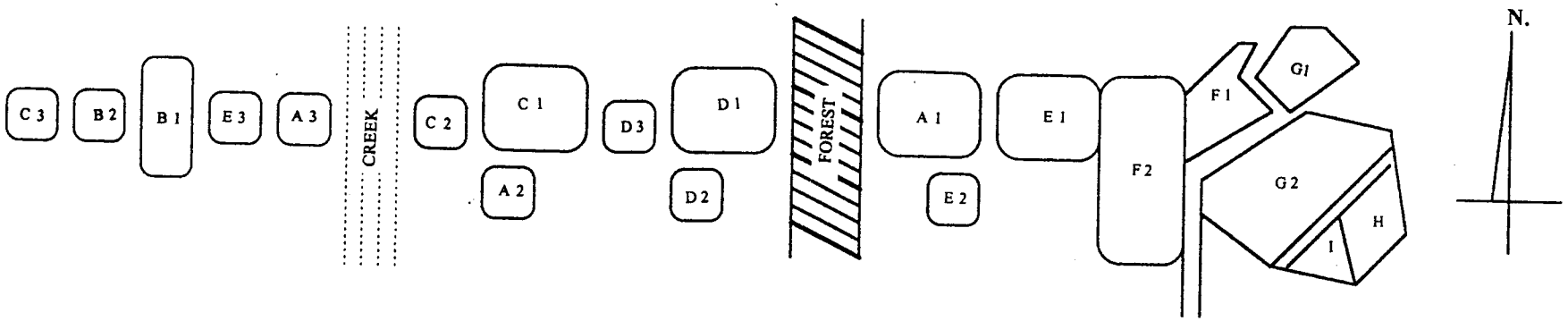
จากหลักการดังกล่าว จึงได้นำมาใช้แก้ปัญหาหมู่บ้านป่าไม้ Jordan and Gajaseni (1990) ได้ทำการพัฒนาระบบให้เป็นระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย (Diversified agroforestry system) ที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ในพื้นที่สวนป่าแม่เมาะขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เมื่อพ.ศ. 2531 โดยมีหลักการดังนี้

1. เพิ่มระยะห่างระหว่างต้นสักที่ปลูกในระบบ
2. ปลูกแทรกด้วยต้นไม้หลายชนิดที่มีวงจรชีวิตต่างกัน มีผลทำให้
   2.1 มีเรือนยอดต่างระดับกัน
   2.2 มีระบบรากอยู่ต่างระดับความลึกกัน
   2.3 มีความต้องการสารอาหารแตกต่างกัน
3. ต้นไม้ที่เพิ่มเข้ามาต้องให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระยะปานกลางระหว่าง 5 ถึง 5 - 12 ปี ต้นที่เลือกเข้ามาเพื่อทำให้ระบบมีความหลากหลายคือ
   1. สัก (*Tectona grandis*)
   2. ซ้อ (*Gmelina arborea*)
   3. มะขาม (*Tamarindus indica*)
   4. ขนุน (*Artocarpus heterophyllus*)
   5. มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*)

โดยได้จัดแปลงทดลองปลูกพืชในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายดังนี้

1. สักชนิดเดียว
2. สัก + ซ้อ
3. สัก + มะขาม
4. สัก + มะขาม + ขนุน
5. สัก + มะขาม + ขนุน + มะม่วงหิมพานต์

นอกจากนี้ยังมีการทดลองสร้างระบบวนเกษตรแบบต่าง ๆ เพื่อการวิจัยทางนิเวศวิทยาในระยะยาว ดังแผนภาพประกอบที่ 1.



A = *Tectona grandis* + *Tamarindus indica*

B = *Tectona grandis* + *Gmelina arborea*

C = Control (*Tectona grandis*)

D = *Tectona grandis* + *Tamarindus indica* + *Artocarpus heterophyllus*

E = *Tectona grandis* + *Tamarindus indica* + *Artocarpus heterophyllus* + *Anacardium occidentale*

F = Multi - age teak plantation

G = Multi - age teak + *Tamarindus indica* + *Artocarpus heterophyllus* + *Anacardium occidentale*

H = Corn + Upland rice

I = Corn

Scale 1 : 2000

ภาพประกอบที่ 1 แผนที่แปลงทดลองปลูกพืชในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย ในบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ผลจากการศึกษาระบบนิเวศที่มีความหลากหลายในระยะเริ่มต้น (พ.ศ. 2532 - พ.ศ. 2534) พบว่าแปลงทดลองที่มีต้นสักปลูกร่วมกับ มะม่วงหิมพานต์ ขนุน และมะขามนั้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตต้นสักสูงที่สุด สูงกว่าการปลูกร่วมกับไม้อื่นอีก 2 ชนิดหรือ 1 ชนิด (Jordan and Gajaseni, 1990) และผลการศึกษาการย่อยสลายเศษใบไม้ที่มีความหลากหลายพบว่า เศษใบไม้แต่ละชนิดใช้เวลาในการย่อยสลายไม่เท่ากัน เป็นผลให้สารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายเศษใบไม้ที่มีหลายชนิดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (วิลาวัลย์ แซ่เห้ง, 2537) จึงทำให้เกิดสมมุติฐานที่เป็นไปได้ว่า "ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายนั้น สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพในระบบเพิ่มมากขึ้น"

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ดังนี้

1. ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายสูงสุดจะให้ผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าระบบที่มีความหลากหลายต่ำหรือชนิดเดียว

2. ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายสูงสุดจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นมากกว่าระบบที่มีความหลากหลายต่ำหรือชนิดเดียว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาพลวัตผลผลิตมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

2. ศึกษาพลวัตความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ

3. ศึกษาความสัมพันธ์ของพลวัตผลผลิตมวลชีวภาพกับความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. วิเคราะห์ผลผลิตมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 8 ปี(พ.ศ.2531 -2538) โดยใช้ข้อมูลเก่าในช่วง 7 ปีแรกและทำการเก็บข้อมูลเพิ่มในปีที่ 8

2. วิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ทุกปีปีละ 1 ครั้งเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 8 ปี (พ.ศ.2531 -2538) โดยใช้ข้อมูลเก่าในช่วง 7 ปีแรกและทำการเก็บข้อมูลเพิ่มในปีที่ 8

3. ศึกษาการเติบโตของต้นสักโดยดูจากผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ เป็นเวลา 8 ปี (พ.ศ.2531 -2538)

4. ศึกษาอัตราการรอดตายของต้นสักในแต่ละปีในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ เป็นเวลา 8 ปี (พ.ศ.2531 -2538)

5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลผลิตมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายกับความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบเดียวกัน ในช่วง 8 ปี (พ.ศ.2531 -2538)

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลการวิจัยการเจริญเติบโตของต้นสักของ Jordan and Gajaseni (1990) พบว่าต้นสักที่ปลูกในระบบวนเกษตรมีความหลากหลายเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และยังพบว่าการย่อยสลายเศษใบไม้แต่ละชนิดใช้เวลาในการย่อยสลายไม่เท่ากันเป็นผลทำให้สารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายเศษใบไม้ที่มีหลายชนิดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (วิลาวัลย์ แซ่เห้ง, 2537)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ตั้งสมมุติฐานว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายนั้นสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพในระบบเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นถ้าผลการวิจัยเป็นไปดังสมมุติฐานแล้ว ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายก็ย่อมเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่จำเป็นต้องมีการปลูกป่าเพื่อเศรษฐกิจทดแทนป่าธรรมชาติในเขตร้อน เช่นประเทศไทยทั้งในมุมมองทางนิเวศวิทยา และทางเศรษฐกิจ

เมื่อระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายเหมาะสมกับเขตร้อน มองในแง่ความอุดมสมบูรณ์ในดินแล้วสามารถฟื้นฟูสภาพดินให้ดีขึ้น ทำให้สัตว์ในดินมีความหลากหลายมากขึ้น สิ่งมีชีวิตในระดับสายใยอาหารถัดไปย่อมเพิ่มความหลากหลายได้ในที่สุดระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายก็สามารถฟื้นฟูระบบวนเกษตรให้ใกล้เคียงกับระบบนิเวศป่าไม้ธรรมชาติมากที่สุด และความสมบูรณ์ของทรัพยากรป่าไม้ก็ฟื้นฟูกลับมาอีกครั้ง ระบบก็จะเข้าสู่สมดุลเป็นระบบที่มีความยั่งยืนตามที่มนุษย์กำลังให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

บทที่ 2

สืบสวนเอกสาร

2.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ มีองค์ประกอบหลักสำคัญ 3 ประการ คือ ความหลากหลายของชนิด (Species diversity) ไม่ว่าจะเป็นพวกจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ รวมทั้งมนุษย์ด้วย สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดล้วนแต่มีองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่แตกต่างผันแปรออกไปมากมาย(Genetic diversity) เพื่อตอบสนองให้สอดคล้องเหมาะสมกับสภาพแหล่งที่อยู่อาศัยในแต่ละท้องถิ่นอันเป็นระบบนิเวศที่ซับซ้อน และหลากหลาย (Ecological diversity) ในบริเวณต่าง ๆของพื้นผิวโลก (Wilson, 1989) ประเทศไทยมีเนื้อที่ 513,115 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่บนเขตร้อน มีฝนตกค่อนข้างชุก เฉลี่ยตั้งแต่ปีละ 900 มิลลิเมตรขึ้นไป จึงเป็นเขตที่เรียกว่าร้อนชื้นหรือมรสุม มีป่าชนิดต่าง ๆ หลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นป่าดงดิบ (Tropical evergreen), ป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp) และป่าผสมผลัดใบ (Mix deciduous) (Smithinand, 1977) ระบบนิเวศป่าไม้เป็นระบบที่มีความหลากหลายทางชีวภาพก่อให้เกิดความยั่งยืน มีความทนทานต่อการรบกวนได้ระดับหนึ่ง เนื่องจากมีความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์และความซับซ้อนของสายใยอาหาร ดังนั้นการฟื้นฟูระบบนิเวศย่อมต้องเลียนแบบระบบนิเวศที่มีความยั่งยืน โดยนำข้อมูลจากระบบนิเวศป่าไม้มาปรับปรุงพื้นที่ที่ต้องการฟื้นฟู (อุทิศ กุฎอินทร์, 2536)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศ

จิรากรณ์ คชเสนี(2537) กล่าวว่า มีปัจจัย 6 ประการที่เชื่อว่าจะมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศ คือ

1. ปัจจัยเวลา (time factor) แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ
    1.1 เวลาในทางวิวัฒนาการ (Evolutionary time
    1.2 เวลาในทางนิเวศวิทยา (Ecological time)
2. ปัจจัยความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่ (Spatial heterogeneity factor)

3. ปัจจัยการแก่งแย่ง (Competition factor)
4. ปัจจัยการล่า (Predation factor)
5. ปัจจัยเสถียรภาพของสภาพแวดล้อม (Environmental stability factor)
6. ปัจจัยผลผลิต (Productivity factor)

แต่ในระบบการเกษตรหรือการปลูกป่าที่มีไม้ยืนต้นเพียงชนิดเดียว แตกต่างจากระบบธรรมชาติคือ มีโครงสร้างง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อนทนความหลากหลายทางชีวภาพโดยทั่วไปมีพันธุ์พืชเข้ามาเกี่ยวข้องไม่กี่ชนิด ทำให้ระบบขาดกลไกการควบคุมตัวเอง มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารและพลังงานออกไปจากระบบในรูปของผลผลิตอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบโดยกระบวนการอื่น ๆ เช่นการพังทลายของดินในปริมาณมากกว่าระบบป่าธรรมชาติหลาย ๆ เท่าตัว ระบบเกษตรกรรมจึงค่อนข้างจะขาดเสถียรภาพ ซึ่งในระยะยาวแล้วจะไม่สามารถดำรงอยู่ได้ด้วยตัวเองจึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เข้าไปปรับปรุงระบบอยู่ตลอดเวลา (นิวัต เรืองพานิช, 2537)

จากการสรุปรายงานการศึกษาของChampion (1930, อ้างถึงใน Gajaseni and Jordan, 1990) เกี่ยวกับการศึกษาแปลงปลูกต้นสักในอินเดีย เมียนมาร์ และอินโดนีเซียกล่าวว่า การปลูกต้นสักเพียงอย่างเดียวมีผลทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดิน และได้มีการแนะนำให้มีการปลูกพืชชนิดอื่นทำให้ระบบมีความหลากหลายเพื่อแก้ไขปัญหาเสื่อมโทรมของดินดังกล่าว

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการสร้างระบบนิเวศที่มีประโยชน์ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และต่อมนุษย์ ระบบที่มีศักยภาพที่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้คือ ระบบวนเกษตร (Agroforestry system) เนื่องจากถูกจัดว่าเป็นระบบที่ใช้แนวทางแบบองค์รวมเพื่อจัดการให้พื้นที่มีความยั่งยืน

2.3 ระบบวนเกษตรที่มีความเหนือกว่าระบบที่มีการปลูกพืชหรือต้นไม้ชนิดเดียวกัน

จิรากรณ์ คชเสนี(2537) กล่าวว่าระบบวนเกษตรที่มีความเหนือกว่าระบบที่มีการปลูกพืชหรือต้นไม้ชนิดเดียวกันดังนี้

1. ปรับสภาพแวดล้อมเฉพาะบริเวณให้เหมาะสม
2. พัฒนาการหมุนเวียนของสารอาหารได้ดีขึ้น
3. เพิ่มอินทรีย์สารและปรับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงขึ้น
4. ลดความรุนแรงของกระแสลม

5. ขวางกั้นการแพร่กระจายของโรค

6. ควบคุมศัตรูพืช Dutt (1965) รายงานว่าการทำให้เกิดความหลากหลายและซับซ้อนในระบบนิเวศของการปลูกองุ่นช่วยให้การป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน (Integrated Pest control) ประสบความสำเร็จ

7. เพิ่มความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ

8. เพิ่มการหมุนเวียนและการถ่ายเทอากาศในดิน

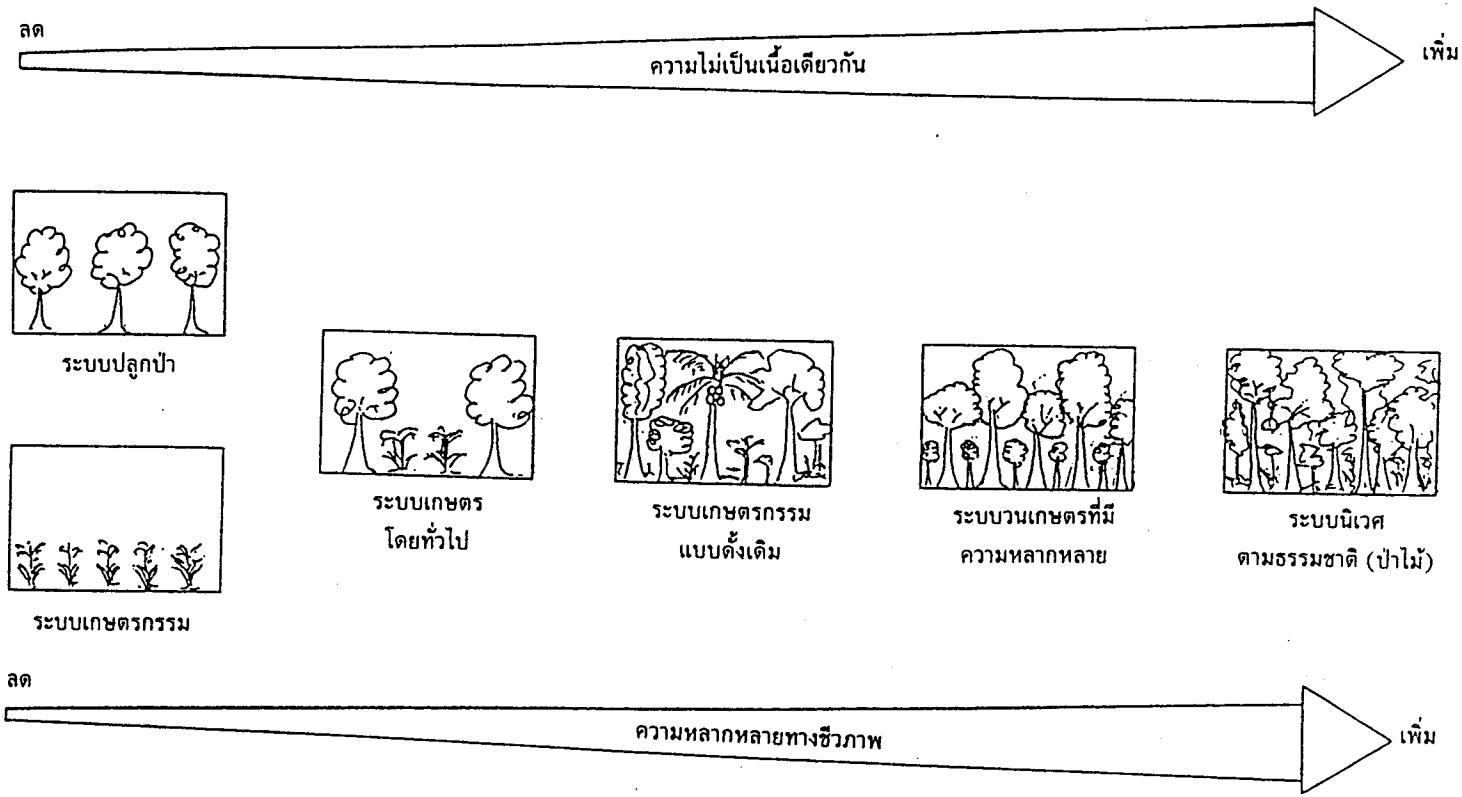
9. ป้องกันดินจากแรงกระทบของฝน

10 .ป้องกันการชะล้างการพังทลาย

11. ใช้ประโยชน์จากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

12. ลดความต้องการปุ๋ย

ระบบนิเวศที่มีโครงสร้างและชนิดขององค์ประกอบที่มีความหลากหลายคือความปกติที่พบในเขตร้อนไม่ว่าจะเป็นระบบเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมของชนพื้นเมืองที่มักประกอบไปด้วยไม้ยืนต้นที่มีช่วงอายุต่างๆ กัน และพืชล้มลุกหลายชนิด ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้อย่างครบถ้วน (Gorman, 1971) ระบบวนเกษตรมีประโยชน์ต่อความหลากหลายทางชีวภาพเนื่องจากมีความหลากหลายของโครงสร้างสูง นอกจากนี้ระบบวนเกษตรยังทำให้ภูมิทัศน์มีความหลากหลายบนพื้นที่ ซึ่งเป็นผลดีต่อความหลากหลายทางชีวภาพเช่นกัน (จิรากรณ์ คชเสนี, 2537) ดังภาพประกอบที่ 2 เปรียบเทียบระบบเกษตรกรรมแบบปัจจุบัน ระบบการปลูกป่าเฉพาะพืชชนิดเดียว ระบบวนเกษตรโดยทั่วไป ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลาย (Jordan and Gajaseni, 1990) ระบบวนเกษตรแบบดั้งเดิม และระบบนิเวศตามธรรมชาติในเขตร้อน (ป่าไม้) แสดงให้เห็นถึงระดับความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน(Heterogeneity) และประโยชน์ต่อความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศต่างๆในเขตร้อน



ภาพประกอบที่ 2 ระดับของความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และประโยชน์ต่อความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศต่าง ๆ ในเขตร้อน

ที่มา : จิรากรณ์ คชเสนี, 2537

2.4 ผลผลิตมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ(Biomass) หมายถึงมวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ดิน มวลของสิ่งมีชีวิตดังกล่าวนี้ประกอบ ด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสงรวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้น (Niering, 1975) มวลชีวภาพอาจออกมาในรูปของน้ำหนักสดหรือน้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักขี้เถ้า(Ash weight) หรือน้ำหนักของคาร์บอน(Carbon weight) ซึ่งอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร หรือกรัมต่อเฮกแตร์ หรือตันต่อเฮกแตร์ หรือออกมาในรูปของพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็น แคลอรี่ (Odum, 1963)

การสร้างผลผลิตมวลชีวภาพ(Productivity) เป็นคุณสมบัติที่ปรากฏขึ้นมาใหม่จากระบบนิเวศที่สำคัญที่สุดประการหนึ่ง เกิดจากการทำงานของขบวนการปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ เป็นตัวบอกถึงผลกระทบของปัจจัย ขบวนการ และปฏิสัมพันธ์มากมายที่เกิดขึ้นพร้อมๆกันในระบบ (Schlesinger, 1991) ดังเช่น Ogawa (1965) ได้ศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสังคมพืชชนิดต่างๆของประเทศไทย พบว่าผลผลิตชีวภาพจะมีมากในป่าที่ที่มีความสลับซับซ้อนและมีความหลากหลายในเรื่องของชนิดไม้เช่นป่าดิบชื้น และผลผลิตจะลดลงในป่าที่มีความแห้งแล้งมีฤดูกาลชัดเจนเช่นป่าเต็งรัง

2.5 ปัจจัยที่มีผลควบคุมอัตราการสร้างผลผลิต

จิรากรณ์ คชเสนี(2537) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลควบคุมอัตราการสร้างผลผลิต มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อมที่ระบบนั้นดำรงอยู่มี 3 ประการคือ

1. พลังงาน
2. น้ำ
3. สารอาหาร สารอาหารเป็นปัจจัยจำกัด (Limiting factor) ในเขตร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีป่าธรรมชาติปกคลุมอยู่ (Richard, 1952 อ้างถึงใน จิรากรณ์ คชเสนี, 2537)

ระบบนิเวศตามธรรมชาติโดยทั่วไปจะมีความสลับซับซ้อนมากกว่าระบบนิเวศทางการเกษตรซึ่งเลือกปลูกพืชชนิดเดียวหรือสองชนิดที่เรียกว่า Monoculture ดังนั้นการเกษตรที่มีการปลูกพืชหลายชนิดร่วมกันจะมีความยั่งยืนทางระบบนิเวศและให้ผลผลิตมากกว่าการปลูกพืชชนิดเดียว (Smith, 1986; Francis, 1988) ซึ่งการรวมพืชหลาย ๆ ชนิดที่มีความแตกต่างกันในด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ลดการแก่งแย่งสารอาหารกันสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าการปลูกพืชชนิดเดียว (Kelty, 1992)

อายุทธ์ อินรอเฮมและคณะ (2537) ได้ศึกษาระบบสวนป่ายางโดยเปรียบเทียบป่ายางที่ได้พัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีไม้ผลไม้ใช้สอยและไม้ระดับล่างเข้ามาทำให้ระบบมีความหลากหลายมากขึ้น กับสวนยางเศรษฐกิจซึ่งมีไม้ผลคือมังคุดปลูกแซม กับสวนยางเชิงเดี่ยว พบว่าสวนยางที่ได้รับการพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพนั้นมีความยั่งยืนของการผลิต และให้ผลผลิตมากกว่าสวนยางเศรษฐกิจ และสวนยางชนิดเดียว ซึ่งมีความหลากหลายของพืชพันธุ์น้อยมากและความยั่งยืนของผลผลิตน้อยมาก

ชนวน รัตนวราหะ(2537) ศึกษาพบว่าในพื้นที่สวนมะพร้าวเมื่อมีการปลูกแซมต้นโกโก้และพริกไทย พบว่าให้ผลผลิตมากกว่ามะพร้าวที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยวถึงปีละ 378 ผลต่อไร่ หรือมากกว่า ร้อยละ 72.5 ของผลผลิตเดิม

Parrotta (1992) ศึกษาการปลูกสวนป่าในการฟื้นสภาพระบบนิเวศในเขตร้อนที่เสื่อมโทรม พบว่าสวนป่าที่ปลูกพืชเอนกประสงค์มีบทบาทสำคัญทำให้ผลผลิตเสถียรภาพและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตกลับคืนมาเหมือนเดิม การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสวนป่าที่ปลูกจามจุรี (*Albiziz lebbek*) กับทุ่งหญ้า ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแร่ธาตุในดินมีอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนและมวลชีวภาพของพืชในสวนป่าสูงกว่าทุ่งหญ้า แต่ปริมาณฟอสฟอรัสและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไม่แตกต่างกันนอกจากนั้นยังพบว่าความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในสวนป่าสูงกว่าทุ่งหญ้าอีกด้วย

Altieri และคณะ.(1987) ศึกษาเปรียบเทียบการปลูกข้าวโพดในระบบวนเกษตรและข้าวโพดชนิดเดียว ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการจัดการแมลงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าข้าวโพดที่ปลูกในระบบวนเกษตรมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีมากและดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

Montagnini และคณะ(1995) ศึกษาสวนป่าที่ปลูกพืชแบบผสมผสานกับสวนป่าที่ปลูกพืชชนิดเดียวโดยการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตในระยะแรก การทำลายของแมลงและการประเมินค่าทางเศรษฐกิจ โดยใช้ต้นไม้พื้นเมือง 4 ชนิด จากการประเมินค่าในปีที่ 2 - 4 พบว่าค่าเส้นรอบวงระดับอก(DBH = Diameter at Breast Height) ของสวนป่าที่หลากหลายมีค่ามากกว่าในสวนป่าเชิงเดี่ยว แต่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระยะแรกไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Naeem และคณะ(1996) ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของพืชที่จัดให้มีรูปแบบความหลากหลายแตกต่างกันของชนิดพืชผลการวัดผลผลิตมวลชีวภาพพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มที่มีความหลากหลายของจำนวนชนิดพืชมากจะให้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มพืชที่มีความหลากหลายของจำนวนชนิดพืชที่น้อยกว่า

2.6 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility)

ความอุดมสมบูรณ์ของดินหมายถึง คุณสมบัติของดินในการที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืชในปริมาณและอัตราส่วนที่พอเหมาะ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526) คุณสมบัติของดินบางประการเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชตามกฎของปัจจัยจำกัด (Low of limitting factor) หมายถึงว่า ในบรรดาปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชนั้นปัจจัยที่มีอยู่น้อยที่สุดที่จะเป็นปัจจัยที่ควบคุม และจำกัดการเจริญเติบโตของพืช (จิรากรณ์ คชเสนี, 2537) ซึ่งดินในป่าธรรมชาติจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงถึง 5 - 10 เปอร์เซนต์ (Pairintra, 1981) จากการศึกษาของ Okawaและคณะ(Okawa et al., 1975)พบว่าดินไร่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยที่ใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจเป็นแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่มีกิจกรรมต่ำ(low activity clay) ดินมีปฏิกริยาเป็นกรดและมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 2 เปอร์เซนต์ ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ(Cation exchange capacity = CEC) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ

2.6.1 คุณสมบัติทางเคมีของดิน (Chemical properties) ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นปัจจัยสำคัญและเป็นดัชนีในการกำหนดด้วยศักยภาพของดินว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช(ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) สภาพทางเคมีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องอยู่กับระดับความเป็นกรดของดินได้แก่ระดับธาตุอาหารในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ดินที่มีความเป็นกรดสูง มักจะมีระดับธาตุอาหารบางธาตุเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านั้นที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526) เช่น ถ้าในดินมีความเป็นกรดสูงจะทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชถูกจับอยู่บนอนุภาคของดินโดยเหล็ก,อลูมินั่ม และแมงกานีส ให้อยู่ในสภาพที่ไม่

ละลายน้ำและทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ระบบนิเวศน์นั้น ๆ อยู่ในสภาวะที่มีความเครียดเนื่องมาจากสารอาหาร (Nutrient stress) (จิรากรณ์ คชเสนี, 2537)

อินทรีย์วัตถุ(Organic matter)

อินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตต่อพืชทั้งทางตรงและทางอ้อมเพราะว่าอินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของดิน (Buckmam and Brady, 1969: Tate III, 1987) อินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนซึ่งจะถูกปลดปล่อยแก่พืช การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะให้กรดอินทรีย์หลายอย่างที่ช่วยส่งเสริมการสลายตัวของแร่ธาตุหลายชนิดทำให้แร่ธาตุที่มีอยู่ในแร่เช่นฟอสฟอรัส โปตัสเซียม และจุลธาตุอาหารเป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น(Whitehead, 1963) และอินทรีย์วัตถุทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง(Millar et al, 1958)

ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(Cation exchange capacity = CEC)

ธาตุอาหารของพืชมักอยู่ในรูปของประจุบวก(cation)ซึ่งดูดยึดหรือเกาะอยู่รอบๆอนุภาคของดิน ประจุบวกเหล่านี้จะแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นๆที่มีอยู่ในสารละลายในดิน(soil solution)เพื่อรักษาสมดุลย์ของธาตุอาหารซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ต่อพืช โดยทั่วไปพบว่าดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงจะมีปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ดินเนื้อละเอียดจะมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงกว่าดินเนื้อหยาบ(Brady, 1990)และจากการศึกษาดินพบว่าดินที่มีปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมักจะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง(Bear and Prince, 1945)

2.6.2 ความสามารถของดินที่ให้แร่ธาตุอาหารพืช (Nutrient supplying power)

Arnon (อ้างถึงใน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526)ได้ให้หลักเกณฑ์การกำหนดว่าธาตุใดจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช (Essential element) ไว้ดังนี้คือ

2.1 ธาตุนั้นจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชทำให้พืชเจริญเติบโตเป็นปกติถ้าขาดธาตุนี้พืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวัฏจักร (life cycle)ได้

2.2 ความต้องการธาตุนั้นของพืชต้องเป็นความต้องการที่จำเพาะเจาะจงไม่มีธาตุอื่นใดทำหน้าที่แทนได้

2.3 ธาตุนั้นจะต้องมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยตรงไม่ใช่เป็นธาตุที่ไปทำให้พืชเจริญเติบโตโดยทางอ้อม

ธาตุฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชทั่วไปต้องการเป็นปริมาณมากธาตุหนึ่งและมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก ซึ่งฟอสฟอรัสในดินสามารถแยกออกได้เป็นอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส(Tisdale and Nelson, 1990) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม(Total phosphorus)จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าดินนั้นจะมีศักยภาพที่จะให้ฟอสฟอรัสแก่พืชจำนวนเท่าใด ซึ่งโดยปกติพืชยืนต้นและป่าไม้ที่ไม่ค่อยมีการนำผลผลิตออกจากพื้นที่ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินจะเพียงต่อการเจริญเติบโตของพืช(Schwab et al, 1996) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน(Available phosphorus)มีจำกัดขึ้นกับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความสามารถในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในดินและปริมาณธาตุอาหารอื่นๆในดิน เช่นเหล็ก แคลเซี่ยม (Lyon et al,1952)

ธาตุไนโตรเจน

พืชโดยทั่วไปต้องการธาตุไนโตรเจนจำนวนมากในธรรมชาติไนโตรเจนในดินได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุรวมทั้งการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในดิน (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการหมุนเวียนของสารอาหาร

จิรากรณ์ คชเสนี (2537) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อการหมุนเวียนของสารอาหาร มี 4 ประการ คือ อุณหภูมิ ความชื้น ปัจจัยทางชีวภาพ และการสูญเสียสารอาหารออกไปกับน้ำและการผุพังสลายตัว ดังนั้นการทำลายระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติมาใช้เป็นระบบเกษตรกรรมหรือการปลูกป่าด้วยต้นไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากการสูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารไปกับดินที่ถูกน้ำพัดพาไป รวมถึงความเสื่อมโทรมของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพอีกด้วย (Young, 1989) จากการศึกษาของจิรากรณ์ คชเสนี (Gajaseni, 1988) พบว่าเมื่อถางและเผาระบบนิเวศบนบกในเขตร้อนแล้วทำการเพาะปลูกเป็นเวลา 1 ปีความกรดของดินจะเพิ่มขึ้น (pH ลดต่ำลง) และมีปริมาณอลูมินั่มเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นจึงมีการสร้างระบบวนเกษตรซึ่งเป็นระบบที่ใช้แนวทางแบบองค์รวมเพื่อการจัดการให้พื้นที่มีความยั่งยืนและเป็นประโยชน์ต่อการหมุนเวียนสารอาหารดังกล่าวแล้วข้างต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

รายงานของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งสาธารณะประชาธิปไตยประชาชนจีน (CERN News Letters, 1990) พบว่าจากการเปลี่ยนป่าเบญจพรรณใบกว้าง (Broadleaf mixed forest) มาปลูกต้นเฟอร์พันธุ์จีน (Chinese fir) เพียงชนิดเดียว หลังจากมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วตัดฟันไปใช้ประโยชน์ผ่านไป 3 รอบ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ที่ปลูกในรอบตัดฟันที่ 4 จะลดลงถึง 30% โดยอธิบายถึงสาเหตุว่ามาจากการเสื่อมคุณภาพของดิน

Aborisade และ Aweto (1990) ศึกษาคุณสมบัติของดินในสวนป่าสัก สวนป่าซ้อ เปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติทางตะวันตกเฉียงใต้ของไนจีเรีย พบว่าความพรุนของดินในสวนป่าสักและสวนป่าซ้อจะน้อยกว่าป่าธรรมชาติ ส่วนปริมาณแร่ธาตุอาหาร ปริมาณอินทรีย์ คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน แคลเซี่ยม แมกนีเซียม โปตัสเซียม ในสวนป่าสักและสวนป่าซ้อจะต่ำกว่าป่าธรรมชาติ

จิรากรณ์ คชเสนี และคณะ(2539) ได้ศึกษาระบบสวนรอบบ้านแบบดั้งเดิมในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเปรียบเทียบระหว่างดินภายในสวนที่มีความหลากหลายของพันธ์ไม้และชนิดไม้กับดินภายนอกสวน พบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินภายในสวนสูงกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งพบว่าน่าจะมาจากประสิทธิภาพในการหมุนเวียนสารอาหารที่เกิดขึ้นภายในระบบสวนรอบบ้าน คือดินภายในสวนรอบบ้านมีเปอร์เซนต์ปริมาณอินทรีย์สารโดยเฉลี่ยสูงกว่าดินภายนอกสวนดังนั้นแหล่งสะสมอาหารในสวนรอบบ้านจึงมีสูงกว่าเนื่องจากมีความหลากหลายสูงนั่นเอง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1. อุปกรณ์ในภาคสนาม

1. สายวัด
2. เวอร์เนีย
3. เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน

3.1.2 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

1. โกร่งบดดิน
2. กระบอกพลาสติกใส่ตัวอย่างดิน
3. ตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร
4. กระดาษกรองวัตแมน เบอร์ 4
5. กระดาษกรองวัตแมน เบอร์ 5
6. กระดาษกรองวัตแมน เบอร์ 42
7. เครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์
8. สารเคมี

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางเคมี

1. pH meter : orion ; SA 520
2. เครื่องชั่งละเอียด : Sartorius ; 4050
3. Spectrophotometer : Ultraspec ; 4050
4. Kjeldahl - Method Apparatus : Buchi ; 435
5. เครื่องเขย่า : Vortex ; Genies 2
6. เครื่องกรอง

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ภาคสนาม

สถานที่ทำการวิจัยคือ สวนป่าแม่เมาะ อ. แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีแปลงทดลองปลูกพืชในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายดังนี้

1. สักชนิดเดียว
2. สัก และซ้อ
3. สัก และมะขาม
4. สัก มะขาม และขนุน
5. สัก มะขาม ขนุน และมะม่วงหิมพานต์

แต่ละแปลงมี 2 ซ้ำ(Replicate) แบ่งเป็นพื้นที่แปลงใหญ่เท่ากับ 50 x 50 เมตร พื้นที่แปลงเล็กเท่ากับ 25 x 25 เมตรและใช้ระยะปลูกต้นไม้ภายในทุก ๆ แปลงทดลองเท่ากับ 4 x 4 เมตร

การเก็บตัวอย่างดินและวัดอัตราการเติบโตของต้นไม้ จะทำการเก็บตัวอย่างดินและวัดอัตราการเติบโตของต้นไม้จากแปลงทดลองที่วางแผน โดย Jordan and Gajaseni (1990) โดยดำเนินการปีละครั้ง ในเดือนธันวาคม เป็นช่วงที่ป่าธรรมชาติผลัดใบ และหยุดพักการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นสักในแปลงทดลองผลัดใบ และพักการเจริญเติบโตเช่นกัน เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 2 ปี คือ พ.ศ.2537 และ 2538 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.2.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน แต่ละแปลงทดลองจะเก็บตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตร แปลงละ 5 ตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มตามชั้น (Stratified random sampling) (Kreb, 1989)

3.2.1.2 ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพ

ทำการวัดอัตราการเติบโตของต้นไม้ทุกต้น ทุกแปลงทดลองดังนี้

-วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้โดย

- ต้นไม้ขนาดเล็ก(สูงไม่เกิน 3 เมตร)วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ข้อแรกเหนือพื้นดิน (Diameter at ground level = Do) โดยใช้เวอร์เนีย
- ต้นไม้ที่สูงเกิน 3 เมตร วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกซึ่งเป็นระดับที่สูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร (Diameter at Breast Height = DBH) โดยใช้สายวัด

2.2 วัดความสูงของต้นไม้โดยใช้สายวัด

3.2.2 การดำเนินการในห้องปฏิบัติการ

1. เตรียมดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยผึ่งดินให้แห้งโดยลมและนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นร่อนดินที่บดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร

2. วิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน

2.1 วัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้น้ำกลั่นอัตราส่วน 1: 1 และ 0.01 M $CaCl_2$

2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยใช้วิธีของ Walkley and Black (Jackson, 1958)

2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย Perchloric acid (Page,.et.al. 1982)

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz , 1945)

2.5 ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ (Extractable aluminum) โดยวิธี Titration method (Page et.al., 1982)

2.6 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchang Capacity = CEC) โดยใช้สารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7.0 (Page et.al., 1982)

2.7 ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen)โดยวิธี Kjeldahl method (Page et.al., 1982)

นอกจากนี้จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินแห้งที่ได้เก็บรวบรวมไว้ตั้งแต่เริ่มการทดลองสร้างระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายในระหว่างปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2536

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 คำนวณค่าผลผลิตมวลชีวภาพ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพรวม (ลำต้น ใบ และราก) กับเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นโดย Gajaseni (1988) ดังนี้

สมการการคำนวนค่าผลผลิตมวลชีวภาพรวม

น้ำหนักแห้งของลำต้นพืช (Stem Dry Weight = Ws)

$$Ws = 12.3595 (Do^2 \times h)^{.862} \quad ; r = .9796 , r^2 = .9596$$

น้ำหนักแห้งของใบ (Leaf Dry Weight = Wl)

$$Wl = 19.6443 (Do^2 \times h)^{.7674} \quad ; r = .9027 , r^2 = .8149$$

น้ำหนักแห้งของราก (Root Dry Weight = Wr)

$$Wr = 28.7648 (Do^2 \times h)^{.6243} \quad ; r = .8793 , r^2 = .7732$$

Ws = น้ำหนักแห้งของลำต้น (หน่วยเป็นกรัม)

Wl = น้ำหนักแห้งของใบ (หน่วยเป็นกรัม)

Wr = น้ำหนักแห้งของราก (หน่วยเป็นกรัม)

Do = เส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

h = ความสูง (หน่วยเป็นเมตร)

หมายเหตุ สูตรสมการนี้ใช้กับต้นไม้ทุกขนาดและทุกชนิดในการคำนวน

นอกจากนี้จะทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ จากข้อมูลที่ได้ติดตามวัดตั้งแต่เริ่มการทดลองสร้างระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายในปี พ.ศ. 2531

3.3.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลอง ทดสอบความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลอง และความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลองที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาโดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย(Multiple comparision range test) ด้วยวิธีการของดันแคน (Ducan 's test) โดยใช้โปรแกรม SPSS / PC^{+} เพื่อสรุป

1. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพรวมในแต่ละชุดการทดลอง
2. ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสารอาหารในดินในแต่ละชุดการทดลอง
3. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายของต้นสักในแต่ละชุดการทดลอง
4. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลิตมวลชีวภาพของต้นสักในแต่ละชุดการทดลอง

3.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมวลชีวภาพกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตมวลชีวภาพ

4.1.1 อุณหภูมิเฉลี่ย

จากข้อมูลของกองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)พบว่า ตั้งแต่ปีพ.ศ.2531 ถึงปีพ.ศ. 2538 อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.8 - 26.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดพบในปี พ.ศ. 2535 เท่ากับ 42.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดในพบปี พ.ศ. 2536 เท่ากับ 6.7 องศาเซลเซียส (แผนภูมิที่ 1 และตารางที่ 1 ภาคผนวก ข)

4.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

จากข้อมูลของกองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)พบว่าความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมแล้วจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน โดยความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดพบในปีพ.ศ. 2531 พ.ศ. 2532 และพ.ศ. 2533 เท่ากับ 92 % และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดพบในปีพ.ศ. 2536 เท่ากับ 45 % (แผนภูมิที่ 2 และตารางที่ 1 ภาคผนวก ข)

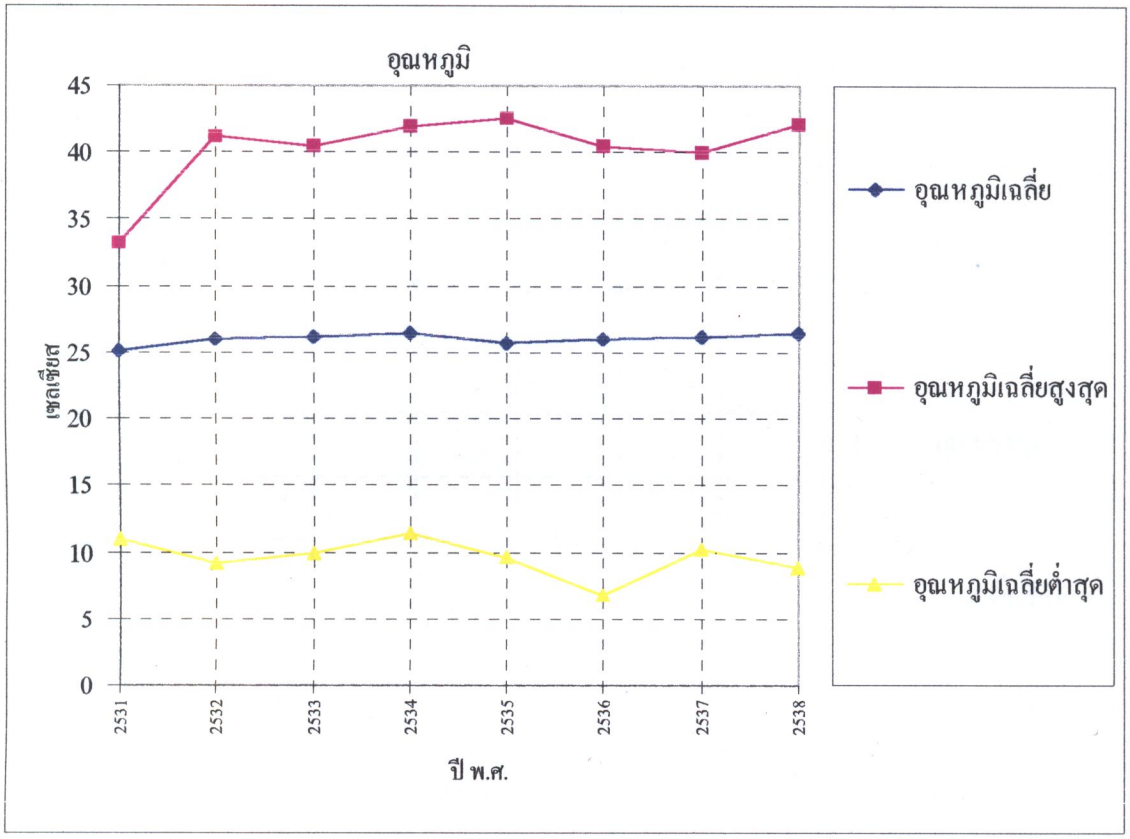
4.1.3 ปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลของกองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)พบว่าปริมาณน้ำฝนรวมรายปีสุงสุดพบในปีพ.ศ. 2537 เท่ากับ 1,537.8 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนรวมรายปีต่ำสุดพบในปีพ.ศ. 2534 เท่ากับ 712.3 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีค่าระหว่าง 99 - 116 มิลลิเมตร (แผนภูมิที่ 3 และตารางที่ 1 ภาคผนวก ข)

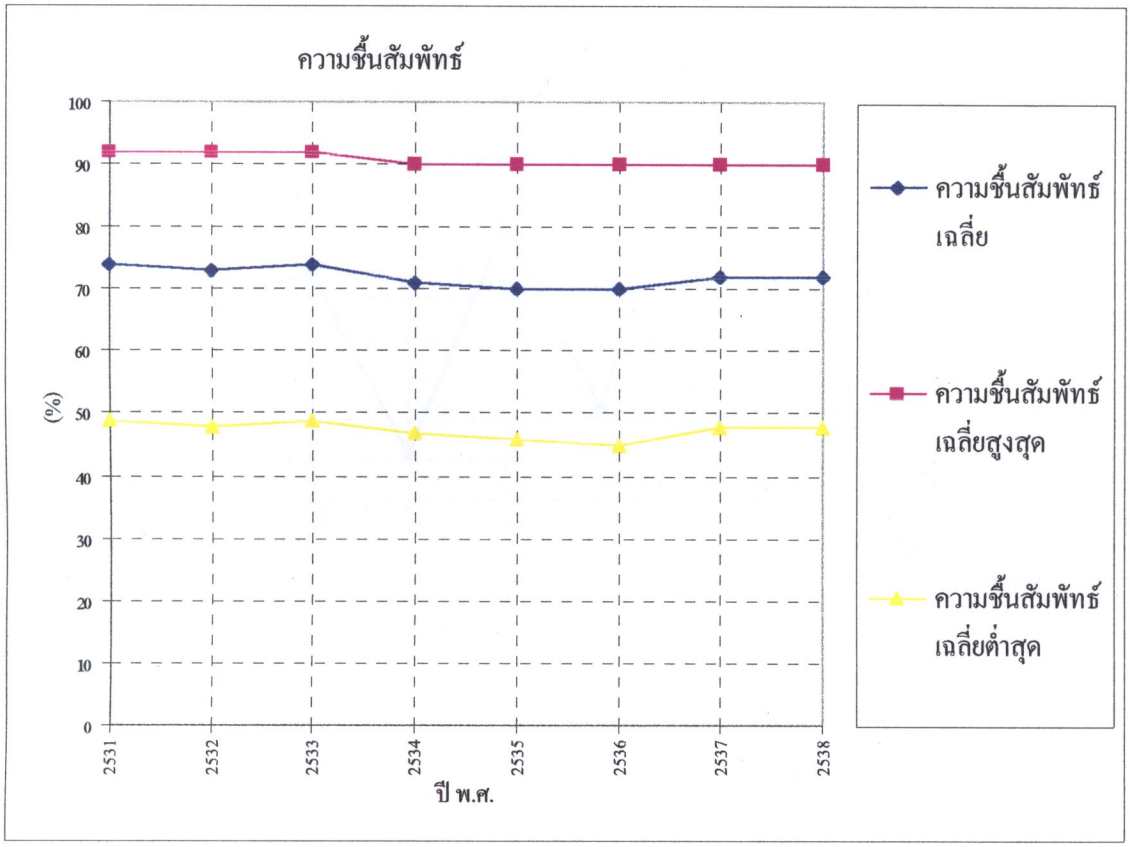
4.1.4 สมบัติทางกายภาพของดิน

ผลการศึกษาของ บุญเลิศ ศรีสุขใส (2533) จัดดินที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร ว่าเป็นดินชั้นบน(Top soil) และที่ระหว่างความลึก 15 - 30 เซนติเมตรว่าเป็นดินชั้นล่าง(Sub soil) และจัดจำแนกคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินบริเวณสวนป่าแม่เมาะ ว่าเป็นดินร่วนปนดินเหนียว(clay loam) โดยปริมาณของทราย (sand) ,ดินร่วน (silt) และดินเหนียว (clay) แต่ละชั้นเรียงตามลำดับดังนี้คือ ดินชั้นบนเป็น 40 %, 32 % และ27 % ในดินชั้นล่างเป็น 37 %, 31 %

และ32 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินชั้นบนและดินชั้นล่างไม่มีความแตกต่างกันในด้านคุณสมบัติทางกายภาพ (ตารางที่ 4.1)

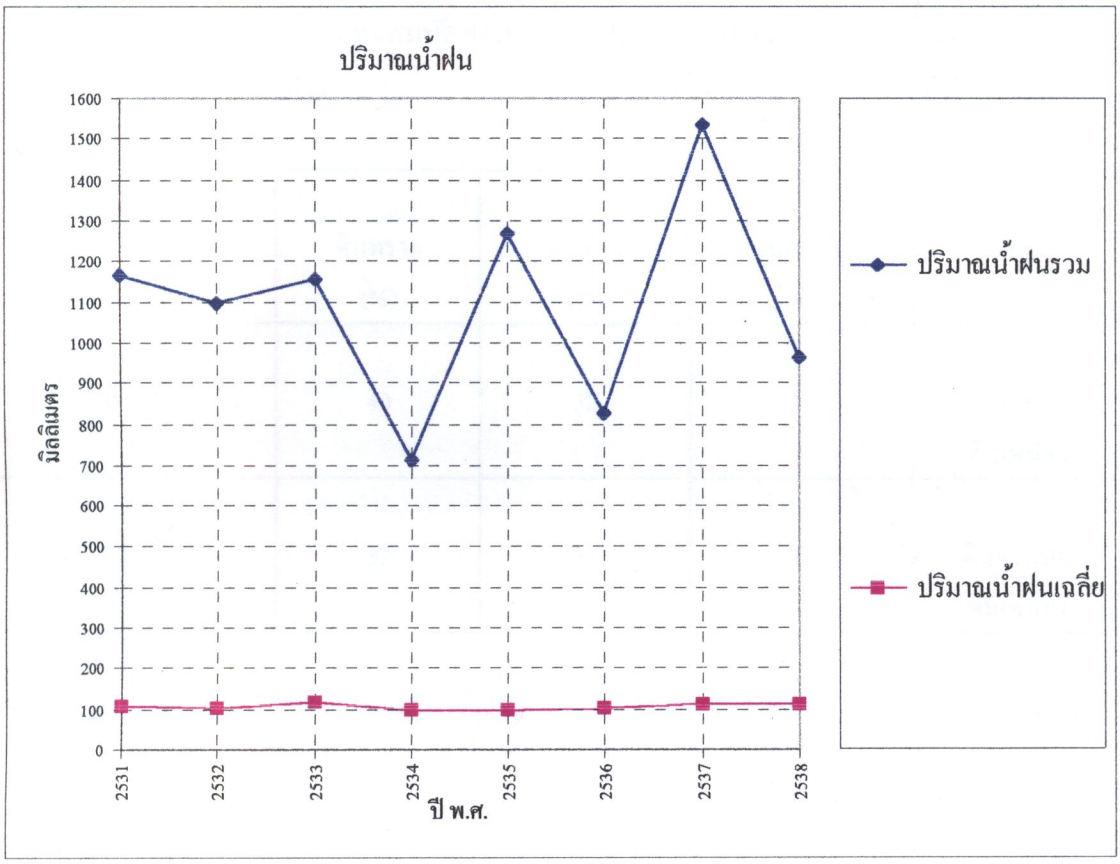


แผนภูมิที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538
แหล่งที่มา : กองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)



แผนภูมิที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

แหล่งที่มา : กองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)



แผนภูมิที่ 3 ปริมาณน้ำฝนบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538
แหล่งที่มา : กองสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2539)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินในบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัด ลำปาง

ความลึกของดิน (เซนติเมตร)	ดินทราย (%)	ดินร่วน (%)	ดินเหนียว (%)	เนื้อดิน
0 - 15	40	32	27	ดินร่วนปนดินเหนียว
15 - 30	37	31	32	ดินร่วนปนดินเหนียว

ที่มา : ดัดแปลงจาก บุญเลิศ ศรีสุขใส (2533)

4.2 ผลผลิตมวลชีวภาพของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตมวลชีวภาพรวม

ผลผลิตมวลชีวภาพรวมในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2538 ของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และแปลงสัก+ซ้อ (แผนภูมิที่ 4) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพรวม พบว่าผลผลิตมวลชีวภาพรวมของแปลงทดลองที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2538 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณ(Multiple comparision range test) โดยวิธีการของดันแคน(Duncan 's test) พบว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)ในปี2532, ปี2535, ปี2537 และปี2538 (ตารางที่ 4.2)โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในปี2532, ปี2535, ปี2537 และปี2538 เรียงตามลำดับดังนี้ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมาพานต์ (4.4 กรัม/ตารางเมตร), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(50.2 กรัม/ตารางเมตร), สัก+มะขาม +ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(66.3 กรัม/ตารางเมตร), สัก+ซ้อ(118.2 กรัม/ตารางเมตร) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปี2532, ปี2535, ปี2537 และปี2538 เรียงตามลำดับดังนี้ สัก(0.6 กรัม/ตารางเมตร), สัก +มะขาม+ขนุน(8.1 กรัม/ตารางเมตร), สัก+มะขาม+ขนุน(5.2 กรัม/ตารางเมตร)และสัก+มะขาม+ขนุน(9.2 กรัม/ตารางเมตร)

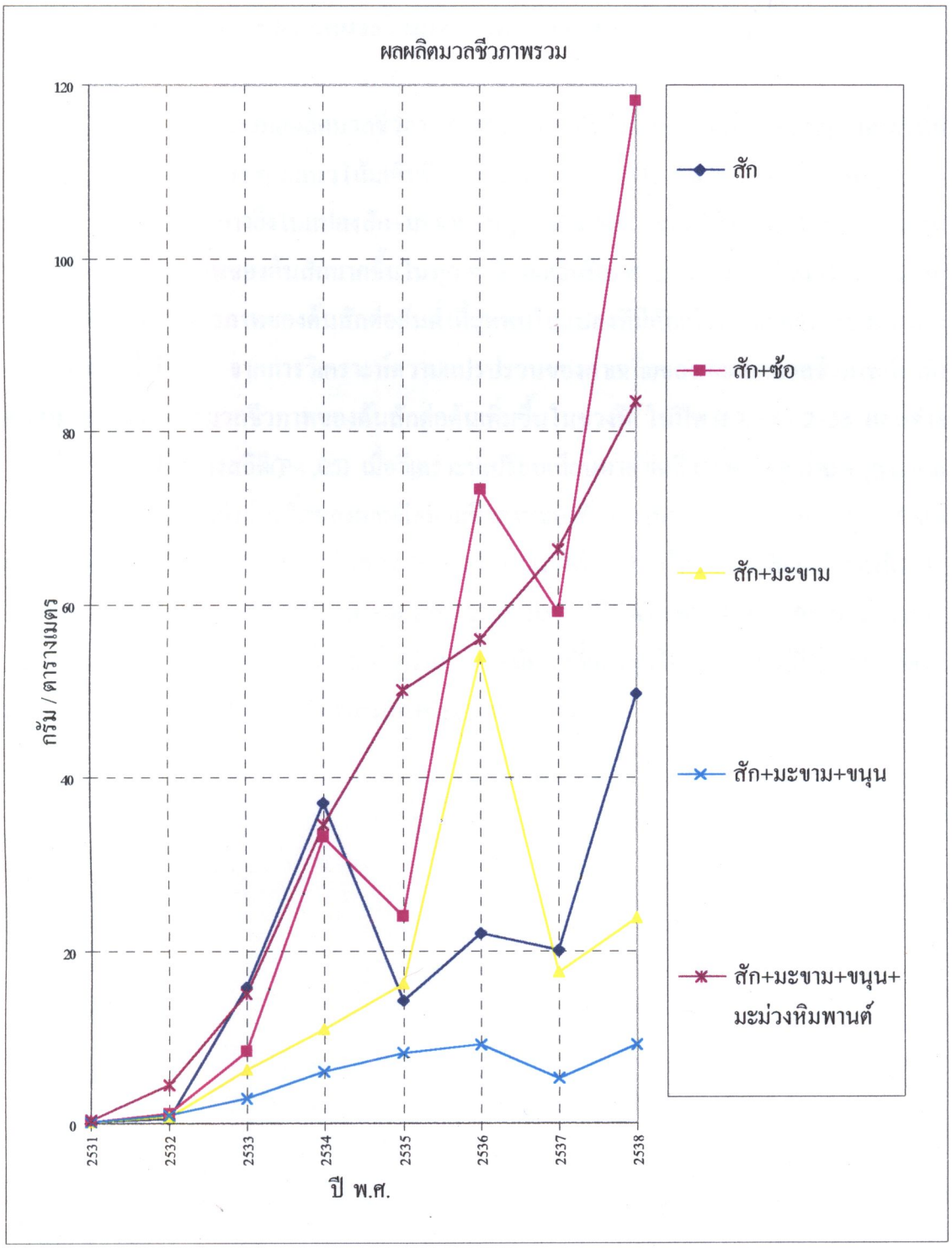
ตารางที่ 4.2 ผลผลิตมวลชีวภาพรวมของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม (กรัม / ตารางเมตร)							
แปลงทดลอง	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	0.29[a]	0.618[a]	15.9[a]	37.15[a]	14.33[a]	22.05[a]	20.11[ab]	49.85[ab]
สัก +ซ้อ	0.225[a]	1.152[ab]	8.46[a]	33.19[a]	23.97[a]	73.27[a]	59.125[ab]	118.23[b]
สัก +มะขาม	0.18[a]	0.82[a]	6.3[a]	10.93[a]	16.2[a]	54.06[a]	18.52[a]	23.84[ab]
สัก +มะขาม +ขนุน	0.339[a]	0.95[a]	2.95[a]	6.04[a]	8.13[a]	9.26[a]	5.24[a]	9.17[a]
สัก +มะขาม +ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	0.42[a]	4.4[b]	14.983[a]	34.54[a]	50.19[b]	56.0[a]	66.34[b]	83.49[ab]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 4 ผลผลิตมวลชีวภาพรวมของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น

การเปลี่ยนแปลงผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในทุก ๆ แปลงทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ซึ่งมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักมากขึ้นในทุก ๆ ปี ยกเว้นปีพ.ศ. 2536 ขณะที่แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นต่ำที่สุดพบในแปลงที่มีสักเพียงชนิดเดียวและแปลงสัก+ซ้อ (แผนภูมิที่ 5) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพต้นสักต่อต้น พบว่าผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นเพิ่มขึ้นในช่วงปี ในปีพ.ศ.2531 - 2538 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคนพบว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักในปี พ.ศ.2537และพ.ศ.2538มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 4.3)โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในปี2537และปี2538 เรียงตามลำดับดังนี้ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(1549.9 กรัม) และสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(1863.8 กรัม) และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปี2537และปี2538 เรียงตามลำดับดังนี้คือ สัก+ซ้อ(311.8 กรัม)และสัก+ซ้อ(1147.0 กรัม)

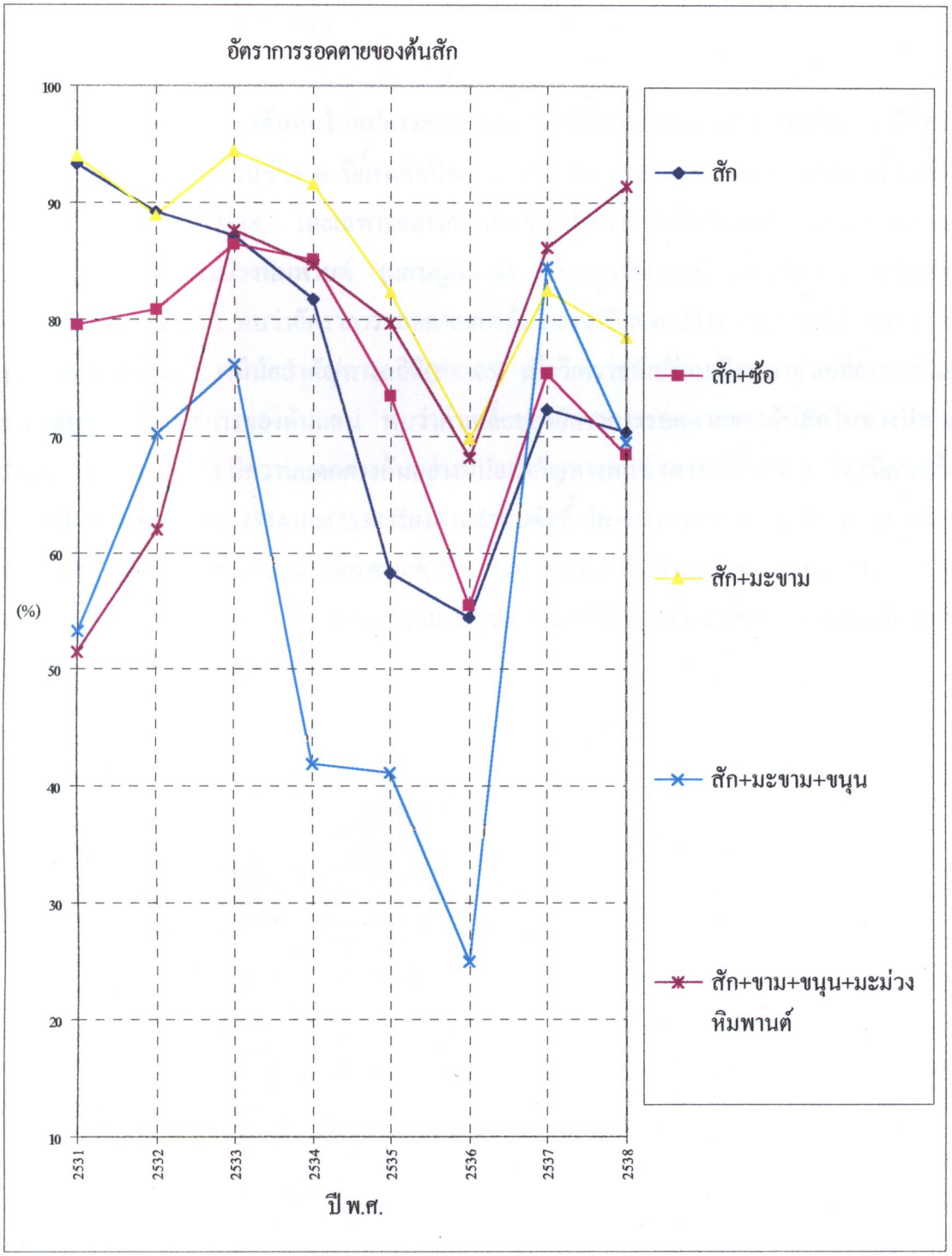
ตารางที่ 4.3 ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น (กรัม)							
แปลงทดลอง	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	4.87[a]	12.64[a]	68.25[a]	179.25[a]	350.23[a]	954.46[a]	394.69[a]	1234.11[a]
สัก +ซ้อ	2.85[a]	11.63[a]	58.77[a]	338.93[a]	1028.33[a]	719.23[a]	311.78[a]	1147.0[a]
สัก+ มะขาม	3.58[a]	16.9[a]	112.61[a]	270.6[a]	451.72[a]	571.22[a]	799.87[ab]	1480.33[a]
สัก+มะขาม+ขนุน	4.25[a]	23.97[a]	137.75[a]	434.83[a]	552.97[a]	613.55[a]	587.22[ab]	1588.57[ab]
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	4.33[a]	28.16[a]	167.5[a]	1321.26[a]	1050.2[a]	786.22[a]	1549.88[b]	1866.83[b]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 5 ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.2.3 อัตราการรอดตายของต้นสัก

อัตราการรอดตายของต้นสักในแปลงระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงในช่วง 6 ปีแรกคือปีพ.ศ.2531-2536 และมีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในปีพ.ศ.2537-2538 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงที่มีความหลากหลายสูงสุดที่ประกอบด้วยสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ (แผนภูมิที่ 6) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการรอดตายของต้นสัก พบว่าอัตราการรอดตายของต้นในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของแปลงทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณ โดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายของต้นสักในช่วงปีพ.ศ. 2531, 2534 และ2538 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงพ.ศ.2531, 2534 และ2538 เรียงตามลำดับดังนี้ สัก+มะขาม(93.9 %), สัก+มะขาม(82.4 %)และสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(91.5 %) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงพ.ศ.2531, 2534 และ2538 เรียงตามลำดับดังนี้ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(51.5%), สัก+มะขาม+ขนุน (42.0%) และสัก+ซ้อ(68.5 %)

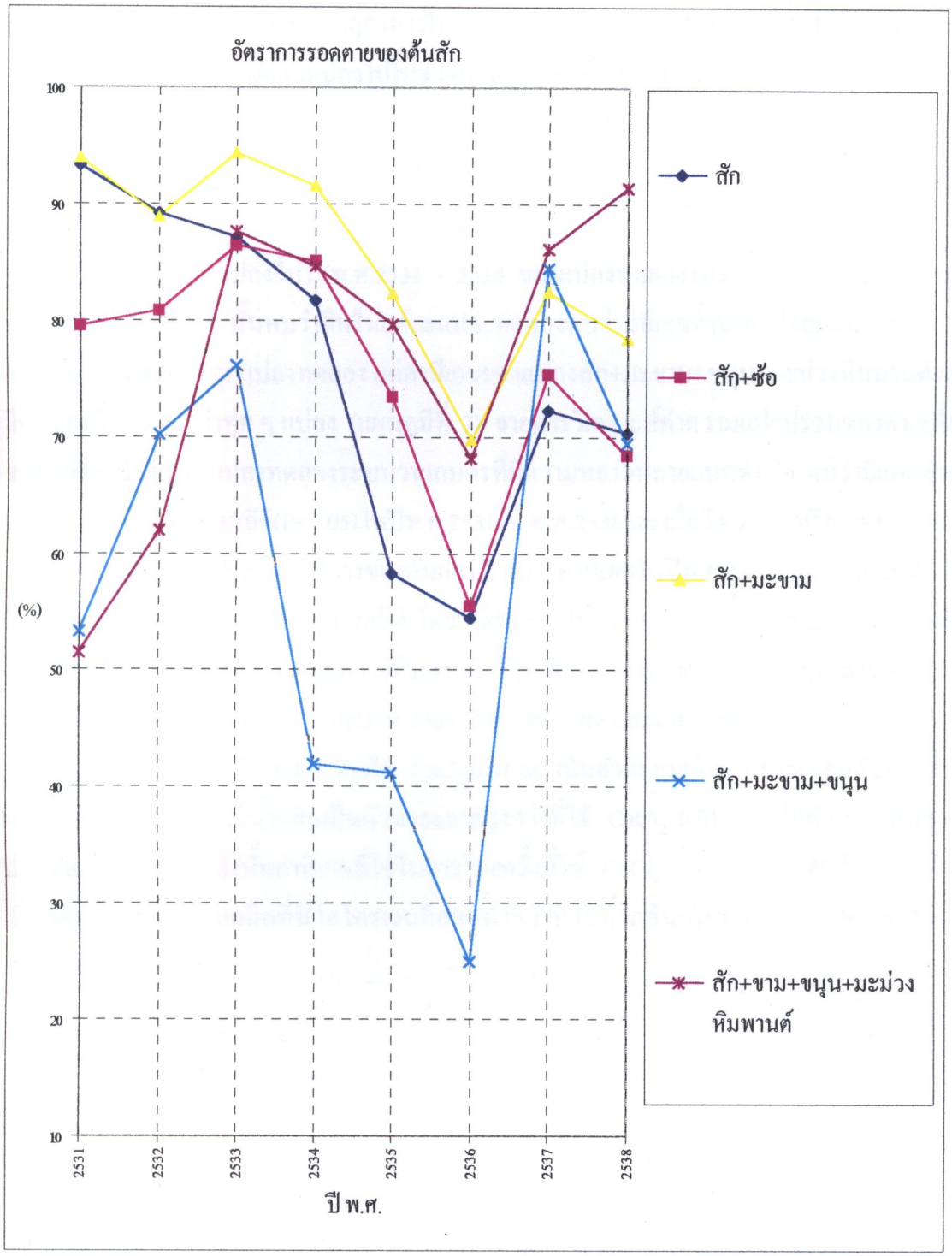
ตารางที่ 4.4 อัตราการรอดตายของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

	อัตราการรอดตายของต้นสัก (%)							
แปลงทดลอง	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	93.31[b]	89.24[a]	87.2[a]	81.7[b]	58.35[a]	54.52[a]	72.33[a]	70.41[a]
สัก +ซ้อ	79.5[b]	80.85[a]	86.4[a]	85.05[b]	73.44[a]	55.47[a]	74.44[a]	68.54[a]
สัก +มะขาม	93.92[ab]	88.96[a]	94.35[a]	91.65[b]	82.38[a]	68.95[a]	82.42[a]	78.5[a]
สัก+ มะขาม + ขนุน	53.55[a]	70.23[a]	76.17[a]	41.9[a]	41.19[a]	25[a]	84.52[a]	69.52[a]
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	51.52[a]	61.95[a]	87.65[a]	84.62[b]	79.74[a]	68.22[a]	86.2[a]	91.49[a]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 6 อัตราการรอดตายของต้นสักในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและธาตุอาหารในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538

4.3.1.ค่าพีเอช

ค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปในพ.ศ.2531 - 2538 ของแปลงทดลองในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ นั้นพบว่าดินในแต่ละแปลงทดลองพบว่ามีพีเอชต่ำมาก โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงในทุกแปลงทดลอง แต่ค่าพีเอชของแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์จะมีค่าพีเอชในดินสูงกว่าทุก ๆ แปลง (แผนภูมิที่ 7) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชในดินในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบว่ามีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)ในปีพ.ศ.2531 - พ.ศ.2538และเมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าพีเอชในปีพ.ศ.2531 และพ.ศ.2538 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยสูงสุดในปีพ.ศ.2531 และพ.ศ.2538 (ตารางที่ 4.5) ดังนี้ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(4.6), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(4.01) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปีพ.ศ.2531 และพ.ศ.2538 ดังนี้ สัก+ซ้อ และสัก+มะขาม(3.8)

จากการทดลองวัดพีเอชที่วัดโดยใช้ $CaCl_2$0.01 M เป็นตัวละลายดิน เปรียบเทียบกับน้ำกลั่น พบว่าค่าพีเอชที่วัดโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายสูงกว่าที่ใช้ $CaCl_2$ 0.01 M เป็นตัวทำละลายดินประมาณ 1 หน่วย ดังนั้นค่าพีเอชที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ $CaCl_2$ 0.01 M เป็นตัวทำละลายดินเพื่อลดผลกระทบของเกลือที่มีไฮโดรเจนอิออนต่ำกว่าที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายดินดังกล่าวประมาณ 1 หน่วย

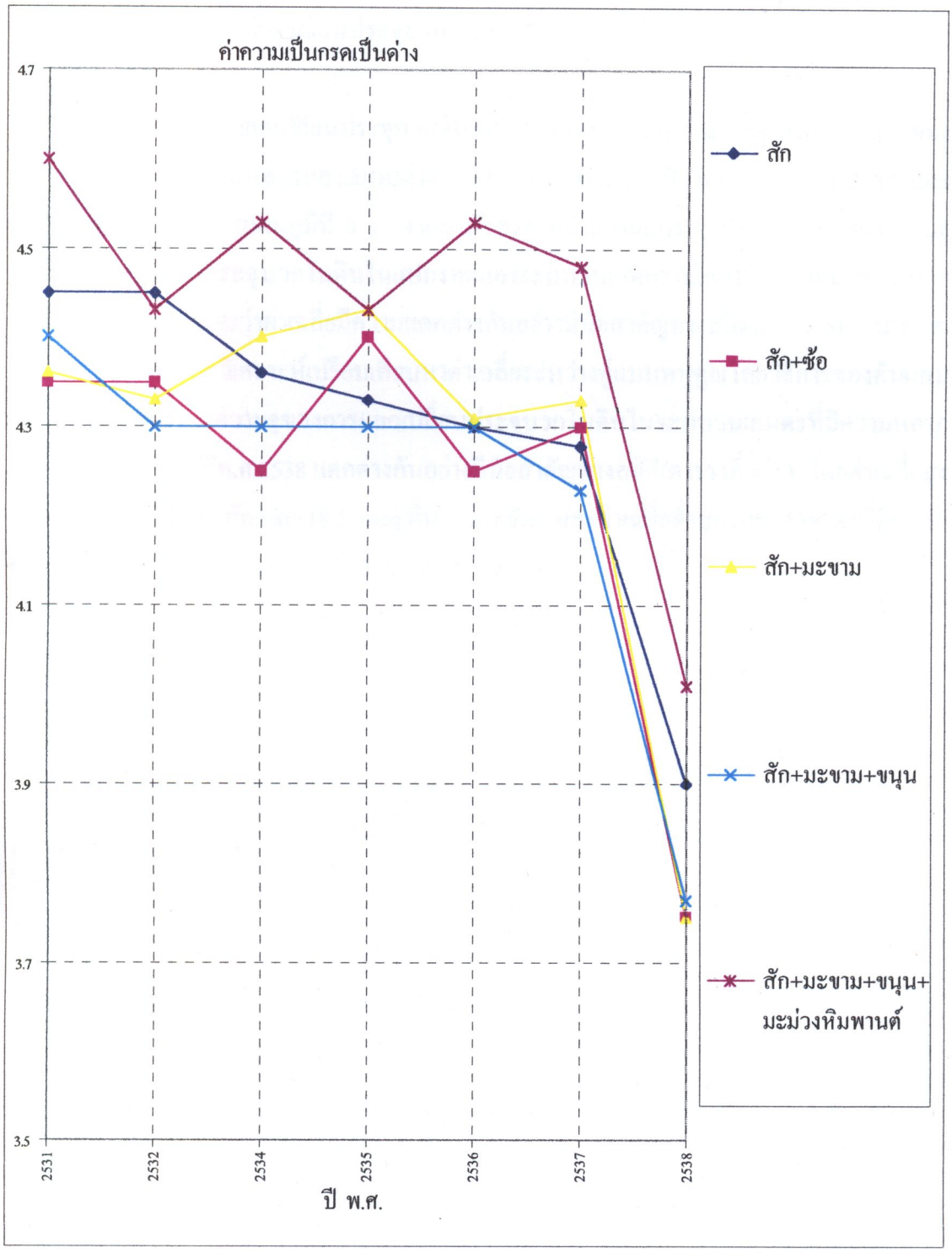
ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ($CaCl_2$ 0.1 M)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	4.45^{a}	4.45^{a}	4.36^{a}	4.33^{a}	4.3^{a}	4.28^{a}	3.9^{ab}
สัก+ซ้อ	4.35^{a}	4.35^{a}	4.25^{a}	4.4^{a}	4.25^{a}	4.3^{a}	3.75^{a}
สัก+มะขาม	4.36^{a}	4.33^{a}	4.4^{a}	4.43^{a}	4.31^{a}	4.33^{a}	3.75^{ab}
สัก+มะขาม+ขนุน	4.4^{a}	4.3^{a}	4.3^{a}	4.3^{a}	4.3^{a}	4.23^{a}	3.77^{ab}
สัก+มะขามขนุน+มะม่วงหิมพานต์	4.6^{b}	4.43^{a}	4.53^{a}	4.43^{a}	4.53^{a}	4.48^{a}	4.01^{b}

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 7 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.2 ค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน

ค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกดินที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ.2531 - พ.ศ.2537 และเพิ่มขึ้นในปีพ.ศ.2538 (แผนภูมิที่ 8) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาพบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) ในปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในปีพ.ศ.2538 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 4.6) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในปี2538 ดังนี้คือ สัก+ซ้อ(18.5 meq/ดิน 100 กรัม) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปี2538 ดังนี้คือ สัก +มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(12.3 meq/ดิน 100 กรัม)

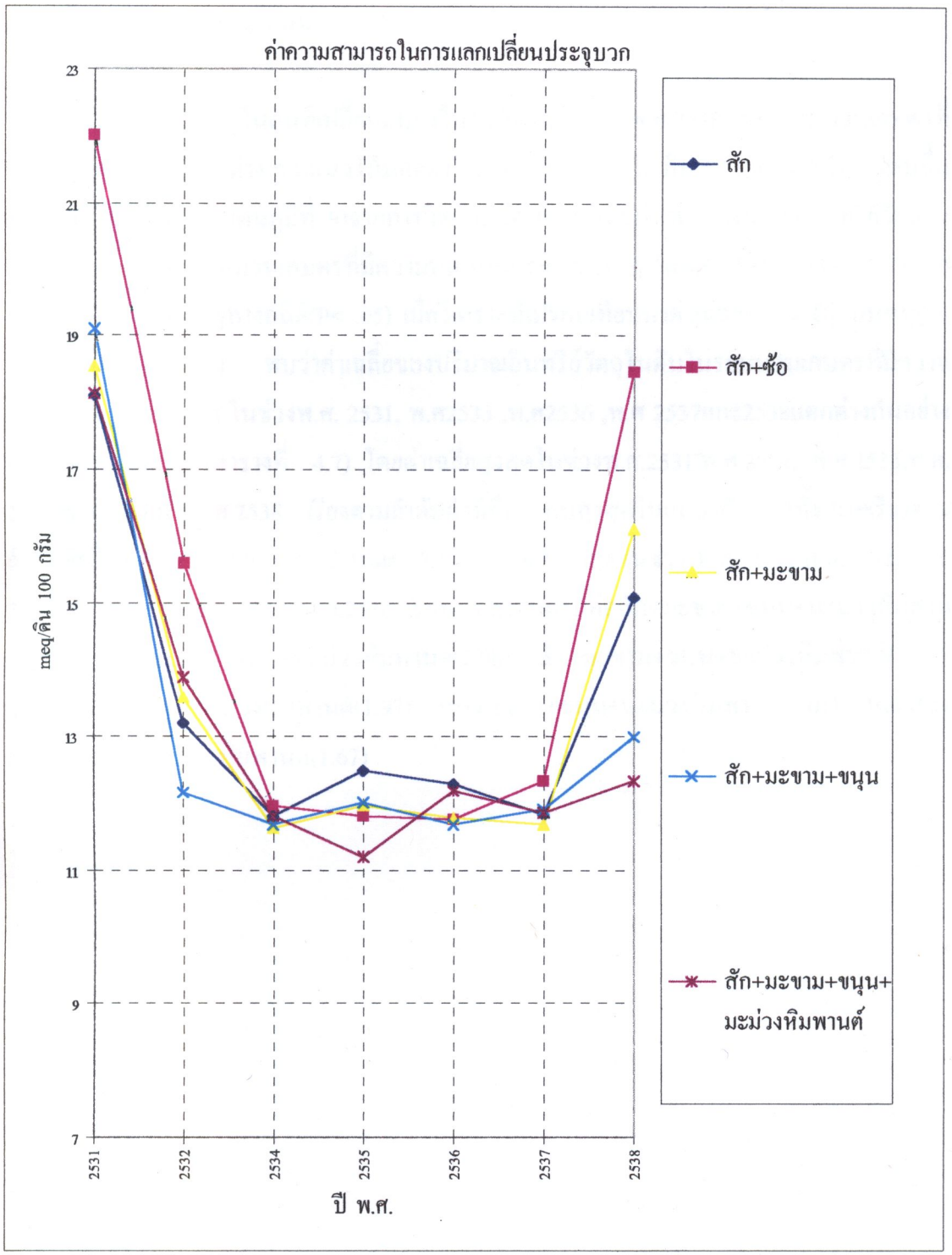
ตารางที่ 4.6 ค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความ หลากหลายแบบต่างๆ

	ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/ ดิน 100 กรัม)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	18.12^{a}	13.21^{a}	11.81^{a}	12.5^{a}	12.28^{a}	11.83^{a}	15.08^{abc}
สัก+ซ้อ	22^{a}	15.6^{a}	11.95^{a}	11.82^{a}	11.75^{a}	12.35^{a}	18.475^{c}
สัก+มะขาม	18.56^{a}	13.58^{a}	11.63^{a}	11.95^{a}	11.78^{a}	11.69^{a}	16.11^{bc}
สัก+มะขาม+ขนุน	19.1^{a}	12.166^{a}	11.68^{a}	12.01^{a}	11.68^{a}	11.9^{a}	13.01^{ab}
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	18.15^{a}	13.9^{a}	11.8^{a}	11.2^{a}	12.18^{a}	11.86^{a}	12.33^{a}

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 8 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตร ที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปีพ.ศ.2531 - พ.ศ.2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงในช่วงปีพ.ศ.2532 ถึงปีพ.ศ.2536 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นแต่สังเกตได้ไม่ชัดเจน(แผนภูมิที่ 9)จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในพ.ศ.2531 - 2538 พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในช่วงพ.ศ. 2531, พ.ศ2535 ,พ.ศ2536 ,พ.ศ 2537และ2538แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงพ.ศ.2531,พ.ศ.2532, พ.ศ.2535,พ.ศ.2536,พ.ศ.2537และพ.ศ.2538 เรียงตามลำดับดังนี้คือ พบสูงสุดในแปลงสัก+ซ้อทั้งหมดเรียงตามลำดับดังนี้ 3.1, 2.9, 2.9, 2.6, 3.1และ 3.1และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วง พ.ศ.2531, พ.ศ.2532, พ.ศ.2535, พ.ศ.2536, พ.ศ.2537และพ.ศ.2538 เรียงตามลำดับดังนี้คือสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(2.23), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(2.08), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(1.94), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(1.97), สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(2.01) และสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(1.67)

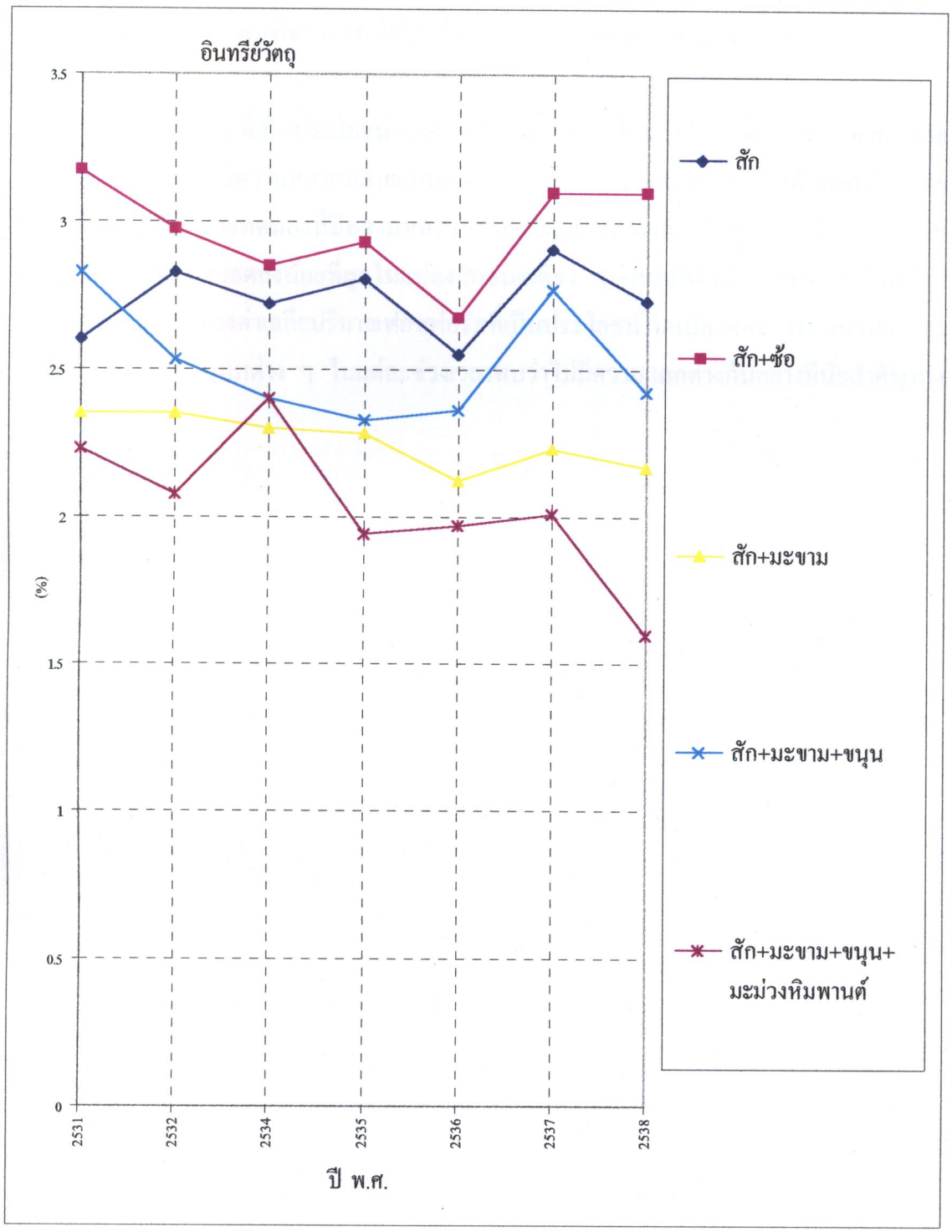
ตารางที่ 4.7 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)							
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	2.6^{ab}	2.83^{b}	2.723^{a}	2.806^{b}	2.55^{bc}	2.91^{bc}	2.73^{bc}
สัก+ซ้อ	3.175^{c}	2.97^{b}	2.85^{a}	2.93^{b}	2.675^{c}	3.1^{c}	3.1^{c}
สัก+มะขาม	2.35^{ab}	2.35^{ab}	2.3^{a}	2.28^{ab}	2.12^{ab}	2.23^{ab}	2.17^{ab}
สัก+มะขาม+ขนุน	2.83^{bc}	2.53^{ab}	2.4^{a}	2.33^{ab}	2.36^{abc}	2.77^{bc}	2.426^{b}
สัก+มะขาม+ขนุน+ มะม่วงหิมพานต์	2.23^{a}	2.08^{a}	2.4^{a}	1.94^{a}	1.97^{a}	2.01^{a}	1.6^{a}

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงทดลองที่มีความหลากหลายสูงสุดคือแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ และมีแนวโน้มลดลงน้อยที่สุดในแปลงสักชนิดเดียว (แผนภูมิที่ 10) แต่จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)

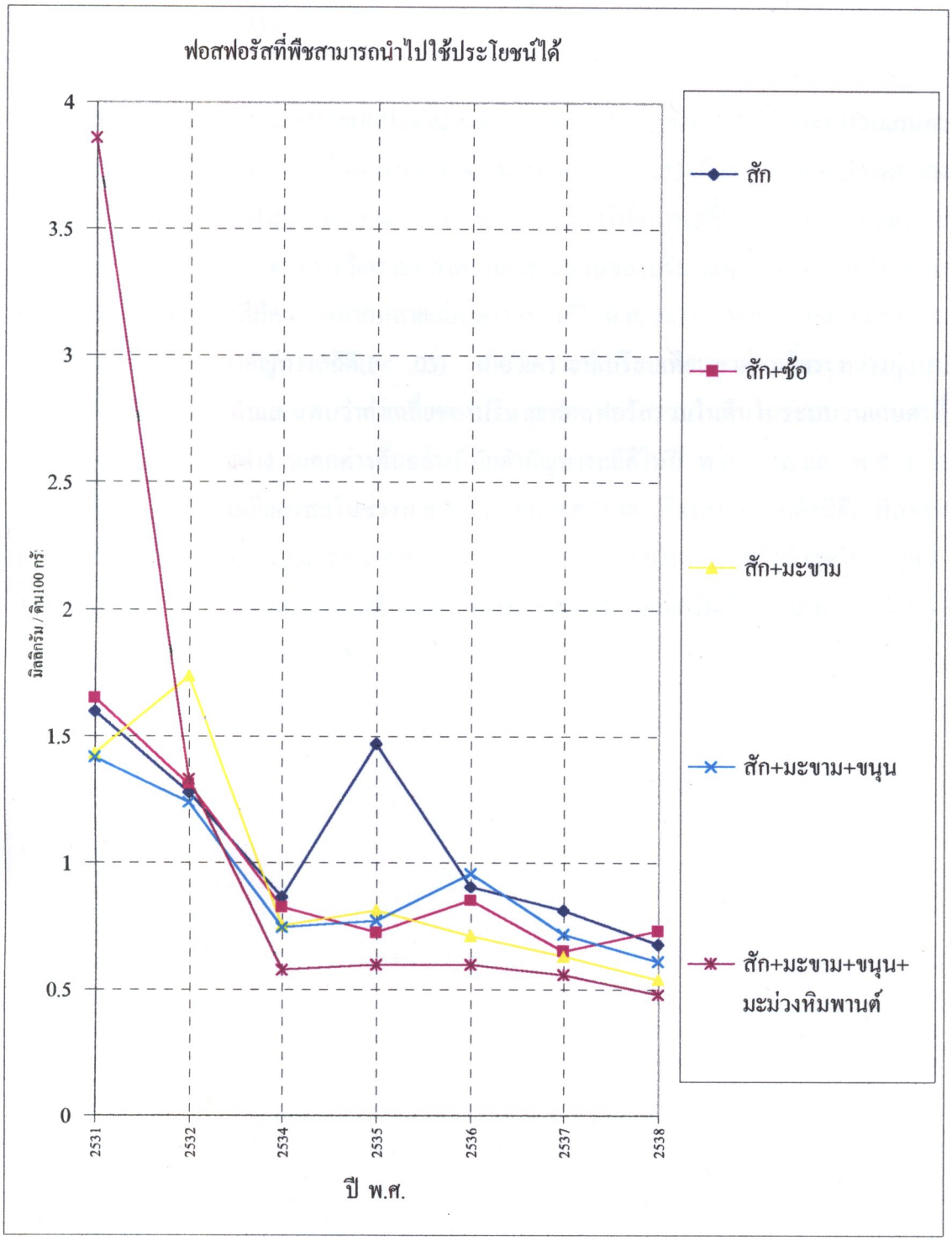
ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (meq/ ดิน 100 กรัม)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	1.6[a]	1.28[a]	0.865[a]	1.47[a]	0.908[a]	0.811[a]	0.68[a]
สัก+ซ้อ	1.65[a]	1.31[a]	0.82[a]	0.725[a]	0.85[a]	0.65[a]	0.735[a]
สัก+มะขาม	1.433[a]	1.74[a]	0.75[a]	0.81[a]	0.71[a]	0.63[a]	0.54[a]
สัก+มะขาม+ขนุน	1.42[a]	1.24[a]	0.74[a]	0.77[a]	0.96[a]	0.72[a]	0.61[a]
สัก+มะขาม+ขนุน+ มะม่วงหิมพานต์	3.86[a]	1.33[a]	0.58[a]	0.6[a]	0.6[a]	0.56[a]	0.478[a]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช่วงพ.ศ.2534 - 2534ปีแรกของทุกแปลงทดลองแล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็วในปีพ.ศ. 2534 - 2536 จากนั้นมีแนวโน้วการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างไม่ชัดเจน(แผนภูมิที่ 11) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคนพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปี พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2538 (ตารางที่ 4.9) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงพ.ศ.2536 และพ.ศ.2538 เรียงตามลำดับดังนี้คือ สัก+ซ้อ (9.1 มิลลิกรัม/ดิน 100 กรัม),และสัก+ซ้อ(9.7 มิลลิกรัม/ดิน 100 กรัม) ค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงพ.ศ. 2536 และพ.ศ.2538 เรียงตามลำดับดังนี้คือ สัก+มะขาม(6.3 มิลลิกรัม/ดิน 100 กรัม)และสัก+มะขาม(7.7 มิลลิกรัม/ดิน 100 กรัม)

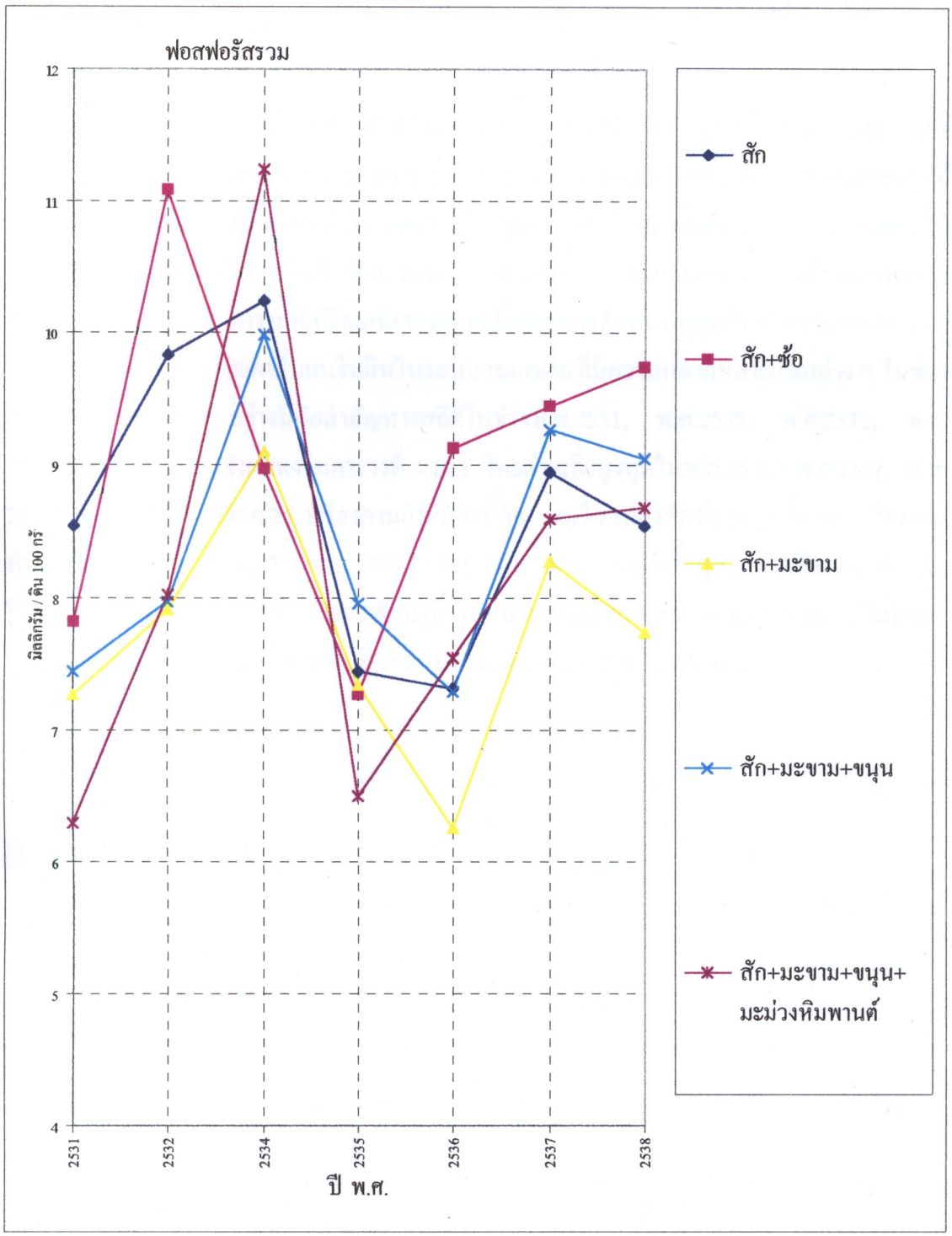
ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม / 100 กรัมดิน)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	8.54[a]	9.84[a]	10.25[a]	7.44[a]	7.32[b]	8.95[a]	8.539[ab]
สัก+ซ้อ	7.81[a]	11.09[a]	8.98[a]	7.27[a]	9.13[c]	9.45[a]	9.749[b]
สัก+มะขาม	7.26[a]	7.91[a]	9.11[a]	7.34[a]	6.25[a]	8.28[a]	7.74[a]
สัก+มะขาม+ขนุน	7.443[a]	7.966[a]	9.99[a]	7.96[a]	7.29[b]	9.27[a]	9.06[b]
สัก+มะขาม+ขนุน มะม่วงหิมพานต์	6.29[a]	8.02[a]	11.24[a]	6.5[a]	7.55[b]	8.59[a]	8.68[ab]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.6 ปริมาณคาร์บอนรวม

ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน(แผนภูมิที่ 12) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนในดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงพ.ศ.2531, พ.ศ.2532, พ.ศ.2535, พ.ศ. 2537 และพ.ศ.2538 (ดังแสดงในตารางที่ 4.10) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในพ.ศ.2531, พ.ศ.2532, พ.ศ. 2535, พ.ศ.2537 และพ.ศ.2538เรียงตามลำดับดังนี้คือ พบในแปลงสักซ้อสูงสุดทั้ง 6ปี เรียงตามลำดับดังนี้ 1.8 %, 1.7 %, 1.7 %, 1.55%, 1.8%, และ1.8% ค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงปี2531, ปี2532, ปี2535, ปี2537 และปี2538เรียงตามลำดับดังนี้ คือพบในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ทั้ง 8 ปี เรียงตามลำดับ ดังนี้ 1.3 %, 1.2 %, 1.1 %, 1.1 %, 1.2 % และ0.9 %

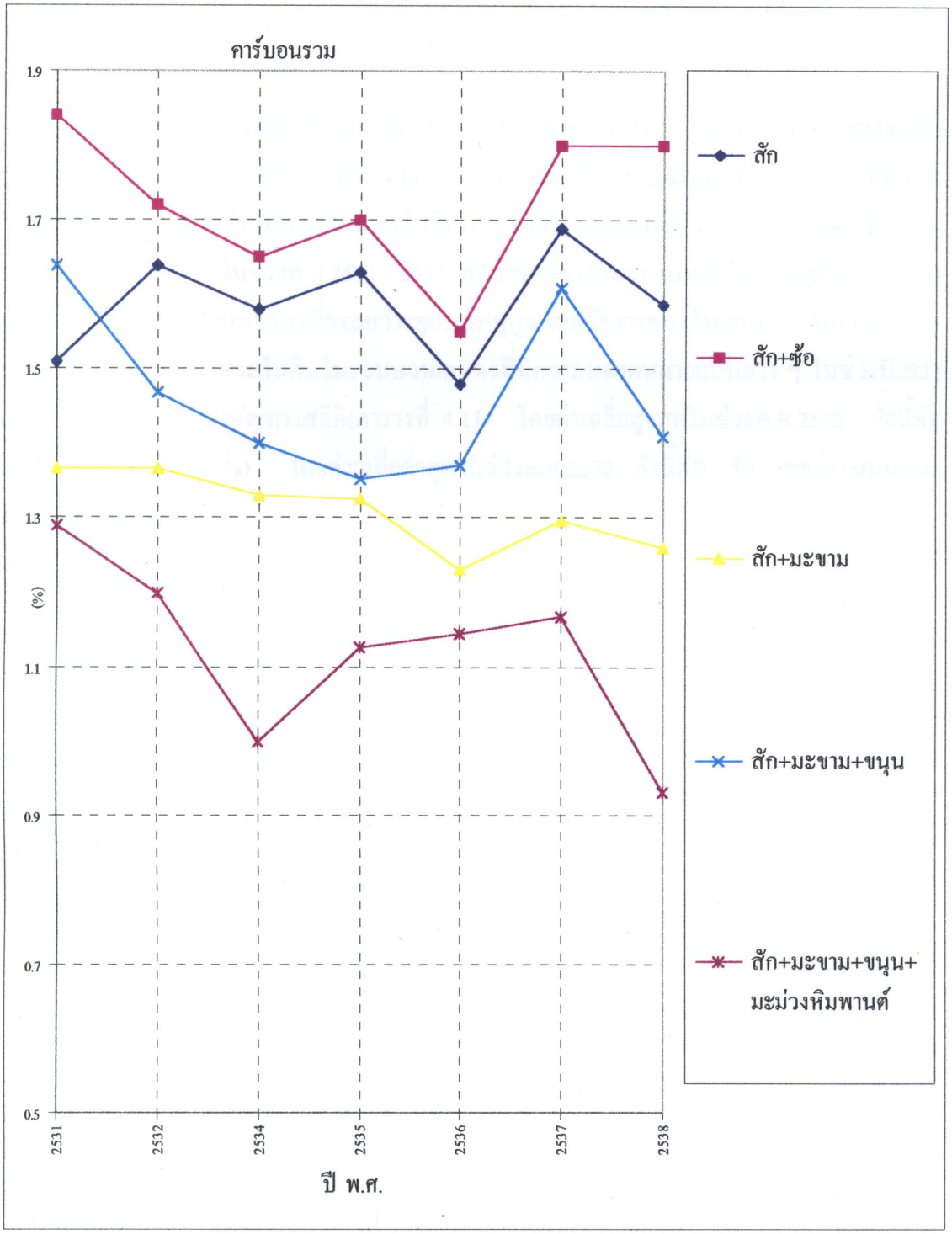
ตารางที่ 4.10 ปริมาณคาร์บอนในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ปริมาณคาร์บอน (%)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	1.51^{abc}	1.64^{cd}	1.58^{a}	1.63^{b}	1.48^{abc}	1.69^{bc}	1.58^{bc}
สัก+ซ้อ	1.8^{d}	1.72^{d}	1.65^{a}	1.7^{b}	1.55^{c}	1.8^{c}	1.8^{c}
สัก+มะขาม	1.36^{ab}	1.36^{abc}	1.33^{a}	1.32^{ab}	1.23^{ab}	1.3^{ab}	1.26^{ab}
สัก+มะขาม+ขนุน	1.64^{bcd}	1.47^{bcd}	1.4^{a}	1.35^{ab}	1.37^{abc}	1.61^{bc}	1.41^{b}
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	1.29^{a}	1.2^{ab}	0.7^{a}	1.12^{a}	1.145^{a}	1.17^{abc}	0.93^{a}

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 12 ปริมาณคาร์บอนรวมในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.7 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะลดน้อยลง (แผนภูมิที่ 13) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนรวมในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในช่วงพ.ศ.2531 - 2538 พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในช่วงปี2532 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 4.11) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงพ.ศ.2532 ดังนี้คือ สัก+มะขาม+ขนุน(0.6 %) โดยค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงพ.ศ.2532 ดังนี้คือ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์(0.4 %)

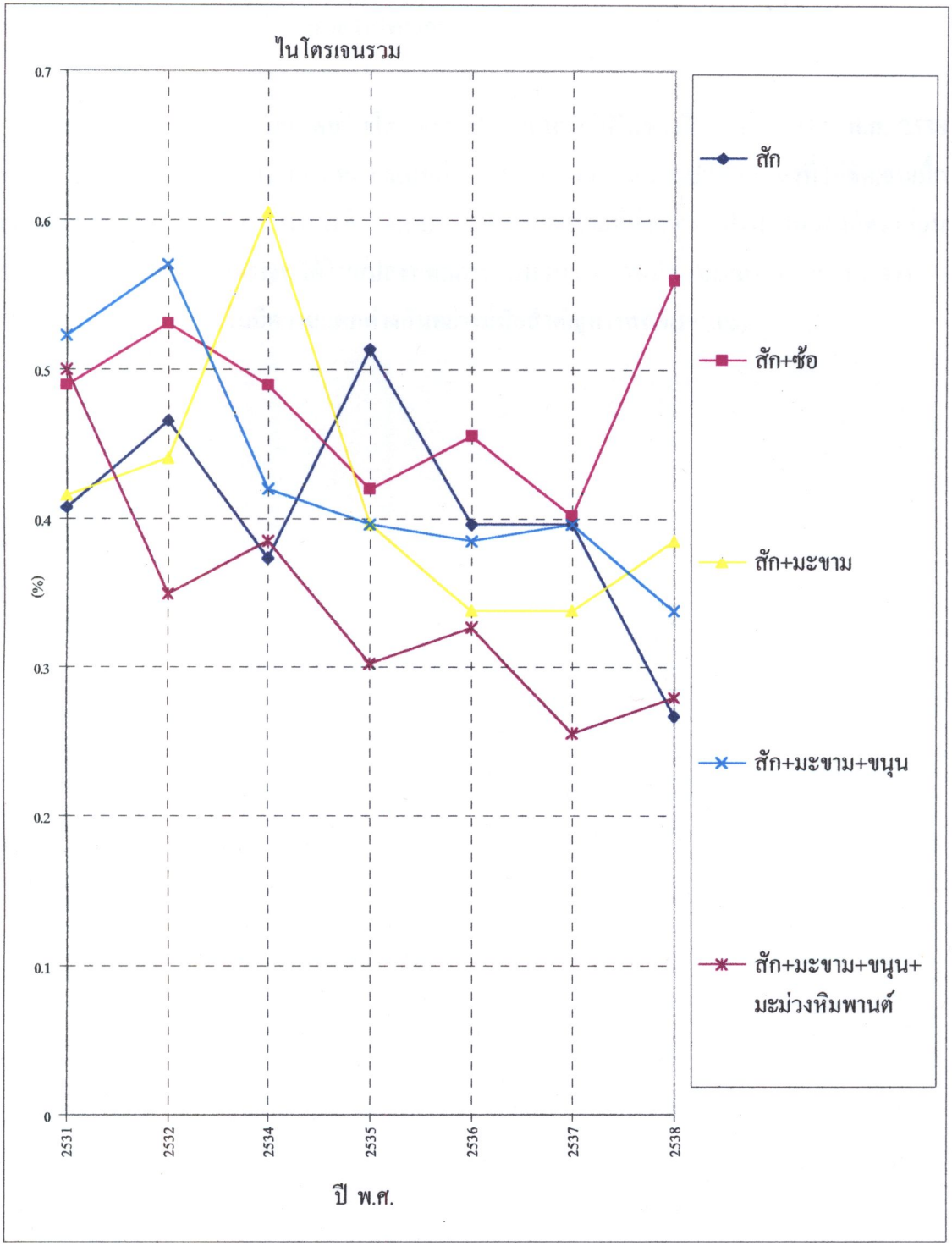
ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ปริมาณไนโตรเจนรวม (%)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	0.41[a]	0.46[ab]	0.373[a]	0.513[a]	0.396[a]	0.40[a]	0.27[a]
สัก+ซ้อ	0.49[a]	0.53[bc]	0.49[a]	0.42[a]	0.455[a]	0.402[a]	0.56[a]
สัก+มะขาม	0.42[a]	0.44[b]	0.61[a]	0.40[a]	0.34[a]	0.34[a]	0.39[a]
สัก+มะขาม+ขนุน	0.52[a]	0.57[c]	0.42[a]	0.40[a]	0.385[a]	0.40[a]	0.34[a]
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	0.5[a]	0.35[ab]	0.39[a]	0.303[a]	0.326[a]	0.25[a]	0.28[a]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.8 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป(แผนภูมิที่ 14 ตารางที่ 4.12) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนได้ในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)

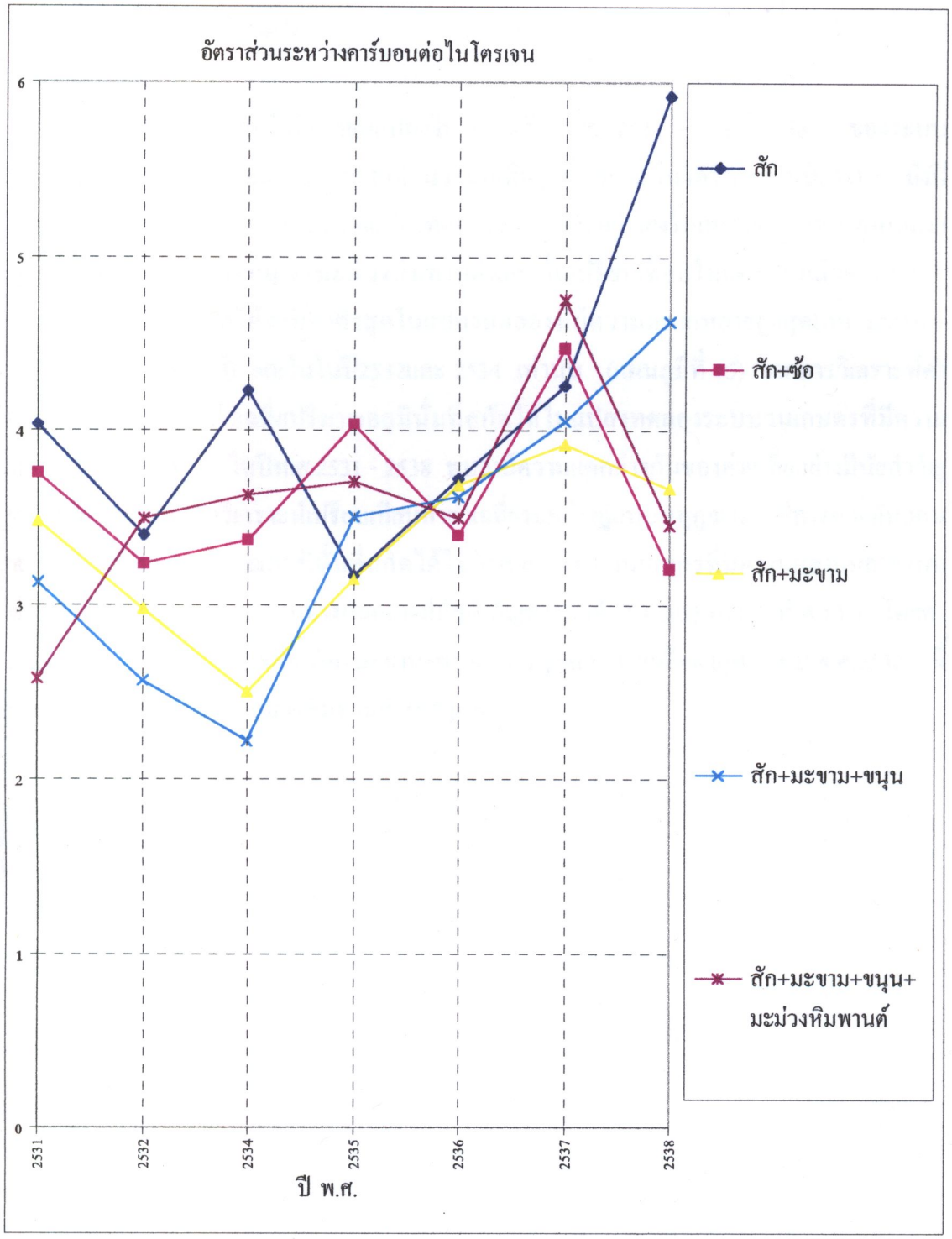
ตารางที่ 4.12 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	4.04:1[a]	3.40:1[a]	4.23:1[a]	3.17:1[a]	3.73:1[a]	4.29:1[a]	5.92:1[a]
สัก+ซ้อ	3.75:1[a]	3.25:1[a]	3.38:1[a]	4.04:1[a]	3.44:1[a]	4.59:1[a]	3.24:1[a]
สัก+มะขาม	3.48:1[a]	2.98:1[a]	2.50:1[a]	3.15:1[a]	3.69:1[a]	3.92:1[a]	3.67:1[a]
สัก+มะขาม+ขนุน	3.13:1[a]	2.57:1[a]	2.22:1[a]	3.51:1[a]	3.62:1[a]	4.06:1[a]	4.63:1[a]
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	2.59:1[a]	3.50:1[a]	3.63:1[a]	3.72:1[a]	3.56:1[a]	4.75:1[a]	3.46:1[a]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 14 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

4.3.9 ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้

ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนในปี2531 ถึงปี 2536 นั้นมีแนวโน้มการลดลงในบางแปลงทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงที่มีความหลากหลายสูงสุดคือสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละปีแล้วจะพบว่าปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้จะมีค่าต่ำสุดในแปลงทดลองที่มีความหลากหลายสูงสุด(สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์) ยกเว้นในปี2532และ 2534 เท่านั้น (แผนภูมิที่ 15) จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในปีพ.ศ.2531 - 2538 พบว่ามีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< .05)เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระหว่างคู่แบบพหูคูณโดยวิธีการของดันแคน พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ในดินของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ ในช่วงปีพ.ศ.2538 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< .05) (ตารางที่ 4.13) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงพ.ศ.2538คือ สัก+มะขาม+ขนุน(11.3 ppm) ค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงพ.ศ.2538ดังนี้คือ สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ (6.9 ppm)

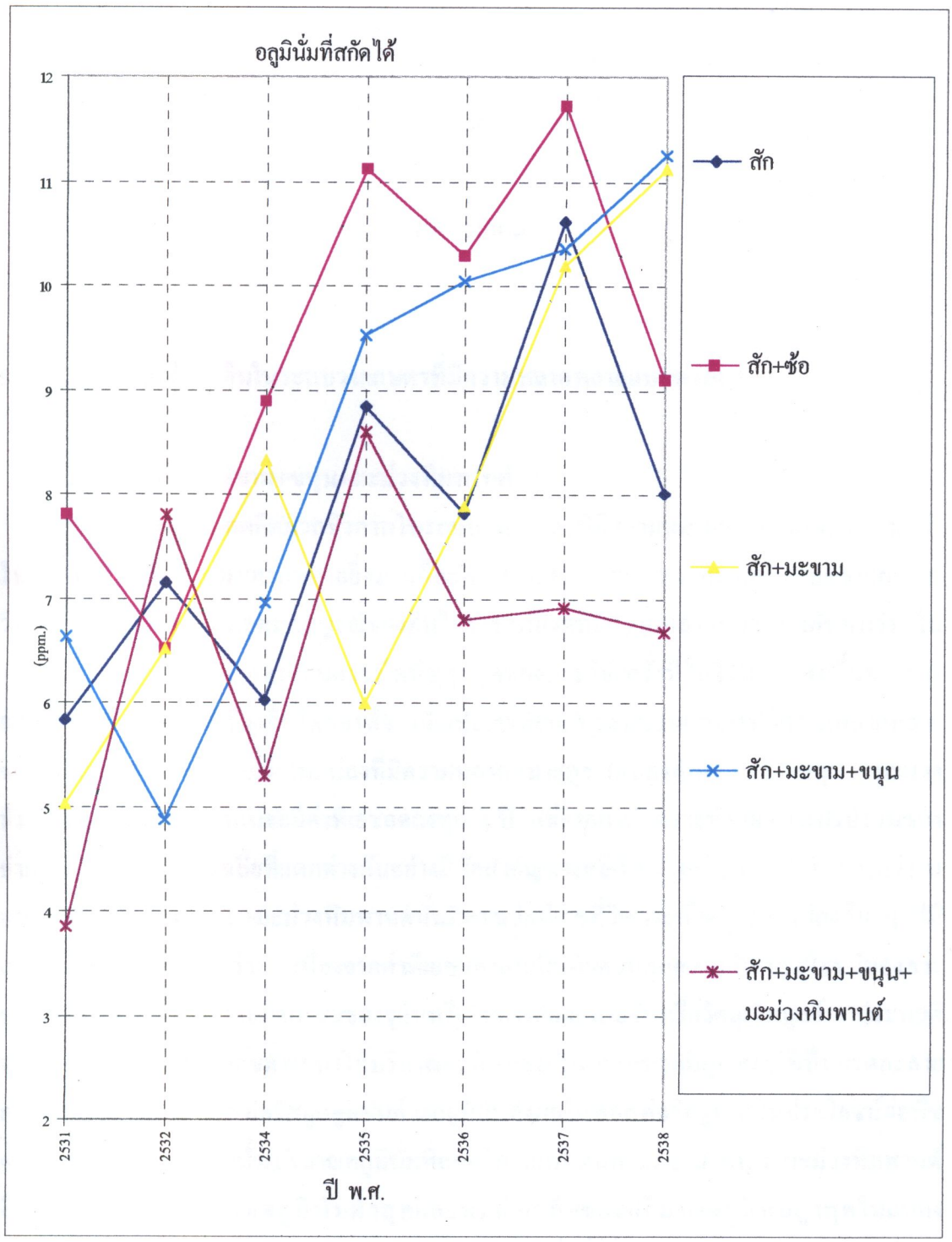
ตารางที่ 4.13 ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ในดินที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 ในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

	ปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ (ppm)						
แปลงทดลอง	2531	2532	2534	2535	2536	2537	2538
สัก(ควบคุม)	5.83[a]	7.16[a]	6.03[a]	8.85[a]	7.825[a]	10.61[a]	8.01[ab]
สัก+ซ้อ	7.8[a]	6.52[a]	8.9[a]	11.12[a]	10.3[a]	11.73[a]	9.1[ab]
สัก+มะขาม	5.02[a]	6.5[a]	8.33[a]	6.0[a]	7.89[a]	10.2[a]	11.13[b]
สัก+มะขาม+ขนุน	6.63[a]	4.88[a]	6.96[a]	9.53[a]	10.05[a]	10.36[a]	11.26[b]
สัก+มะขาม+ขนุน +มะม่วงหิมพานต์	3.85[a]	7.8[a]	5.3[a]	8.6[a]	6.8[a]	6.91[a]	6.68[a]

- ค่าเฉลี่ยต่ำสุด

= ค่าเฉลี่ยสูงสุด

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแต่ละตัวในแนวตั้ง แทนความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆในปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2538 อักษรตัวเดียวกันเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)



แผนภูมิที่ 15 ปริมาณอลูมินั่มในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ ในช่วงปีพ.ศ. 2531 - พ.ศ.2538

บทที่ 5

อภิปรายผล

5.1 สมบัติทางเคมีของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

5.1.1 แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์

ผลการวิจัยผลผลิตมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบว่าในระบบนิเวศที่มีความหลากหลายยิ่งมากก็จะทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพมากขึ้น แต่จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบนิเวศที่มีความหลากหลายต่างกันพบว่า ในระบบนิเวศที่มีความหลากหลายของชนิดพืชสูงสุดของการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อเปรียบเทียบกับระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชต่ำกว่า ถึงแม้ว่าในแปลงที่มีความหลากหลายสูง (แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+ มะม่วงหิมพานต์) มีแนวโน้มที่ดินจะมีค่าพีเอชลดลงทุก ๆ ปี แต่จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย โดยมีช่วงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)(ตารางที่ 4.5) พบว่าในแปลง สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์นั้นมีค่าเฉลี่ยพีเอชที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าแปลงอื่น ๆ ที่มีความหลากหลายน้อยกว่า เนื่องจากค่าพีเอชของดินเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของสารอาหารในดินและยังมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ(ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2538) โดยค่าพีเอชต่ำจะทำให้ปริมาณอลูมินั่มซึ่งเป็นประจุบวกมีคุณสมบัติเป็นกรดละลายออกมาได้สูง ทำให้ฟอสฟอรัสถูกดูดซับด้วยอลูมินั่มส่งผลให้ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ(Brady, 1984) ดังนั้นปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์จึงมีค่าเฉลี่ยของปริมาณอลูมินั่มต่ำสุดและพบค่าเฉลี่ยของปริมาณอลูมินั่มสูงสุดในแปลงสัก+มะขามกับแปลงสัก+มะขาม+ขนุน โดยเป็นช่วงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< .05$)(ตารางที่ 4.13) และถึงแม้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในแปลง สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ จะมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าในแปลงระบบวนเกษตรอื่น ๆ น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนที่ต่ำกว่า 25:1 ดังนี้คือ เศษซากใบไม้ที่มีหลายชนิดโดยเฉพาะมีพืชตระกูลถั่วเช่นมะขามมีผลต่อการเพิ่มไนโตรเจน ทำให้กิจกรรมและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต

ในดินซึ่ง จำเป็นต้องอาศัยไนโตรเจนมีสูงขึ้น มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายเศษซากพืชเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และจากการศึกษาของวิลาวัลย์ แซ่เห้ง(2537) พบว่าการย่อยสลายเศษซากใบไม้หลายชนิดจะลด ปริมาณอลูมินั่มได้ดีกว่าผลการย่อยสลายเศษซากใบไม้น้อยชนิดหรือชนิดเดียว และจากการย่อยสลายเกิดที่ขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลาทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตลอดเวลา จึงทำให้พืชได้รับฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่พืชทั่วไปต้องการเป็นปริมาณมากและมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงน่าจะเป็นเหตุผลที่ทำให้แปลง สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์มีผลผลิตมวลชีวภาพรวมมากกว่าแปลงที่มีความหลากหลายของพืชน้อยกว่า

5.1.2 แปลงสัก+ซ้อ

ผลการวิจัยผลผลิตมวลชีวภาพรวมในแปลง สัก+ซ้อ พบว่ามีผลผลิตมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป แต่จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อหนึ่งต้นและอัตราการรอดตายของต้นสักพบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าแปลงทดลองอื่น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)((ตารางที่ 4.3และ4.4) ดังนั้นผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่น่าจะเป็นของซ้อซึ่งในทางป่าไม้จัดว่าเป็นไม้โตเร็ว และจากการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงสัก+ซ้อ พบว่าไม่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น แต่พบว่าในแปลง สัก+ซ้อจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบวนเกษตรอื่น ๆ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) จากการศึกษาของวิลาวัลย์(2537) พบว่าเศษซากใบซ้อนั้นจะใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยที่สุดประมาณ 102 วัน และสักจะใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 146 วัน จึงทำให้ได้รับสารอาหารค่อนข้างต่อเนื่องทำให้ซ้อซึ่งเป็นไม้โตเร็วและสามารถเจริญได้ดีในดินที่เป็นกรด (Young, 1990) ทำให้ซ้อเจริญเติบโตได้ดีแม้ดินในระบบจะมีความเป็นกรด จึงน่าจะเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ให้ระบบมีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าแปลง สัก+มะขาม,แปลง สัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก

5.1.3 แปลงสัก

ผลการวิจัยผลผลิตมวลชีวภาพรวมในแปลงสัก ต่ำกว่าแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และแปลงสัก+ซ้อ และพบว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อหนึ่งต้นนั้นต่ำกว่าแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ โดยเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนใน ปี พ.ศ.2537-2538 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) นอกจากนี้ยังพบว่าดินในแปลงสักมีค่าพีเอชลดลงซึ่งส่งผลให้มีปริมาณอลูมินั่มสูงกว่าในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ โดยทั่วไปแล้วในระบบนิเวศเขตร้อน การหมุนของสารอาหารนั้นจะมีปัญหาเรื่องดินเป็นกรด ความเป็นพิษของอลูมินั่มและการขาดแคลนฟอสฟอรัสเป็นปัญหาที่ร้ายแรงต่อผลผลิต โดยฟอสฟอรัสอนินทรีย์ส่วนใหญ่

ในดินเขตร้อนถูกดูดซับด้วยเหล็กและอลูมินั่มบนอนุภาคดินซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Sanchez,1976) ถึงแม้ว่าในแปลงสักจะมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระบบสูงกว่าแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ แต่เศษซากอินทรีย์วัตถุส่วนใหญ่จะเป็นใบสักชนิดเดียวจะมีเวลาในการย่อยสลายเท่ากันหมดทำการปลดปล่อยอินทรีย์สารไม่ต่อเนื่อง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จึงถูกปลดปล่อยออกมาไม่สม่ำเสมอในระบบส่งผลให้ผลผลิตมวลชีวภาพรวมของระบบน้อยกว่าแปลงที่มีความหลากหลายสูงกว่า

5.1.4 แปลงสัก+มะขาม และแปลงสัก+มะขาม+ขนุน

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของแปลงสัก+มะขามและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน พบว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพและอัตราการรอดตายของต้นสักมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดโดยต่ำกว่าระบบวนเกษตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 4.2 และ 4.4) ผลการวิเคราะห์ค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่าดินในแปลงสัก+มะขามและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน มีค่าเฉลี่ยค่าพีเอชต่ำกว่าทุกแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 4.5) โดยสัมพันธ์กับค่าอลูมินั่มที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 4.13)จะพบว่าในดินที่เป็นกรดจัดจะมีปริมาณอลูมินั่มเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะมีผลต่อการเจริญของรากพืช ทำให้รากพืชไม่สามารถใช้ฟอสฟอรัสได้ (Hesse, 1963) จึงทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพรวมต่ำเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

5.2 ปัจจัยของระยะเวลาที่มีผลต่อผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักและและอัตราการรอดตายของต้นสักกับระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ.2531 - 2538 พบความสัมพันธ์ดังนี้ (ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข)คือ

ผลผลิตมวลชีวภาพรวมของระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับเวลาโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.9038
2. สัก+มะขาม+ขนุน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6319
3. สัก+ซ้อ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6195
4. สัก	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.5800
5. สัก+มะขาม	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.4344

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ พบว่า ผลผลิตมวลชีวภาพรวมมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข) ซึ่งหมายความว่าผลผลิตมวลชีวภาพรวมของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป โดยจะเห็นได้ว่ายิ่งในแปลงที่มีความหลากหลายสูงจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูง ยกเว้นแปลงสัก+มะขาม มีความสัมพันธ์เชิงบวกน้อยกว่าแปลงสักและแปลงอื่น ๆ

ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับเวลาโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.8858
2. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6985
3. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6063
4. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6021
5. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.4180

ผลการวิเคราะห์เคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆพบว่าผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นในแปลงระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข) ซึ่งหมายความว่าผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นจะเพิ่มขึ้นในทุกๆ แปลงทดลองเมื่อเวลาที่ผ่านไป โดยในแปลงสัก+มะขาม+ขนุนมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกว่าแปลงอื่นๆ

อัตราการรอดตายของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับเวลาโดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.3796
2. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.0874
3. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.4740
4. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.5866
5. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.6227

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับอัตราการรอดตายของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ พบว่าอัตราการรอดตายของต้นสักในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) และแปลงที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาได้แก่แปลง สัก+มะขาม+ขนุน, สัก+มะขาม, สัก+ซ้อ และสัก ซึ่งหมายความว่าเมื่อเวลาผ่านไป แปลงที่มีความหลากหลายสูงจะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายต่ำหรือแปลงที่มีพืชเพียงชนิดเดียว

5.3 ความสัมพันธ์ของผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น และอัตราการรอดตายของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

ข้อมูลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยพบว่าในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 83.5 กรัม/ตารางเมตร ค่าเฉลี่ยของผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้นเท่ากับ 1866.8 กรัม และอัตราการรอดตายของต้นสักเท่ากับ 91.5 % ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ยสูงกว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) จากข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า สักที่ปลูกในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายมากนั้นจะให้ค่าผลผลิตมวลชีวภาพ ค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสัก และอัตราการรอดตายของต้นสักสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อย จากข้อมูลการวิจัยนี้ Jordan and Gajaseni (1989) ได้ให้ความหมายทางนิเวศวิทยาไว้ดังนี้ต้นไม้ที่มีอายุเดียวกันย่อมมีโครงสร้างเหมือนกันมีความต้องการปัจจัยในการดำรงชีพเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นเมื่อความสูงของเรือนยอดอยู่ในระดับเดียวกันและระบบรากอยู่ที่ระดับความลึกเดียวกันย่อมก่อให้เกิดการแก่งแย่งสารอาหารเกิดขึ้น ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของการเกษตรกรรมรวมไปถึงป่าไม้ที่มีผลต่อการปฏิบัติที่ผ่านมาคือ หลักการการแก่งแย่ง (Competition principle) ที่มีผลทำให้ต้องมีการปลูกพืชชนิดเดียว ป้องกัน กำจัดศัตรูและคู่แข่งของพืชชนิดเดียวกัน อายุเท่า ๆ กันนั้นสร้างปัญหาผลกระทบทางนิเวศวิทยา สิ่งแวดล้อม และเป็นระบบที่ไม่ยั่งยืน พืชแต่ละชนิดต่างมีความต้องการปัจจัยในการดำรงชีวิตที่เป็นลักษณะเฉพาะของพืชนั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็น สารอาหาร น้ำ แสง หรือปัจจัยอื่น ๆ บางชนิดต้องการธาตุไนโตรเจนมาก แต่สามารถอยู่ในบริเวณที่มีแคลเซี่ยมน้อยได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเมื่อพืชแต่ละชนิดถูกปลูกโดยระบบที่มีเฉพาะพืชนั้นและมีอายุเดียวกัน จึงทำให้ไม่สามารถใช้ทรัพยากร สารอาหาร น้ำและแสง ที่มีอยู่ในระบบนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการสูญเสียทรัพยากรไปโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อมีการรวมพืชหลาย ๆ ชนิดที่มีความแตกต่างในด้านการเจริญเติบโตและสารอาหาร สามารถทำให้ลดการ

แก่งแย่งกันและสามารถให้ผลผลิตมวลชีวภาพได้มากกว่าการปลูกพืชชนิดเดียว รวมทั้งการปรับตัวของพืชที่ปลูกร่วมกันหลายชนิด สามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตในดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์เมื่อได้ปลูกร่วมกับพืชที่เหมาะสมตามไปด้วย (Kelty, 1992; Mathews, 1989; Binkley, et al.1992)

5.4 ปัจจัยของสมบัติทางเคมีของดินกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ

5.4.1 ค่าพีเอชในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของค่าพีเอชในดินกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงลำดับความสัมพันธ์จากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.0646
2. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.0700
3. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) =- 0.1313
4. สัก+ช้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) =- 0.0881
5. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.2368

จากผลดังกล่าวพบว่า ค่าพีเอชในดินของแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< .05$) หมายความว่า ดินในแปลงทดลองมีค่าพีเอชในดินลดลงในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้น แต่ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์มีความสัมพันธ์ต่ำมากกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อยกว่า (ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข) ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะว่าในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ ประกอบไปด้วยพืชมากชนิด ซึ่งต้นไม้ต่างโครงสร้างกันและมีความต้องการปัจจัยในการดำรงชีพต่างกัน ระบบรากอยู่ที่ระดับความลึกต่างกันจึงทำให้มีความต้องการสารอาหารและน้ำต่างกัน(Kelty, 1992) ทำให้ผิวดินมีความชื้นสูงกว่าแปลงที่มีชนิดพืชน้อยกว่าซึ่งระดับรากอยู่ระดับความลึกเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ก่อให้เกิดการแก่งแย่งสารอาหารและน้ำ ทำให้ผิวดินมีความชื้นต่ำ ทำให้เมื่อมีการชะล้างโดยน้ำฝนที่มีไฮโดรเจนอิออนชะล้างอนุมูลบวกอื่นๆและไฮโดรเจนอิออนจะเข้าไปแทนที่ทำให้ดินเป็นกรดได้มากกว่าในบริเวนที่มีความชื้นสูงกว่า(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2528) ดังนั้นในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ จึงมีค่า พีเอชในดินสูงและมีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าในแปลงที่มีความหลากหลายต่ำกว่า

5.4.2 ปริมาณอลูมินั่มในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอลูมินั่มในดินกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม+ขนุน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.5680
2. สัก+มะขาม	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.4330
3. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.3981
4. สัก	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.2880
5. สัก+ซ้อ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.1120

จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณอลูมินั่มในแปลงทดลองระบบวนเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณผลิตมวลชีวภาพทุกแปลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งแปลง สัก+มะขาม+ขนุน พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 5 ภาคผนวก ข) หมายความว่า ปริมาณอลูมินั่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น

ในทางเกษตรกรรมเขตร้อน ปัญหาดินเป็นกรด ความเป็นพิษของอลูมินั่ม และการขาดแคลนฟอสฟอรัส เป็นปัญหาที่ร้ายแรงที่สุดต่อผลผลิต (Stevenson, 1985) โดยปริมาณอลูมินั่มที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าค่าพีเอชในดิน โดยค่าพีเอชในดินต่ำกว่า 5 มีผลทำให้ปริมาณอลูมินั่มอิออนซึ่งเป็นประจุบวกที่มีสมบัติเป็นกรดละลายออกมากได้สูง ส่งผลให้ฟอสฟอรัสอินทรีย์ถูกดูดซับด้วยอลูมินั่มบนอนุภาคดินทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Sanchez, 1976) ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก+มะขาม มีค่าพีเอชในดินต่ำจึงส่งผลให้ปริมาณอลูมินั่มในดินสูงขึ้นและมีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตมวลชีวภาพรวมต่ำกว่า แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์, สักและสัก+ซ้อ

5.4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้

1. สัก	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.2109
2. สัก+มะขาม	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.2966
3. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.3475
4. สัก+ซ้อ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.3532

5. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -0.4996

จากผลการวิจัยพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในแปลงทดลองที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ โดยในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)ในแปลงอื่น ๆ มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของแปลงทดลองต่าง ๆ จะลดลงในทุกแปลงทดลองเมื่อผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในแปลงสักชนิดเดียวจะมีความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงกว่าในแปลงที่มีความหลากหลายสูง ทั้งนี้พบว่าในใบสักจะมีสารอาหาร ซึ่งได้แก่ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซี่ยมและแมกนีเซี่ยมมากกว่า 90% (Egunjobi, 1974) เมื่อถึงฤดูกาลผลัดใบทำให้มีอินทรีย์วัตถุที่เป็นใบสักมากเมื่อย่อยสลายจึงทำให้ได้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายสูงกว่าในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมก็เพิ่มขึ้นด้วย

5.4.4 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.6253
2. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.5695
3. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.0203
4. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.2003
5. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.3242

จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในแปลงสักซ้อและแปลงสักมีความสัมพันธ์กับผลผลิตมวลชีวภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่2 และ 4 ภาคผนวก ข)และในแปลงสัก+มะขาม, แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และแปลงสัก+มะขาม+ขนุน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) ซึ่งหมายความว่าในแปลง สัก+ซ้อและ แปลง สัก มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้น แต่ใน แปลง สัก+มะขาม แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และแปลงสัก+มะขาม+ขนุน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้น

อินทรีย์วัตถุในดิน เป็นสารประกอบซับซ้อนและมีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีดิน แหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่มาจากเศษใบไม้และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืชที่เป็นและกำลังย่อยสลายทับถมกันอยู่หน้าดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิด

ของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (Sanchez,1977) ในแปลงสัก และแปลงสัก+ซ้อมีความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงน่าจะเป็นเพราะความชื้นในดินและค่าพีเอชต่ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตในดินน้อย(Franz, 1962) ทำให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุมีอัตราการสลายตัวน้อยกว่าจึงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเหลืออยู่มากกว่าในแปลง สัก+มะขาม สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ และแปลงสัก+มะขาม+ขนุนซึ่งน่าจะมีความชื้นในดินมากกว่า จากการศึกษาของ Brayer และคณะ(1977)พบว่าการย่อยสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเป็นไปด้วยดีต้องมีความชื้นเพียงพอเพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกควบคุม ดังนั้นจึงน่าที่จะเป็นเหตุผลที่ทำให้พบปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นในแปลงสัก+ซ้อและแปลงสักมากกว่าในแปลงสัก+มะขาม แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์และแปลงสัก+มะขาม+ขนุน ในขณะที่มวลชีวภาพเพิ่มขึ้น

5.4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวมกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.2290
2. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.0652
3. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.0401
4. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.0078
5. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.0541

จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแปลงสัก+มะขาม แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ แปลงสัก+ซ้อ และแปลงสัก+มะขาม+ขนุนมีความสัมพันธ์เชิงบวกและแปลงสักมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) (ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข)หมายความว่าในแปลงสัก+มะขาม, แปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์, แปลงสัก+ซ้อ และแปลงสัก+มะขาม+ขนุนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเพิ่มขึ้นแต่เป็นความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ และแปลงสักมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเป็นผลรวมของฟอสฟอรัสทุกรูปที่มีอยู่ในดิน และเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าดินนั้นจะมีศักยภาพที่จะให้ฟอสฟอรัสแก่พืช ถ้ามีอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสรวมให้เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลายและปริมาณอินทรีย์วัตถุ ซึ่งปกติใน

ป่าธรรมชาติที่ไม่มีการนำผลผลิตออกจากพื้นที่ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินจะอยู่ในสภาพสมดุลเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช(Schwab,et al.1996) ในแปลงสักและสัก+ซ้อถึงแม้ว่าจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงแต่ประกอบไปด้วยพืชเพียงชนิดเดียวและสองชนิดการย่อยสลายเกิดขึ้นไม่ต่อเนื่อง แต่ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์เป็นระบบที่มีความหลากหลายสูงมีอินทรีย์วัตถุต่ำอาจเกิดจากการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและอินทรีย์วัตถุมีองค์ประกอบที่มีความหลากหลายมากกว่าทำให้ได้อินทรีย์สารต่อเนื่อง(วิลาวัลย์ แช่เห้ง, 2537) ทำให้พืชในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์สามารถนำไปใช้ได้ต่อเนื่องและมีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อยกว่า

5.4.6 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ พบความสัมพันธ์เรียงจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.0012
2. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.2579
3. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.2675
4. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.3809
5. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.4930

ผลการวิจัยพบว่าค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกในแปลงสัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< .05$)และในแปลงสัก+ซ้อ แปลงสัก+มะขาม และแปลงสักมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< .05$)(ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข) นั่นคือค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีแนวโน้มที่จะลดลงในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น

ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (ปัทมา วิตยากร, 2534)โดยดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงจะทำให้มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงตามไปด้วย (Jou and Lal, 1974) ดังนั้นในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์จึงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำเนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่น้อยแต่ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ มีค่าพีเอชสูงและมีปริมาณอลูมินั่มต่ำกว่าแปลงทดลองอื่นๆจึงทำให้สามารถใช้สารอาหารต่างๆได้ดีกว่าแปลงที่มีค่าพีเอชต่ำและมีปริมาณอลูมินั่มที่เป็นพิษต่อพืชสูง จึงทำให้แปลง

สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์มีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงในขณะที่ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำกว่าแปลงทดลองอื่นยกเว้นแปลงสัก+ซ้อซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง

5.4.7 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนรวมกับผลผลิตมวลชีวภาพในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้(ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข)

1. สัก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.0952
2. สัก+ซ้อ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.3107
3. สัก+มะขาม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.3268
4. สัก+มะขาม+ขนุน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.4623
5. สัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.4635

จากการวิจัยพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมในแปลงสัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์จะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< .05)และในแปลงสัก แปลงสัก+ซ้อ และแปลงสัก+มะขาม มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตมวลชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P< .05) นั่นคือในแปลงทดลองระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน

ปริมาณไนโตรเจนในดินในระบบนิเวศจะได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ รวมทั้งการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในดิน(ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) ในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุนั้นสารอาหารต่างๆในอินทรีย์วัตถุจะถูกเปลี่ยนไปในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช(Buckman and Brady, 1969) ดังนั้นในแปลงสัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ซึ่งมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าแปลงสัก, แปลงสัก+ซ้อ, และแปลงสัก+มะขาม จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำกว่า แต่ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์เป็นระบบที่มีความหลากหลายสูงมีอินทรีย์วัตถุต่ำอาจเกิดจากการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและอินทรีย์วัตถุมีองค์ประกอบที่มีความหลากหลายมากกว่าทำให้ได้อินทรีย์สารต่อเนื่อง (วิลาวัลย์ แซ่เห้ง, 2537) ทำให้พืชในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์สามารถนำไปใช้ได้ต่อเนื่องและมีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อยกว่า

5.4.8 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดิน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนกับผลผลิตมวลชีวภาพรวมในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่าง ๆ พบความสัมพันธ์โดยเรียงจากมากไปน้อยดังนี้

1. สัก+มะขาม	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.3929
2. สัก	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.2801
3. สัก+มะขามขนุน+มะม่วงหิมพานต์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.2242
4. สัก+มะขาม+ขนุน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = 0.0825
5. สัก+ซ้อ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) = -.1872

ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนในแปลงสัก+มะขามมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) และในแปลงสัก แปลงสัก+มะขาม+ขนุน และสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$) ในแปลงสัก+ซ้อมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ($P<.05$)(ตารางที่ 2 - 6 ภาคผนวก ข) นั่นคือในแปลงสัก แปลงสัก+มะขาม แปลงสัก+มะขาม+ขนุนและแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน แต่แปลงสัก+ซ้อมีแนวโน้มการลดลงของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน ในขณะที่ผลผลิตมวลชีวภาพรวมเพิ่มขึ้น

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะเกี่ยวข้องต่อขบวนการย่อยสลายของซากอินทรีย์ ถ้าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงแสดงว่ามีไนโตรเจนไม่เพียงพอทำให้อัตราการย่อยสลายต่ำ ถ้ามีอัตราส่วนต่ำประมาณน้อยกว่า 25:1 แสดงว่าซากอินทรีย์นั้นมีสารอาหารที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายนั้นทำให้มีการย่อยสลายเป็นไปด้วยดี(จิรากรณ์ คชเสนี, 2537) แปลงสัก+ซ้อมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูงกว่าแปลงทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P< .05$)(ตารางที่ 4.7)โดยในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุนั้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันตลอดจนจุลธาตุอาหารต่างๆในอินทรีย์วัตถุจะเปลี่ยนไปในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์(Whitehead, 1963) จากผลการทดลองจึงพบปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าแปลงทดลองอื่นๆ และเพียงพอต่อสิ่งมีชีวิตในดินทำให้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดต่ำลง แต่ในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์เป็นระบบที่มีความหลากหลายสูงมีอินทรีย์วัตถุต่ำแต่อินทรีย์วัตถุมีองค์ประกอบที่มีความหลากหลายมากกว่าทำให้ได้อินทรีย์สารต่อเนื่อง (วิลาวัลย์ แซ่เห้ง, 2537) ทำให้พืชในแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์สามารถนำไปใช้ได้ต่อเนื่องและมีผลผลิตมวลชีวภาพรวมสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อยกว่า

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพลวัตผลผลิตมวลชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. พลวัตของผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสัก และอัตราการรอดตายของต้นสักในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายแบบต่างๆ พบว่าในระบบที่มีความหลากหลายของชนิดพืชมากจะให้ผลผลิตมวลชีวภาพรวม ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสัก และอัตราการรอดตายของต้นสักสูงกว่าแปลงที่มีความหลากหลายน้อย

2. ผลการศึกษาไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชมากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช(Essential elements)ของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายน้อย แต่การศึกษาพบว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชมากจะมีค่าพีเอชในดินสูงกว่าระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชน้อยกว่า ทำให้พบปริมาณอลูมินั่มในดินน้อยกว่าแปลงที่มีความหลากหลายของชนิดพืชน้อย และมีแนวโน้วการลดลงของปริมาณอลูมินั่มในระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชมากเมื่อเวลาผ่านไป

3. ระบบวนเกษตรที่มีความหลากหลายของชนิดพืชมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์นั้นมีประสิทธิ์ภาพในการใช้ปัจจัยต่างๆภายในระบบโดยเห็นได้จากผลผลิตมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2526. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

จรัญ จันทลักษณา. 2534. **สถิติวิเคราะห์และการวางแผนวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช. 468 หน้า

จิรากรณ์ คชเสนี. 2537. **หลักนิเวศวิทยา**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 301 หน้า

จิรากรณ์ คชเสนี, นันทนา คชเสนี, และ เมือง โคกทุ่ง. 2539. **ระบบสวนรอบบ้านแบบดั้งเดิมในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา:ความสมเหตุสมผลทางนิเวศวิทยา** สถาบันไทยศึกษา: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิวัต เรืองพานิชย์. 2537. **การอนุรักษ์ทรัพยากรณ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์รั้วสีเขียว. 410 หน้า

มนตี โพธิ์ทัย. 2536. **การปลูกสร้างสวนป่า**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดเม็ดทรายพริ้นติ้ง. 468 หน้า

บุญเลิศ ศรีสุขใส. 2533. **การเจริญเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าอายุ 18 ปี องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปัทมา วิตยากร. 2534. ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินทรายที่มีต่อการใช้ที่ดินและการจัดการดินต่างกัน. **วรสารดินและปัย.** 13 : 245 - 262

ป่าไม้, กรม. 2528. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร : กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ป่าไม้, กรม. 2532. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร : กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ป่าไม้ , กรม. 2534. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร : กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ป่าไม้ , กรม. 2537. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร : กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พูนสวัสด์ อาจละกะ, สมพร อิศรานุรักษ์ และ รัศมี คีรีทวีฟ. 2536. ระบบเกษตรกรที่นำไปสู่เกษตรที่ยั่งยืน **เอกสารวิชาการประจำปี 2536 เกษตรที่ยั่งยืน : อนาคตของเกษตรไทย,** กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร.หน้า 39-63

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร .

วิลาวัลย์ แซ่เห้ง. 2537. **ผลของการย่อยสลายเศษซากใบไม้ต่อการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสในดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิสุทธิ์ ใบไม้. 2532. ความหลากหลายทางชีววิทยา ในสิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และศุภชัย หล่อโลหะการ (บรรณาธิการ) . **ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทยการสัมนาชีววิทยาครั้งที่ 7** หน้า 1-13. กรุงเทพมหานคร : บริษัทประชาชนจำกัด.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2536. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. คณะพานิชยศาสตร์และการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนิท อักษรแก้ว, ชุบ เข็มนาค และทวี แก้วละเอียด. 2515. การศึกษาอินทรีย์วัตถุในสวนป่าสัก. รายงานวนศาสตร์วิจัย. เล่มที่ 23. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สอาด บุญเกิด. 2524. ประวัติการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 35 หน้า.

สิ่งแวดล้อม, กอง. 2539 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

อายุทธ์ อินรอเฮม, นิสสภา ยี่ค้า และสมยศ ทุ่งกว้าง. 2537. แนวทางการศึกษาและพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพในสวนยาง. วรสารนิเวศวิทยา 21: 24 - 32.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2525. ความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ

อำพล เสนาณรงค์. 2536. ผลกระทบของการพัฒนา. เอกสารวิชาการประจำปี 2536 เกษตรที่ยั่งยืน : อนาคตของเกษตรไทย, กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร., 17-20 หน้า

อุทิศ กุฎอินทร์. 2538. ความหลากหลายทางชีวภาพของป่าไม้เมืองไทย. ใน ป่าไม้กับสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พิมพ์เนื่องในโอกาส 48 ปีแห่งการสถาปานาองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้)

ภาษาอังกฤษ

Aborisade, K.D. and Aweto, A.O. 1990. Effects of exotic tree plantation of teak (*Tectona grandis.*) and Gmelina (*Gmelina arbora.*) on a forest soil in south - western Nigeria. **Soil use and management.** 6(1) : 43 - 45.

Altieri, M.A. and Trujillo, J. 1987. The agroecolgy of corn production in Tlaxcala, Mexico. **Hum.Ecol**, 15(2) : 189-220.

Aron, D.I. and Johnson. 1942. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plant under controlled conditions. **Plant Physiol.** 17 : 525-539.

Banijphatana , D. 1957. Teak Forest of Thailand. **Tropical Silviculture.** 2 : 193 - 205.

Bear, F.E. and Prince, A.L. 1945. Cation - equivalent constancy in alfalfa. **J.A.M. Soc.Agron.** 37 : 217 - 222.

Binkley, D. Dunkin, K.A. Debell,D and Ryan, M.G. 1992. Production and nutrient cycling in mixed plantation of Eucalyptus and in Hawaii. **Forest Science.** 38 : 393-408.

Borgaard, O.K. , Jorgensen, S.S., Moberg, J.P.,and Roben - Lange, B.. 1990. Influence of organic matter on phosphate adsorption by aluminium and iron oxides in sandy soil. **Journal of soil Science.** 41: 443 - 449

Brady, N.C. 1984. **The Natural and Propertices of Soil.** 9^{th} edition. Macmillan Publishing Company. New York. 621p.

Brady, N.C. 1990. **The Natural and Propertices of Soil** 10th edition. Macmillan Publishing Company. New York.

Bray, R.H., and Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available from of phosphorus in soil. **Soil Science.** 59: 39 - 45

Brayer, J.F., Feris, J.M., Metz, L.J., Gist, C.S., Cornaby, B.W. and Jensen, H. 1979. Decomposer invertebrate population in U.S. Forest Biomass. **Pedobiologia.** 17 : (20) : 233-236.

Buckman, H.O., and Brady. 1969. **The nature and Properties of soils.** 7th ed. New York : The Macmillan Company. 653 p.

Champion, H.G. 1930. The problem of pure teak plantation. **Indian Forester Bulletin.** 78p., Quoted in Gajaseni, J. and Jordan, C.F. 1990. Diversified agroforestry system. special Publication No. 39 **BIOTROP,** Indonesia. 157 - 161.

Chinese Ecological Research Network. 1990 CERN Newletter ;2(2):19pp.

Crossley, Jr. D.A. and Hoglund, M.P. 1962. A Litter - Bag Method for the Study of Micro arthropods Inhabiting Leaf Litter. **Ecology.** 43 : 571 - 573.

Dutt, R.L. 1964. Bull.Entomal. **Soc. Am.** 10,83.

Egunjobi, J.K., 1974. Litter Fall and mineralization in a teak (*Tectona grandis*) Stand. **Oikos.** 25 : 222-226.

FAO. 1982. Conservation and development of tropical forest resources. **FAO Forestry Paper.** FAO, Rome.

Fanz, H. 1962. Habitat Characteristics with Particular Reference to the Soil. **Progress in Soil Zoclogy.** Butterworths, 113-314 pp.

Gajaseni, J. 1988. **Ecological comparison traditional agriculture and the forest village system (agroforestry) in northern Thailand.** Ph.D. Dissertation, University of Georgia. U.S.A.

Gajaseni, J. and Jordan, C.F. 1990. Decline of teak yield in northern Thailand : Effects of selective logging on forest structure **Biotropica** . 22(2):114-118.

Gorman, C.F. 1971. The Haobinhian and after : Susistence pattern in Southeast Asia during the late Pleistocenre and early recent period. **World Archeology** 2(3) : 300-320.

Jackson, M.L. 1985. **Soil chenical analysis.** Newjerscy: Prentice Hall, Inc.New York.

Johnson, N.E. 1976. Biological opportunities and risks association with fast - growing plantation in the tropics. **Journal of forestry.** 74(4) : 206 - 211.

Jordan, C.F. and Gajaseni, J. 1990. **Soil phosphorus mobilization and increase crop productivity with agro-forestry in Thailand.** Final report submitted to the Office of Science Advisor, U.S. Agency for International Development.

Jordan, C.F. 1985. **Nutrient cyclings in tropical forest ecosystems.** John Wiley and Sons, Chichester.

Juo, A.S.R. and Lal, R. 1974. Nutrient Profile in tropical Alifisol under conventional and no - till system. **Soil sci.** 127 - 173.

Kaosa-ard. 1981. Teak (*Tectona grandis.* Linn.) Its Natural Distribution and Relateed Factors. **Nat. Hist. Bull. Siam Soc.** 29 : 55 - 74.

Kelty, M.J. 1992. Comparative productivity of monocultures and mixed - species stand. In : Kelty, M.J., Larson, B.C., and Oliver, C.D.(eds) **The ecology and silvicalture of mixed-species forests.** Kluwer Academic Publishers, Dordrecht., 125-141.

Kreb, C.J. 1989. **Ecological Methodology.** Harper and Row Publishing, New York.

Lyon, T.L., Buuckman, H.O., and Brady, N.C. 1952. **The nature and properties of soil.** The Macmillan co., New York. 5th edition. 340p.

Matthews, J.D. 1989. **Silvicultrural systems.** Clarendon Press, Oxford.

Metz, L.J., Lotti, T., and Klawitter, R.A. 1961. **Some effects of prescribed burn on Coastal Plian forest soil USDA,** F.S. Southeastern. For Exp. Sta. Asheville, North Carolina. 10 p.

Monitagnini, F. , Gonzalez, E., Porras, C., and Rheningans, R.1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropic : a comparison of early growth, peat damage and establishment costs. **Commonwealth Forestry Review.** 74(4) : 306-314.

Millar, C.E., Turk, L.M., and Foth, H.D. 1958. **Fundamentals of soil science.** 3rd ed. New York : John Wiley and Sons, Inc.. 526 p.

Myers, N. 1980. **Conservation of tropical moist forest.** National Academy of Science. Washington, D.C.

Naeem, S., Hakansson, K. Lawton, J.H., Crawley, M.J., and Thompson, L.J. 1996. Biodiversity snd plsnt productivity in model assemblaye of plant species. **Oikos** 76: 259-264.

Na Nagara, T. 1991. **Soil Constrains on sustainable plant productivity in Thailand.**in Proc. 24th international symposium on tropical Agriculture Research Series NO. 24: 40-59.

Niering, W.A. 1975. Vegetation of the Santa Calalina Mountain, Arizona V. Biomass, production and diversity along an elevational gradient. **Ecology.** 56: 771 - 790

Odum, E.P. 1963. **Fundamental of Ecology.** New York : Holt

Ogawa, H., Yoda , K., Ogino, K. and Kira, T. 1965. Comperative eclogical studies on three main types of forest vegetation in Thailand, II. Plantbiomass. **Nature and Life in Southeast Aisa.** 4 : 49-80.

Page, A.L. , Miller, R.H., and Keeney, D.R. (eds) 1987. **Method of soil analysis.** Part 2. Soil Science Society of America, Inc. Wiscosin, U.S.A.

Pairintra, C. 1981. **Soil under shifting cultivation.** In JSPSNRCT Proc., Khon Kaen University, Khon Kaen , Thailand. 65 - 76.

Parrota, J.A. 1992. The role of plantation forest in rehabitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture Ecosystem and Enviroment.** 41: 115 - 133.

Rexford, F.D. 1974. Soil Organism. **Plant and Environment.** 3rd edition. New York : John Wieley & Sons.

Richard, W.H. 1967. Seasonal Soil Moisture Pattern in Adjcent Greasewood and Sagebrush Stands. **Ecology.** 48 (6) : 1034 - 1038.

Richards, P.W. 1952. **The Tropical rain forest.** Cambridge University Press , Cambridge อ้างถึงใน จิรากรณ์ คชเสนี. 2537. หลักนิเวศวิทยา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 301 หน้า

Sanchez, P.A. 1977. **Properties and Management of soil in the tropic.** John Wialey and Son Inc., New York. 617 p.

Schles, W.H. 1991. **Biogeochemistry: analysis of global change.** Academic Press. San Diego, G.A.

Schwab, G.O., Fangmeser, D.D., and Elliot, W.J. 1996. **Soil and water management system,** 4th edition. John Willey and Sons. New York 371 p.

Smith, D.M. 1986. **The practice of silviculture.** John Wiley and Sons, New York.

Smittinand, T. 1977. **Vegetation and ground cover of Thailand.** Dept. of For. Biol., Fac. For., Kasetsaet Univ., Bangkok

Stevenson, F.J. 1986. **Cycles of soil : Carbon , nitrogen, phosphorus, sulfer, macronutirents.** John Wiley and Sons. New York.

Swift, M.J., Fleal, J.W., and Anderson, J.M. 1979. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems.** Oxfors : Black well, 372 p.

Tate III, L.R. 1987. **Soil organic matter biological and ecological effect.** New York : Wiley ana Sons.

Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. 1990. **Soil fertility and fertilizer.** Mcmillan Publising Company. New York. 754p.

Whitehead, D.C. 1963. Some aspects of the influence of organic matter on soil fertility. **Soil and Fertilizers.** 26 : 217 - 223.

Whittaker, R.H. 1970. **Communities and Ecosystem.** New york : Macmillan Publishing

Wilson, E.O. ed. 1988. **Biodiversity.** Washington D.C. : National Academy Press.

World resource institute / IIED, 1988. **World resource 1988 - 1989.** New York : Basic book.

Young, A. 1989. **Agroforestry for Soil Concervation.** CAB International. 276 pp.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

การวัดความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)โดยใช้น้ำกลั่นอัตราส่วน 1:1และ 0.01 $CaCl_2$

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัด pH
2. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. $CaCl_2$ 0.01 N
2. น้ำกลั่น

วิธีการ

- วัดความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)โดยใช้น้ำกลั่นอัตราส่วน 1:1

ชั่งดินตัวอย่าง 20 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ดินและน้ำเข้ากันก่อนวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3 นาที ในระหว่างที่วางไว้ 30 นาทีนั้นควรจะคนดินเป็นครั้งคราว

- วัดความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้ 0.01 N $CaCl_2$ ในอัตราส่วน 1: 2

ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ผสมกับ $CaCl_2$ 20 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ดินและน้ำยาเข้ากันก่อนวัด pH ประมาณ 30 นาทีระหว่างที่ตั้งทิ้งไว้30 นาที ควรจะคนดินเป็นครั้งคราว

*เปรียบเทียบค่า pH ระหว่างการใช้น้ำกลั่นกับใช้ 0.1 N $CaCl_2$

การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (Organic matter)โดยวิธีของ Walkley and Black (Jackson, 1958)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. Buret ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. Cylinder ขนาด 10 และ20 มิลลิลิตร
5. Digestion appartus :Buchi 425

สารเคมีและน้ำยา

1. Potassium dichromate solution (K_2Cr_2O7)1.0 N : ละลายK_2Cr_2O7 (อบที่105c เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง) 49.04 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร

2. Concentrated sulfuric acid (H_2HO_4)

3. Ferrous sulfate($FeSO_4$) 0.5 N: ใช้ $Fe(NH_4)_2(SO_4)2.6H2O$ 196.1 กรัมละลายในน้ำกลั่น เติม H_2SO_4 เข้มข้น 15 มิลลิลิตร ทำให้เย็นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. O-phenanthroline ferrous sulfate indicator(0.025 N):เตรียมโดยละลาย O - phenanthroline 1.48 กรัม และ Ferrous sulfate ($FeSO_4.7H_2O$) 0.70 กรัม ในน้ำกลั่น จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

ชั่งตัวอย่าง ซึ่งบดละเอียด (ผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิลิตร) 1 กรัม บรรจุตัวอย่างดินที่ชั่งแล้วลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำยา dicromate 1 N. ลงไป 5 มิลลิลิตร โดยใช้ pipet ต่อจากนั้นให้รินกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตรโดยเร็ว แกว่ง flask ไปรอบ ๆ เบา ๆ เพื่อให้น้ำยากับดินเข้ากันประมาณ 1-2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกริยากันเป็นเวลา 30 นาที

เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร และหยด indicator ลงไป 3 หยด ไตเตรท soil suspension ด้วยน้ำยา ferrous sulfate จนกระทั่งสีของ suspension เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดง จดปริมาณของน้ำยา dicromate และ ferrous sulfate ที่ใช้ไป

ทำ blank และจดปริมาณของน้ำยา dicromate และ ferrous sulfate ไว้ คำนวน normality ที่แท้จริงของferrous sulfate แล้วจึงคำนวนหาปริมาณของ dicromate ที่ถูก reduce โดยดินตัวอย่าง

การคำนวน

$$\%\ OC = \frac{(V\ blank - V sample) \times N \times f \times 0.003 \times 100}{M}$$

$$\%\ OM = \frac{100\ (\%OC)}{C}$$

V blank = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตร ของสารละลาย $FeSO_4$ ที่ใช้ในการไตเตรท blank

V sample = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตร ของสารละลาย $FeSO_4$ ที่ใช้ในการไตเตรท sample

N = ความเข้มข้นเป็น normal ของ $FeSO_4$

M = มวลของดินแห้งเป็นกรัม

f = Correction factor ที่ใช้กันทั่วไป 1.33

C = %โดยน้ำหนักของ carbon ในอินทรีย์วัตถุ (58%)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำยาสกัด โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Erlenmeyer flask ขนาด 150 มิลลิลิตร
2. Filter apparatus เบอร์ 4 และ เบอร์ 5
3. Graduated pipet ขนาด 10 มิลลิลิตร
4. Volumetric pipet ขนาด 2 และ 5 มิลลิลิตร

สารเคมีและน้ำยา

1. 0.1 N HCL +0.03 N NH_4F(Bray II) โดยใช้ NH_4F 1.0 N 30 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.5 N HCL 200 มิลลิลิตร เติมน้ำจนเป็น 1000 มิลลิลิตร

2. น้ำยาที่ใช้ในการ develop color ประกอบด้วย

2.1 Reagent A : เตรียมโดยใช้ Ammonium molybdate 6กรัม ละลายน้ำ 125 มล. ละลาย Antimony potassium tartrate 0.1454 กรัมในน้ำ 50 มล. เอาสารละลายทั้งสองนี้ใส่ลงไปใน 5 N H_2SO_4 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วในสภาพมืดและเย็นจัด

2.2 Reagent B : ละลาย Ascorbic acid 1.056 กรัม (ต้องไม่ให้โดนแสง)ใน Reagent A 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน Reagent B ที่เตรียมแล้วจะต้องมีสีเหลืองอ่อนหรือสีส้มอ่อนจึงจะใช้ได้ และเก็บไว้ได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

3. Standard phosphate solution : เตรียมโดยละลาย KH_2PO_4(A.R.) 0.2195 กรัม ในน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร น้ำยา Standard phosphate จะมี phosphorus อยู่ 50 ppm. P.

วิธีการ

1. ชั่งดินตัวอย่าง 5 กรัม (Accurate) ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 150 มิลลิลิตร
2. เติม Bray II solution 50 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที

3. กรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 (รองรับด้วยบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร)

4. กรองของเหลวที่ได้จากข้อ 3 ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5

5. ไปเปท Aliquot จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในvolumetric flask เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร

6. เติม Reagent B (develop สี) 4 มล. ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปวัดด้วย Spectrophotometer ที่ 882 นาโมเมตร

7. เตรียม Standard curve

การคำนวน

$$\text{Available phosphorus (mg) / ดิน100 กรัม} = \frac{\text{CONC จากกราฟ(ppm) x 6.25}}{\text{น้ำหนักดินตัวอย่าง(กรัม)}}$$

การวิเคราะห์หา Cation Exchang Capacity (1 N. NH_4 OAc pH 7.0) (Page, et. al., 1982)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Buchner funnel, fitted with 5.5 cm filterpaper
2. Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร
4. Test tube ขนาด 20 มิลลิลิตร
5. Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. Breaker ขนาด 400 มิลลิลิตร
7. Kjeldahl flasks ขนาด 250 มิลลิลิตร
8. Kjeldahl distillation apparatus
9 Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมีและน้ำยา

1. Ammonium acetate (NH_4Cl): เตรียมโดยละลาย NH_4OAc จำนวน 77.08 กรัมในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH7.0) โดยใช้สารละลายเจือจางของ Ammonium hydroxide

2. Isopropyl alcohol 99%

3. Ammonium chloride (NH_4Cl) 1 N : เตรียมโดยละลาย NH_4Cl จำนวน 53.5 กรัมในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น ปรับ pHให้เป็น 7.0 ด้วย NaOH หรือ HOAc ที่เจือจาง

4. Ammonium chloride(NH_4Cl) 0.25N: เตรียมโดยละลาย NH_4Cl จำนวน 13.375 กรัมในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น ปรับ pH ให้เป็น 7.0 ด้วย NH_4OH หรือ HOAc ที่เจือจาง

5. Ammonium oxalate 10%: ละลาย$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$ จำนวน 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร.

6. Diluted ammonium hydroxide(NH_4OH): ใช้ NH_4OH เข้มข้นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1

7. Silver nitrate($AgNO_3$) 0.10 N: ละลาย จำนวน 1.698 กรัมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร.

8. 10% Sodium chloride acidifide: ละลาย NaCl จำนวน 100 กรัมในน้ำกลั่น 1000 มล. หยดconc HCL 0.5 มล. เขย่าให้ทั่วถึง

9. Sodium hydroxide(NaOH) 1N: ชั่ง NaOH 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

10. Boric acid - indicator solution: ชั่ง Boric acid (H_3BO_3) 80 กรัม เติมน้ำประมาณ 3800 มิลลิลิตร. ทำให้ร้อนจนกระทั่งBoric acid ละลายหมดทำให้เย็นเติม Mix indicator 80 มิลลิลิตร.(เตรียมโดยละลาย bromocresol green 0.099 กรัมและ methyl red 0.066 กรัมใน ethanal 100 มล.) เติม0.1 N NaOH ทีละน้อย จนกระทั่งได้สารละลายสีม่วงแดง(pH ~ 5.0)เติมน้ำจนมีปริมาตร 4 ลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน

11. Standard Sulfuric acid (H_2SO_4) 0.1N: Pipet conc H_2SO_4 2.8 มล.ลงใน Volumetric flask ขนาด 1 ลิตรที่มีน้ำกลั่นประมาณ 950 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

วิธีการ

1. ใช้ Buchner funnels

ชั่งตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิลิตร.จำนวน 10 กรัม เติม 1 N NH_4OAc 250 มิลลิลิตร เขย่าให้ดินและน้ำยาเข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน กรองด้วย Suction โดยใช้ Buchner funnels

ชะดินด้วย neutral 1 N NH_4OAc ทีละน้อยโดยอาศัย Suction ในขณะที่ชะดินนี้ต้องระวังอย่าให้ดินแห้งและแตกระแหง เพื่อป้องกันดินแห้งขณะทำการชะกระทำโดยเพิ่ม NH_4OAc ลงไปอีกใน funnels เมื่อระดับน้ำยาลดต่ำลงไปจนเกือบถึงผิวดิน ทำการชะดินไปเรื่อย ๆ ด้วย NH4OAc จนกระทั่งไม่มี Ca ออกมาใน solution (ทดสอบ Ca โดยใช้ 1 N NH_4Cl, 10%Ammonium oxalate และ dilute NH_4OH อย่างละ 2 - 3 หยดใส่ลงไปในสารละลายที่จะทดสอบ นำไปทำให้ร้อนจนเกือบเดือด ถ้ามี Ca จะเห็นตะกอนขุ่นเกิดขึ้น) เก็บ leachate ไว้หา exchangeable base ต่อไป ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ volumetric flask

2. สวม funnel เข้าที่ filtering flask ตามเดิม ล้างด้วย 1N NH_4Cl $_4$ ครั้งและ 0.25 N NH_4Cl 1 ครั้ง จากนั้นล้างดินด้วย Isopropyl alcohol จำนวนประมาณ 150 มิลลิลิตร ค่อย ๆ ทำทีละน้อยจนกระทั่งไม่มี Cl เหลืออยู่ (ใช้ 0.1 N $AgNO_3$ ทดสอบ ถ้ามี Cl จะได้ตะกอนขุ่นขาวของ AgCl) ทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ดินหมาด แต่ระวังอย่าให้ดินแตกระแหง ส่วน Isopropyl alcohol ที่ชะล้างแล้วควรรินเก็บไว้ในขวด

3. ขั้นตอนต่อไปทำการไล่ที่ NH_4 ที่ดูดซับอยู่ที่ผิว ด้วย acidified NaCl การไล่ที่ต้องทำซ้ำ ๆ เช่นเช่นเดียวกันกับการไล่ที่ในตอนแรก จนกระทั่งได้ leachate ประมาณ 225 มิลลิลิตรแล้วจึงหยุด ถ่าย leachate นี้ลงไปใน volumeric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำลงไปให้ครบ 250 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น

4. การวิเคราะห์หา NH_4 ที่ไล่ออกมานี้ กระทำโดยการแบ่ง aliquot 40 มิลลิลิตร ลงไปใน volumeric flask ขนาด 250 มิลลิลิตรในขณะเดียวกันวาง Kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ในขณะเดียวกันวาง erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งมี H_3BO_3 - mixed indicator 10 มิลลิลิตรบรรจุไว้ที่ปลายของก้าน condenser ของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของก้าน จุ่มอยู่ใต้ระดับของ H_3BO_3ต่อ flask เข้ากับเครื่องกลั่น เปิดน้ำ จนกระทั่งได้ปริมาตรของสารละลายใน erlenmeyer flask ประมาณ 60 มิลลิลิตร

5. Tritration ด้วย 0.1 N H_2SO_4 จนกระทั่งสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง ควรทำ blank ไปด้วยกัน คำนวนหา Ammonium ต่อดิน 100 กรัม

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนรวม โดยวิธี Kjeldahl method (Page, et. al., 1982)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Digestion apparatus:Buchi 435
2. Distillation apparatus : Buchi 325
3. Graduated eylinder ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. Kjeldahl flask ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร.
6. Buret ขนาด 50 มล.

สารเคมีและน้ำยา

1. Sulfuric acid เข้มข้น

2. Catalyst mixture : ผสม Na_2SO2, $CuSO_4$ และ Se metal ในอัตราส่วน 100:10:1 โดยน้ำหนัก

3. Boric acid-indicator solution : ชั่ง Boric acid (H_3BO_4) 80 กรัม เติมน้ำประมาณ 3,800 มิลลิลิตร ทำให้ร้อนจนกระทั่ง Boric acid ละลายหมด ทำให้เย็นเติม Mixed indicator 80 มิลลิลิตร (เตรียมโดยละลาย Bromocresol green 0.099 กรัม และ Methyl red 0.066 กรัม ใน Ethanol 100 มิลลิลิตร) เติม 0.1 N NaOH ทีละน้อยจนกระทั่งสารละลายสีม่วงแดง (pH ประมาณ 5.0) เติมน้ำจนมีปริมาตร 4 ลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

4. Sodium hydroxide (NaOH) 10N : ชั่ง NaOH 400 กรัม ใน ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร เขย่าจน NaOH ละลาย ทำให้เย็น ปิดจุก

5. Standard sulfuric acid (H_2SO_4): 0.1 N

วิธีการ

1.ชั่งดินตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ลงใน Kjeldahl flask เติม catalyst mixture ลงไป 5 กรัม เติม Conc sulfuric acid 20 มิลลิลิตร นำไปวางไว้บน Digestion apparatus :Buchi 435 กลั่นจนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และ 10 N NaOH 80 มิลลิลิตร นำไปกลั่น 3 นาที โดยเก็บ NH_3 ที่ได้ในสารละลาย Boric acid-indicator จำนวน 60 มิลลิลิตร Tritrate สารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 N H_2SO_4 ทำ blank ร่วมไปด้วย

การคำนวน

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{(A - B)\ C \times 1.4 \times 5}{D}$$

A = มิลลิลิตรของกรดที่ใช้กับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดที่ใช้กับ blank

C = ความเข้มข้นของกรด (normal)

D = น้ำหนักตัวอย่างดิน (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณ Extractable Aluminum โดยวิธีการ Titration (Page, et. al., 1982)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Erlenmeyer flask ขนาด 250 มลิลิลิตร
2. Pipete
3. Buret ขนาด 50 มล.
4. Funnel
5. Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

สารเคมีและน้ำยา

1. Potassium chloride ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระดาษกรอง whatman no. 42
3. Sodium hydroxide (naoh) 0.1 n standard
4. Hydrochloric acid (HCL) 0.1 N Standard
5. Sodium fluoride (NaF) Solution : ละลาย NaF 40 กรัมในน้ำ 1 ลิตร
6. Phenolphthalein indicator: ละลาย Phenolphthalein 0.1 กรัม ใน Ethanol (95%) 100 cc.

วิธีการ

ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในกรวยกรองที่มีกระดาษกรอง วางไว้เรียบร้อยแล้ว นำเอา volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร มารองรับ ชะดินด้วย 1 N KCL 100 มิลลิลิตร ทีละน้อยและใช้เวลาทั้งหมดไม่เกิน 1 ชั่วโมง ถ้าใช้เวลามากกว่านั้น ควรผสมดินด้วย cellulose เพื่อให้น้ำซึมลง

ได้ดียิ่งขึ้น ปรับปริมาตรที่รองรับได้ให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย 1 N KCL เก็บสิ่งที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ โดยไปเปตสารละลายที่สกัดได้มาจำนวนหนึ่ง ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein 5 หยด ไตเตรตสารละลายด้วย 0.1 N NaOH จนได้ end point ซึ่งจะมีสีชมพู ปริมาณด่างที่ใช้ไปทั้งหมดก็จะสมดุลย์กับ Total acidity ของสารละลาย เติม 0.1 N HCL ลงไป 1 หยด เพื่อให้สารละลายไม่มีสี เติม NaF 10 มิลลิลิตร ไตเตรตสารละลายด้วย 0.1 N HCL จนกระทั่งสีชมพูหายไป เติม indicator อีก 1-2 หยด ถ้ามีสีชมพูเกิดขึ้นให้เติมกรดอีก จนกระทั่งได้สารละลายไม่มีสี และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 2 นาที สารละลายนี้ยังคงไม่มีสี คำนวน Milliequivalent ของกรดที่ใช้ไปซึ่งเท่ากับ Exchangeable Al นำค่าที่ได้ไปหักออกจากค่า Total acidity (ซึ่งได้จากการ titrate ครั้งแรก) ก็จะได้ค่า milliequivalent ของ H^+

การหาปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) โดยวิธีการย่อยด้วยกรดเปอร์คลอริก 60% (Page, et. al., 1982)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. *Hot plate*
3. Fume hood
4. Pipete ขนาด 10 มิลลิลิตร
5. Volumetric flask 50 มิลลิลิตร
6. Spectrophotometer

สารเคมีและน้ำยา

1. กรดเปอร์คลอริก 60%
2. แอมโมเนียม พาราโมลิปเดท-แวแนเดท
   - ละลายแอมโมเนียมโมลิปเดท 25 กรัม ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร
   - ละลายแอมโมเนียมแวนาเดท 1.25 กรัม ในน้ำกลั่นต้มเดือด 300 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทแอมโมเนียมโมลิปเดทลงไป ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลาย Standard phosphate :ละลายโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่อบแห้งแล้ว 0.2393 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร น้ำยา Standard phosphate มีฟอสฟอรัสอยู่ 100 μg และ 1 μg/ml

วิธีการ

1. ชั่งดินตัวอย่าง 2 กรัม ใส่กรดเปอร์คลอริก 60% จำนวน 30 มิลลิลิตร ใน flask 250 มิลลิลิตร ต่ำกว่าจุดเดือดเล็กน้อย จนกระทั่งสีคล้ำของอินทรีย์สารหายไป ปรับอุณหภูมิที่จุดเดือดย่อยจนกระทั่งเกิดควันสีขาวมากที่สุด มีตะกอนเป็นทรายสีขาวที่ก้น flask หยุด วางทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งให้ตกตะกอน

2. pipette สารละลายใสส่วนบน 10 มิลลิลิตร ใส่น้ำยาแอมโมเนียมพาราโมลิปเดทแวแนเดท (develop สี) 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น วางทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที นำไปวัดด้วย Spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 400 นาโมเมตร

3. เตรียม Standard curve

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ.2531 - 2538 ณ สถานีตรวจวัดน้ำฝนแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดลำปาง

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)
2531	26.2 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 33.3 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 11.0	1167.4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 108	74 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 92 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 49
2532	26 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 41.3 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 9.2	1096.8 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 105	73 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 92 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 48
2533	26.2 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 40.5 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 10.0	1156.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 116	74 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 92 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 49
2534	26.5 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 42.0 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 11.5	712.3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 100	71 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 90 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 47
2535	25.8 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 42.6 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 9.6	1272.5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 99	70 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 90 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 46
2536	26.0 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 40.5 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 6.7	825.6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 102	70 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 90 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 45
2537	26.2 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 40.0 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 10.3	1537.8 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 112	72 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 90 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 48
2538	26.5 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 42.1 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 8.9	967.2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 115	72 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 90 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 48

ที่มา : กองสิ่งแวดล้อม
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 2 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆของแปลงสัก

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	Al	Avai P	C	CEC	C:N	N	อินทรีย์วัตถุ	pH	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	Total P	เวลา
ผลผลิตมวลชีวภาพรวม												
Al	.2880											
Avai P	-.2109	-.0464										
C	.5631*	.1143	-.0916									
CEC	-.2675	-.2912	.2804	-.1636								
C:N	.2081	.2300	-.1144	.0872	.1984							
N	-.0952	-.0772	.1834	.2892	-.1735	-.7624*						
อินทรีย์วัตถุ	.5695*	.1064	-.0976	.9996*	-.1588	.0893	.2841					
pH	-.1313	-.3972*	.2214	.0536	-.0006	-.5268*	-.5189*	.0575				
ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	.3344	-.1898	-.2763	-.0867	.1302	.0263	-.2794	-.0843	-.5654*			
Total P	-.0504	-.1898	.0050	.4421*	-.0277	0.0226	.0284	.4471*	.0273	.0952		
เวลา	.4513*	.5070*	-.4547*	.0389	-.6845*	-.0444	-.0290	.0466	-.3623	.7450*	-.2436	
อัตราการรอดตายของต้นสัก	-.2887	-.2180	.2279	-.1897	.3577	-.0863	.0542	-.1925	.1091	-.1390	.0952	-.6927*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < .05$)

ตารางที่ 3 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆของแปลงสัก+ซ้อ

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	Al	Avai P	C	CEC	C:N	N	อินทรีย์วัตถุ	pH	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	Total P	เวลา
ผลผลิตมวลชีวภาพรวม												
Al	.1102											
Avai P	-.3532	-.6218*										
C	.6309*	-.3001	.3447									
CEC	-.0012	-.4694*	.7172*	.5507*								
C:N	-.1872	.5789*	-.2774	.0698	-.2596							
N	.3107	-.6352*	.3876	.5093*	.5736*	-.8038***						
อินทรีย์วัตถุ	.6253*	-.3284	.3595	.9982*	.5506*	.0259	.5385*					
pH	-.0881	-.0114	.3442	.0973	-.2690	.2599	-.2699	.1072				
ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	.6613*	-.3512	-.3394	-.0830	-.3182	-.2295	-.0229	-.0824	.0768			
Total P	.0401	-.1196	.0838	.2131	.0828	-.2332	.3634	.2075	-.2271	-.0107		
เวลา	.6195*	.4686*	-.8079*	-.0217	-.3118	-.1066	-.0820	-.0385	-.5784*	.6063*	.1250	
อัตราการรอดตายของต้นสัก	-.4371*	-.4177	.1757	-.1638	.0778	-.2302	-.1718	-.1331	-.0476	-.6362*	-.2192	-.4740*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < .05$)

ตารางที่ 4 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆของแปลงสัก+มะขาม

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	Al	Avai P	C	CEC	C:N	N	อินทรีย์วัตถุ	pH	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	TotalP	เวลา
ผลผลิตมวลชีวภาพรวม												
Al	.4330*											
Avai P	-.2966	-.4042*										
C	-.0080	.1150	.1832									
CEC	-.2579	-.1990	.3271	.1533								
C:N	.3929*	.2062	.0628	-.1210	.0221							
N	-.3268	.0081	.0634	.3145	.0931	-.7869*						
อินทรีย์วัตถุ	-.0203	.1075	.1888	.9980*	.1475	-.1266	.3201					
pH	-.0700	-.6674*	.2432	-.0690	-.3246	-.2816	.1724	-.0699				
ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	.3122	.4357*	-.6179*	.3259	-..0754	.6293*	.3084	-.3515	-.5087*			
Total P	.2290	.0818	-.0665	-.0090	.0705	-.2935	.4044*	-.0151	.1655	-.1016		
เวลา	.4344*	.6188*	-.7451*	-.3201	-.2819	.4388*	-.2890	-.3250	-.5537*	.8858*	-.0449	
อัตราการรอดตายของต้นสัก	-.4768*	-.3814*	.3064	.3982*	.1675	-.3696*	.3036	.3887*	.1630	-.4757*	.0342	-.5866*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P< .05)

ตารางที่ 5 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆของแปลงสัก+มะขาม+ขนุน

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	Al	Avai P	C	CEC	C:N	N	อินทรีย์วัตถุ	pH	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	Total P	เวลา
ผลผลิตมวลชีวภาพรวม												
Al	.5680*											
Avai P	-.4996*	-.5184*										
C	-.3320	-.1285	.3547									
CEC	-.4930*	.2297	.6377*	.4950*								
C:N	.0825	.3386	-.3954*	.1405	-.1692							
N	-.4623*	-.5514*	.6478*	.2973	.4183*	-.8396*						
อินทรีย์วัตถุ	-.3242	-.1306	.3557	.9999*	.4980*	.1379	.2997					
pH	-.2368	-.4996*	.5633*	.2090	.1860	-.4934*	.4904*	.2084				
ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	.2484	.6326*	-.3674	-.2436	-.0564	.2916	-.3927*	-.2457	-.7281*			
Total P	.0078	.1890	-.3798*	.1343	-.3037	.2483	-.2178	.1331	-.2912	.0428		
เวลา	.6319*	.7993*	-.7516*	-.2150	-.5241*	.4261*	-.7279*	-.2168	-.7157*	.4184*	.2708	
อัตราการรอดตายของต้นสัก	-.6016*	-.1385	.0212	-.0928	.0446	.0299	.0998	-.0916	-.3551	.2014	.2684	-.0874

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < .05$)

ตารางที่ 6 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆของแปลงสัก+มะขาม+ขนุน+มะม่วงหิมพานต์

	ผลผลิตมวลชีวภาพรวม	Al	Avai P	C	CEC	C:N	N	อินทรีย์วัตถุ	pH	ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	Total P	เวลา
ผลผลิตมวลชีวภาพรวม												
Al	.3981*											
Avai P	-.3475	-.3645										
C	.0888	.0858	.2572									
CEC	-.3809	-.2809	.4013*	.3407								
C:N	..2242	.1884	-.1881	.5894*	-.2747							
N	-.4635*	-.2183	.4760*	-.0613	.6324*	-.7649*						
อินทรีย์วัตถุ	-.2003	.0900	.1332	-.2591	.1716	-.5243*	.6809*					
pH	-.0646	-.4850*	.3585	-.0826	.2388	-.1507	.2952	.3262				
ผลผลิตมวลชีวภาพของต้นสักต่อต้น	.4139	-.0722	-.2754	-.0917	-.4176*	.5419*	-.4788*	-.3031	-.0552			
Total P	.0652	-.1852	-.0916	-.5186*	-.4260*	-.2079	-.1460	.0559	-.1034	-.1260		
เวลา	.9038*	.2638	-.4656*	-.1523	-.6097*	.3415	-.6801*	-.3558	-.5718*	.6021*	.1969	
อัตราการรอดตายของต้นสัก	.2136	-.2043	-.0518	-.2477	-.3435	.0318	-.0461	.1126	-.0784	.3233	.2935	.3796*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < .05$)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปานแก้ว รัตนศิลป์กัลชาญ เกิดเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2513 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปี พ.ศ. 2535 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2536